ผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

นายพศวัต ศรีทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH DIFFERENT ATTENTIONAL FOCUS ON THIGH MUSCLE SIZE AND MUSCLE STRENGTH

Mr. Podsawat Sritong

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports and Exercise Science
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2022
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา
โดย	นายพศวัต ศรีทอง
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(รองศาสตรจารย์ ดร.ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(ดร.ทศพร ยิ้มลมัย)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นงนภัส เจริญพานิช)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤพนธ์ วงศ์จตุรภัทร)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พศวัต ศรีทอง : ผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา. (EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH DIFFERENT ATTENTIONAL FOCUS ON THIGH MUSCLE SIZE AND MUSCLE STRENGTH) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.เบญจพล เบญจพลากร

วัตถุประสงค์ : การวิจัยในครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

วิธีดำเนินการวิจัย : กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็น นิสิตมหาวิทยาลัยเพศชายที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน จำนวน 24 คน อายุระหว่าง 18 – 30 ปี แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มที่ 2 การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก กลุ่มที่ 3 ฝึกด้วยรูปแบบปกติ ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยท่าแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ก่อนการฝึกและหลังการฝึกทำการทดสอบพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 และช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 6 ทำการทดสอบคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิจัย : ภายหลังการฝึก 6 สัปดาห์ ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม การทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าพบว่ากลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ามากกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย : การฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามารถพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาได้ไม่แตกต่างจากการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และการฝึกด้วยรูปแบบปกติ สำหรับผู้ที่ต้องการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ สามารถใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในเพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อมัดที่เฉพาะเจาะจง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

6270019739 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE
KEYWORD: Resistance training, Internal focus, External focus, Muscle size, Muscle strength

Podsawat Sritong : EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING COMBINED WITH DIFFERENT ATTENTIONAL FOCUS ON THIGH MUSCLE SIZE AND MUSCLE STRENGTH. Advisor: Asst. Prof. Dr. BENJAPOL BENJAPALAKORN

Purpose : The purpose of this study was to study the effects of resistance training combined with different attentional focus on thigh muscle size and muscle strength

Methods : Twenty – four untrained men college (age 18 – 30 years) were randomly assigned to an internal focus combined with resistance training (n=8), or an external focus combined with resistance training (n=8), or a common resistance training (control) (n=8). All three groups performed a same exercise (machine leg extension) with 3 time per week for 6 weeks. Quadriceps muscle cross-sectional area, Isometric knee extension strength and 1RM knee extension strength were measured before and after training. Electromyography (EMG) were assessed in training week 1 and week 6. Data were analysed using Two-factor Mixed-design ANOVA with repeated measure. A level of significant was set at p-value < .05.

Results : After 6 weeks of training, all three groups show similarly significant increase in Quadriceps muscle cross-sectional area, Isometric knee extension strength and 1RM knee extension strength, with no differences between groups. There was significant higher for EMG value in internal focus group than external focus group and control group.

Conclusion : Resistance training combined with internal focus was not effective in increasing thigh muscle size and muscle strength when compared with external focus and common resistance training. If attempting to maximize muscle activation, an internal focus would seem to be a better choir.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study:	Sports and Exercise Science	Student's Signature ....
Academic Year:	2022	Advisor's Signature ....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือของ ผศ.ดร.เบญจพล เบญจพลากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการเข้าใช้สถานที่ และให้คำแนะนำ ช่วยเหลือการใช้เครื่องมือในการวิจัยตลอดระยะเวลาการเก็บข้อมูล ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยที่อุทิศและสละเวลาส่วนตนมาเข้าร่วมกระบวนการวิจัยจนครบเสร็จสิ้น รวมถึงความทุ่มเทตั้งใจและอดทนต่อการฝึกตลอดระยะเวลาในการวิจัย

พศวัต ศรีทอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

...... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ...... ค

...... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ...... ง

กิตติกรรมประกาศ ...... จ

สารบัญ ...... ฉ

สารบัญตาราง 1

สารบัญรูปภาพ 2

บทที่ 1 3

บทนำ 3

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 3

ปัญหาในการวิจัย 5

สมมุติฐานของการวิจัย 5

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6

ขอบเขตของการวิจัย 6

คำจำกัดความของการวิจัย 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 8

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

การฝึกด้วยแรงต้าน 8

หลักการฝึกด้วยแรงต้าน 10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ 11
การฝึกซ้อมและการปรับตัว 14
การเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาท 15
ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกล้ามเนื้อกับความแข็งแรง 16
ปัจจัยด้านการฝึกต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ 17
รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง 17
การเพ่งความตั้งใจ 19
การเพ่งความตั้งใจไปยังการเคลื่อนไหวเปรียบเทียบกับผลของการเคลื่อนไหว 21
การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก 23
การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน 25
สมมติฐานการจำกัดการกระทำ 26
การสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อ 28
การวัดขนาดของกล้ามเนื้อ 29
การประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจากการวัดเส้นรอบวง และการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง 29
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ 30
งานวิจัยในต่างประเทศ 30
สรุปผลจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34
กรอบแนวคิดในการวิจัย 34
บทที่ 3 36
วิธีดำเนินการวิจัย 36
กลุ่มตัวอย่างและวิธีการจัดกลุ่ม 36
เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย (Inclusion criteria) 36
เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria) 37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ... 37
การตรวจสอบข้อมูลและออกแบบโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน ... 37
การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง ... 38
ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล ... 38
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ... 43
การเก็บรวบรวมข้อมูล ... 43
การวิเคราะห์ข้อมูล ... 43
บทที่ 4 ... 44
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ... 44
ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\mathbf{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลพื้นฐาน ... 45
ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\mathbf{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ก่อนฝึกและหลังฝึก 6 สัปดาห์ และเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบผสม (Two-factor Mixed-design ANOVA) ... 46
ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\mathbf{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ... 47
บทที่ 5 ... 48
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ... 48
สรุปผลการวิจัย ... 48
ผลการวิจัยพบว่า ... 48
อภิปรายผลการวิจัย ... 49
1. ผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ... 49
2. ผลต่อขนาดของกล้ามเนื้อ ... 51

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ผลต่อคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นด้านหน้า....52
ข้อจำกัดของการวิจัย....54
ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป....54
ภาคผนวก....55
ภาคผนวก ก....56
ภาคผนวก ข....57
ภาคผนวก ค....61
ภาคผนวก ง....66
ภาคผนวก จ....68
ภาคผนวก ช....71
ภาคผนวก ซ....74
ภาคผนวก ฉ....80
บรรณานุกรม....2
ประวัติผู้เขียน....10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง 18

ตารางที่ 2 โปรแกรมการฝึก.. 41

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ก่อนฝึกและหลังฝึกของทั้ง 3 กลุ่ม.. 45

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบก่อนฝึกและหลังฝึกของทั้ง 3 กลุ่มด้วยวิธี Bonferroni และวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม... 46

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่................. 47

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 การเพิ่มซาร์โครเมียร์ในแนวขนานกับแนวตั้ง 12

รูปที่ 2 สัดส่วนภายในของไมโอไฟเบอร์ 13

รูปที่ 3 วงจรของแซทเทลไลท์ เซลล์........ 13

รูปที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) เป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านเพื่อให้ร่างกายออกแรงสู้กับน้ำหนัก การฝึกด้วยแรงต้านเพียงระยะเวลา 6 – 8 สัปดาห์สามารถพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscle size) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) (Boone et al., 2015; Lacerda et al., 2020; Lasevicius et al., 2022; Santos et al., 2018; Schoenfeld, 2020; Terada et al., 2022) ซึ่งกล้ามเนื้อถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในการพัฒนาศักยภาพทางด้านกีฬา มีการศึกษาที่ค้นพบว่าการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ (muscle cross-sectional area; MCSA) มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการสร้างแรง (force production) (Suchomel et al., 2018) จึงมีการนำรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการฝึกซ้อมเพื่อพัฒนาสมรรถภาพของนักกีฬา ในปัจจุบันได้มีการคิดค้นรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านหลายรูปแบบ เช่น การฝึกแบบเอ็กเซนทริก (eccentric training), ปิรามิดเซ็ต (pyramid set), คลัสเตอร์เซ็ต (cluster set) (Krzysztofik et al., 2019; Suchomel et al., 2018) รวมถึงการนำศาสตร์อื่นๆ เข้ามาผสมผสานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการฝึกให้มากยิ่งขึ้น เช่น การนำองค์ความรู้ด้านจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ร่วมกับการฝึกซ้อม โดยวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักกีฬา คือ การเพ่งความตั้งใจ (attentional focus) (Neumann, 2019)

การเพ่งความตั้งใจ คือ การจัดกระบวนการทางความคิดของสมองเพื่อเพิ่มความตั้งใจต่อสิ่งที่กำลังกระทำอยู่ให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้ (รัตนจรัสโรจน์, 2539) สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (internal focus) คือ การเพ่งความตั้งใจไปที่การเคลื่อนไหวของร่างกายขณะทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (external focus) คือ การเพ่งตั้งใจไปที่สภาพแวดล้อมภายนอก หรือไม่เกี่ยวข้องกับส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย (Wulf, 2013) ยกตัวอย่างเช่น การฝึกท่าออกกำลังด้วยท่าไบเซพเคิร์ล (biceps curl) หากผู้ฝึกเพ่งความตั้งใจแบบภายใน จะต้องเพ่งความตั้งใจไปที่การเคลื่อนไหวของแขนทุกครั้งขณะปฏิบัติ สำหรับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกในท่าออกกำลังเดียวกัน ผู้ฝึกจะเพ่งความตั้งใจไปที่การเคลื่อนไหวของอุปกรณ์ที่กำลังยกขึ้นมาทุกครั้ง ซึ่ง Wulf (2013) ได้ศึกษาและรวบรวมงานวิจัย เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกที่มีต่อความสามารถทางด้านกีฬา พบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีประสิทธิภาพมากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบ

ภายใน ยกตัวอย่างเช่น การทรงตัว (balance), ความแม่นยำ (accuracy), ความเร็วและความทนทาน (speed and endurance) และความสามารถในการสร้างแรง แต่การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีข้อจำกัดต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle activity) มีการศึกษาที่เปรียบเทียบผลของการเพ่งความตั้งใจทั้งสองรูปแบบที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ พบว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกลดการทำงานของกล้ามเนื้อมัดหลัก ตรงกันข้ามกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายในที่สามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อมัดหลักได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (Marchant & Greig, 2017; Marchant et al., 2009; Snyder & Fry, 2012; Vance et al., 2004) ซึ่งผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากจากสมมติฐานการจำกัดการกระทำ (constrain action hypothesis) กล่าวคือ การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะช่วยให้ร่างกายเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะระบบประสาทโดยอัตโนมัติจะกระตุ้นให้กล้ามเนื้อหลายมัดทำงานพร้อมกัน แต่จะลดการทำงานของกล้ามเนื้อมัดหลัก ตรงข้ามกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะเข้าไปรบกวนการสั่งการของระบบประสาท ให้เพ่งอยู่ที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย และกระตุ้นให้กล้ามเนื้อมัดหลักทำงานมากขึ้นกว่าการเคลื่อนไหวปกติ (Kal et al., 2013; Wulf & Lewthwaite, 2016; Wulf et al., 2001)

จากนิยามของสมมติฐานการจำกัดการกระทำ จึงได้มีการนำการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งรูปแบบการฝึกดังกล่าว เป็นกลยุทธ์ที่นักเพาะกายนิยมใช้ในการฝึกซ้อม โดยนิยามว่า การสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อ (mind-muscle connection) ซึ่งคือลักษณะหนึ่งของการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (Calatayud et al., 2016; Calatayud et al., 2017; Schoenfeld & Contreras, 2016) จากการศึกษาในช่วงที่ผ่านมา พบว่า กล้ามเนื้อส่วนที่ทำงานมากกว่า จะเกิดการพัฒนาด้านขนาดของกล้ามเนื้อมากกว่าส่วนของกล้ามเนื้อที่มีการทำงานน้อยกว่า (Wakahara et al., 2013; Wakahara et al., 2012) ดังนั้นแล้ว การเพ่งความตั้งใจแบบภายในอาจจะช่วยเสริมประสิทธิภาพในการฝึกด้วยแรงต้าน ด้วยการเพิ่มความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ (muscle fatigue) (Marchant et al., 2009) ทำให้เกิดความตึงเครียดต่อระบบเผาพลาญ (metabolic stress) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ (Schoenfeld, 2010) และมีผลต่อการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในลำดับต่อไป (Suchomel et al., 2018)

อย่างไรก็ตาม พบว่ามีแค่งานวิจัยของ Schoenfeld และคณะ (2018) เท่านั้นที่ศึกษาผลของการใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขณะฝึกด้วยแรงต้าน โดยใช้ท่าบาร์เบลเคิร์ล (barbell curl) และแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น (machine leg extension) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน

ได้รับคำแนะนำ คือ “เกร็งกล้ามเนื้อ” กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกได้รับคำแนะนำ คือ “ยกน้ำหนักขึ้น” ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มการความตั้งใจแบบภายในสามารถเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อหน้าแขน (biceps brachii) มากกว่ากลุ่มที่เพ่งความตั้งใจแบบภายนอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12.4% กับ 6.9% ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps femoris) และความแข็งแรงระหว่างทั้งสองกลุ่ม ผลการทดลองสรุปว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะมีผลต่อการเคลื่อนไหวของรยางค์ช่วงบน เพราะระบบประสาทกล้ามเนื้อจะกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อช่วงบนได้มากกว่ากล้ามเนื้อช่วงล่าง ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัยพบงานวิจัย ซึ่งได้ศึกษาการเพ่งความตั้งใจทั้งสองรูปแบบที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (Marchant & Greig, 2017) ซึ่งผลดังกล่าวอาจเกิดจากการให้คำแนะนำในการศึกษาข้างต้นว่า “เกร็งกล้ามเนื้อ” เป็นคำแนะนำที่ไม่ได้เฉพาะเจาะจงมัดกล้ามเนื้อที่ใช้ จึงอาจมีผลต่อการเพ่งความตั้งใจของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่ง Wulf (2013) กล่าวว่า ควรให้คำแนะนำที่สัมพันธ์กับกิจกรรมและให้คำแนะนำที่เฉพาะเจาะจง เพื่อให้ผู้ปฏิบัติทราบว่าควรเพ่งความตั้งใจอย่างไร

จากที่กล่าวมาจึงเห็นได้ว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ แต่ยังขาดข้อสรุปที่แน่ชัด และการศึกษาในหัวข้อนี้มีไม่เพียงพอที่จะสรุปได้ว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน มีผลต่อการพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัย จะสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ร่วมกับการฝึกซ้อม สำหรับนักกีฬาที่ต้องการเสริมสร้างศักยภาพทางการกีฬา และบุคคลทั่วไปที่ต้องการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อและพัฒนาความแข็งแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัญหาในการวิจัย

การฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการใช้การเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันมีผลต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาอย่างไร

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน มีผลต่อการพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการใช้การเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร คือ นิสิตมหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18 – 30 ปี

กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตเพศชายที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำอย่างน้อย 6 เดือน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชั่น 3.1.9.7 โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.60 ซึ่งคำนวณจากขนาดอิทธิพลของ Schoenfeld et al. (2018) ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และอำนาจการทดสอบ (power of statistical) เท่ากับ 0.80 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 24 คน เพื่อป้องกันการถอนตัวจากการวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนของกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 เป็น 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ดังนี้

กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน จำนวน 10 คน

กลุ่มทดลอง คือ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก จำนวน 10 คน

กลุ่มควบคุม คือ กลุ่มฝึกด้วยรูปแบบปกติ จำนวน 10 คน

ตัวแปรต้น คือ

- การเพ่งความตั้งใจแบบภายในร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน
- การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน
- การฝึกด้วยรูปแบบปกติ

ตัวแปรตาม คือ

- พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps femoris MSCA),
- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง (Isometric knee extension strength),
- ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (1RM knee extension strength)

คำจำกัดความของการวิจัย

การฝึกด้วยแรงต้าน (Resistance training) หมายถึง การฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ฝึกที่น้ำหนัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

60% ของความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง (One-Repetition Maximum; 1RM) ฝึกจำนวน 12 ครั้ง จำนวน 4 เซ็ต พักระหว่างเซ็ต 90 วินาที ฝึก 3 รอบต่อสัปดาห์ ฝึกทั้งหมด 6 สัปดาห์

การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (Internal focus) หมายถึง การเพ่งความตั้งใจไปที่การเคลื่อนไหวของร่างกาย ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในไปที่ การเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านโดยเหยียดขาให้ตรง ขณะฝึกด้วยท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่นทุกครั้งที่ปฏิบัติ

การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (External focus) หมายถึง การเพ่งความตั้งใจที่ไม่เกี่ยวข้องกับส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกไปที่การดันเบาะรองขึ้นจนขนานพื้น ขณะฝึกด้วยท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่นทุกครั้งที่ปฏิบัติ

ขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscle size) หมายถึง ขนาดของกล้ามเนื้อโดยใช้เครื่องมือในการวัด ในการศึกษาครั้งนี้จะวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยใช้สมการการถดถอยพหุคูณของ Housh et al. (1995) คำนวนจากการวัดเส้นรอบวงของต้นขาตำแหน่งตรงกลางของขา และความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขาด้านหน้า มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) หมายถึง ความสามารถในการสร้างแรงเพื่อสู้กับแรงต้าน ในการศึกษาครั้งนี้จะวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ได้แก่

- การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ด้วยเครื่องไอโซคิเนติก (isokinetic dynamometer) ให้ออกแรงเหยียดขาสูงสุดเป็นเวลา 5 วินาที ทำทั้งหมด 2 รอบ แต่ละรอบพัก 60 วินาที มีหน่วยเป็นนิวตัน

- การวัดความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ด้วยเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ให้ออกแรงต้านกับน้ำหนักให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุดด้วยท่าทางที่ถูกต้อง เพื่อประเมินค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง ตามสูตรการคำนวณของ Brzycki (1993)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

2. ทำให้ทราบกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการใช้การเพ่งความตั้งใจ ควบคู่กับการฝึกด้วยแรงต้านสำหรับการพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

3. เป็นแนวทางการฝึกซ้อมให้กับนักกีฬาที่ต้องการฝึกเพื่อพัฒนาความสามารถของกล้ามเนื้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. การฝึกด้วยแรงต้าน
    1.1 หลักการฝึกด้วยแรงต้าน
2. การพัฒนาของกล้ามเนื้อ
    2.1 กลไกการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ
    2.2 การฝึกซ้อมและการปรับตัว
    2.3 การเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาท
    2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกล้ามเนื้อกับความแข็งแรง
    2.5 ปัจจัยด้านการฝึกต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ
    2.6 รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ
3. การเพ่งความตั้งใจ
    3.1 การเพ่งความตั้งใจไปยังการเคลื่อนไหวเปรียบเทียบกับผลของการเคลื่อนไหว
    3.2 การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก
    3.3 การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน
    3.4 สมมติฐานการจำกัดการกระทำ
    3.5 การสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อ
4. การวัดขนาดของกล้ามเนื้อ
    4.1 การวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ
    5.1 งานวิจัยในต่างประเทศ

การฝึกด้วยแรงต้าน

พิชิต ภูติจันทร์ (2547) กล่าวว่า การฝึกน้ำหนักหรือการฝึกด้วยแรงต้าน หมายถึง การออกกำลังกายหรือการฝึกให้อวัยวะส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ต่อสู้กับน้ำหนักหรือแรงต้าน เพื่อเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายด้านความแข็งแรงให้กับร่างกาย โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลายชนิด (ภูจันทร์, 2547)

Kraemer et al. (2002) กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงต้านมีประโยชน์ต่อสุขภาพและสมรรถภาพทางกายหลายข้อ ทั้งสามารถลดไขมันในร่างกาย เพิ่มอัตราการเผาพลาญพลังงาน ลดแรงดันในเลือดและปัญหาเกี่ยวกับโรคหัวใจ กระตุ้นการไหลเวียนโลหิต ลดระดับน้ำตาลในเลือดและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของฮอร์โมนอินซูลิน สร้างกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อในร่างกาย พัฒนาการเคลื่อนไหวของร่างกายและยังสามารถบรรเทาอาการเจ็บหลัง การเคลื่อนไหวและสมรรถภาพทางการกีฬาที่ดีขึ้นมาจากความแข็งแรง พละกำลัง ความทนทานและการพัฒนาของกล้ามเนื้อที่ได้รับการพัฒนาจากาการฝึกด้วยแรงต้าน ปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพจากการฝึกด้วยแรงต้านคือฝึกตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและรูปแบบโปรแกรมที่เหมาะสม ต้องมีการเพิ่มความหนัก ความหลากหลาย และมีความเฉพาะเจาะจงเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด (Kraemer et al., 2002)

Neumann (2019) กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงต้านได้รับการแพร่หลายทั้งทางด้านกีฬาและการออกกำลังกาย เพื่อพัฒนาความแข็งแรง เพิ่มมวลกล้ามเนื้อ และความแข็งแรงของข้อต่อ และยังเป็นเครื่องมือสำหรับการแข่งขันกีฬาบางชนิด เช่น กีฬายกน้ำหนักที่ต้องยกท่าสแนช (snatch) และท่าคลีนแอนด์เจิร์ก (clean and jerk) ให้หนักที่สุดขณะแข่งขัน และกีฬาคือพาว์เวอร์ลิฟติ้งที่ต้องยกท่าเดดลิฟต์ (deadlift) สควอช (squat) และเบนซ์เพลส (bench press) การยกน้ำหนักยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการฝึกซ้อมกีฬาชนิดอื่น และเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการออกกำลังกาย ซึ่งรูปแบบการฝึกก็มีความหลากหลายตามจุดประสงค์ที่ต้องการพัฒนากล้ามเนื้อ เครื่องมือ ความเร็ว ระยะเวลาและความซับซ้อนของการเคลื่อนไหว (Neumann, 2019)

Stone et al. (2007) กล่าวว่า การฝึกด้วยแรงต้านคือรูปแบบการออกกำลังกายอย่างหนึ่งที่ใช้แรงต้านเป็นหลัก ประกอบด้วยแมชชีน (machine) และฟรีเวท (free weights) การฝึกด้วยแรงต้านสามารถนำมาใช้ในการฝึกซ้อมเพื่อบรรลุตามวัตถุประสงค์ของผู้ฝึก อาทิเช่น การป้องกันอาการบาดเจ็บ และการฟื้นฟูหลังบาดเจ็บ การมีสุขภาพที่ดี รูปร่างอันสมส่วน และฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางด้านกีฬา การฝึกด้วยแรงต้านเป็นเครื่องมือที่ต้องใช้ในการแข่งขันกีฬาประเภทความแข็งแรงอย่างพาวเวอร์ลิฟติ้ง (powerlifting) และกีฬายกน้ำหนัก (weightlifting) นอกจากนั้นแล้วการฝึกด้วยแรงต้านยังสามารถพัฒนารูปลักษณ์ของร่างกาย และขนาดของกล้ามเนื้อ เช่น ในกีฬาเพาะกาย (bodybuilding) การฝึกด้วยแรงต้านได้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกซ้อมกีฬาเกือบทุกชนิด สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางร่างกายได้หลากหลาย เช่น ความแข็งแรง พละกำลัง ความคล่องแคล่ว ความอดทน (Stone et al., 2007)

Westcott (2012) กล่าวว่า ผู้ใหญ่ที่ไม่มีกิจกรรมทางกายจะสูญเสียกล้ามเนื้อ 3% ถึง 8% เช่นเดียวกับอัตราการการเผาพลาญพลังงานขณะพัก และมีการสะสมไขมันเพิ่มมากขึ้น การฝึกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แรงต้านเป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ สามารถเพิ่มมวลไร้ไขมันได้ถึง 1.4 กิโลกรัม เพิ่มอัตราการเผาพลาญพลังงานขณะพักถึง 7% และลดไขมัน 1.8 กิโลกรัม ประโยชน์ของการฝึกด้วยแรงต้านสามารถพัฒนาสมรรถภาพทางกาย การควบคุมการเคลื่อนไหว ความเร็วขณะเดิน การทำงานของร่างกาย ความสามารถของกระบวนการรับรู้ และเสริมสร้างความมั่นใจในตัวเอง

หลักการฝึกด้วยแรงต้าน

Souza et al. (as cited in Fields, 2016) ได้สรุปหลักการฝึกด้วยแรงต้าน โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักการลักษณะเฉพาะบุคคล

การฝึกควรฝึกตามความสามารถ ศักยภาพ และประสบการณ์ของบุคคลนั้นๆ เนื่องในแต่ละบุคคลต่างลักษณะเฉพาะ และมีการตอบสนองแตกต่างกันต่อรูปแบบการฝึกซ้อม แม้จะฝึกด้วยโปรแกรมเดียวกันก็ตาม ผู้ฝึกสอนควรคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของผู้ฝึก ได้แก่ อายุ ประสบการณ์ เพศ ชาติพันธุ์ ขนาดและรูปร่าง โรคประจำตัว ประวัติอาการบาดเจ็บ แรงจูงใจ การทำงานประสานกันของแขนขา ความได้เปรียบเสียเปรียบเชิงกลไก การพักฟื้น เป้าหมายในการฝึก

2. หลักการการปรับตัว

ระบบอวัยวะภายในร่างกายของมนุษย์มีความสามารถที่จะรักษาดุลยภาพโดยปรับตัวตามกระบวนการของสรีรวิทยา เพื่อให้ร่างกายสามารถปฏิบัติกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง กระบวนการนี้เรียกว่าโฮมิโอสแตติก (homeostasis) หลังจากฝึกซ้อมเสร็จ ระบบอวัยวะภายในสามารถปรับตัวได้ทั้งในแง่บวก และแง่ลบ การปรับตัวที่เหมาะสมต้องมีความตึงเครียดจากการฝึกซ้อมเพียงพอ สำหรับการเปลี่ยนแปลงภายในร่างกกาย ถ้ามีการตึงเครียดมากเกินไป จะทำให้เกิดสภาวะฝึกเกินจนร่างกายไม่สามารถพักฟื้นได้ทัน (overtraining) ซึ่งการพักฟื้นที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับปัจจัย ดังต่อไปนี้

- ท่าออกกำลังกายส่วนมากจะใช้ข้อต่อหลายๆ ข้อในการเคลื่อนไหว จึงจำเป็นต้องพัฒนาการสั่งการการเคลื่อนไหวบควบคู่กับการเพิ่มระยะของข้อต่อ หรือเพิ่มความยืดหยุ่น

- กล้ามเนื้อจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าข้อต่อและเอ็นกล้ามเนื้อ จึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกเพื่อให้เพียงพอต่อปรับตัว และลดโอกาสอาการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

- พัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว เพราะแกนกลางตัวเป็นส่วนที่สร้างความมั่นคงให้กับทั้งร่างกายขณะฝึกด้วยแรงต้าน

- พัฒนากล้ามเนื้อที่สร้างความมั่นคง กล้ามเนื้อมัดหลักจะทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อที่สร้างความมั่นคงมีความแข็งแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

- ช่วงเวลาการพักฟื้นเพียงพอจากความตึงเครียดที่ได้รับจากการฝึกซ้อม

3. หลักการการเพิ่มความหนัก

การฝึกซ้อมเพื่อกระตุ้นให้เกิดการปรับตัวอย่างต่อเนื่อง ต้องมีการกำหนดความหนัก ปริมาณการฝึก (น้ำหนักที่ใช้) ช่วงเวลาพัก และการวางแผนโปรแกรมการฝึกอย่างเป็นระบบ ได้แก่

ความหนัก คือ ปริมาณน้ำหนักที่ใช้ในการยกขณะฝึกด้วยแรงต้าน สามารถคำนวนน้ำหนักได้จากการหาค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ยกได้เพียงหนึ่งครั้ง

จำนวนครั้ง คือ จำนวนที่มีการเคลื่อนไหว ตั้งแต่จังหวะคอนเซนทริก (concentric actions) และจังหวะเอ็กเซนทริก (eccentric actions) ขณะฝึกด้วยแรงต้าน

เซ็ต คือ การแบ่งกลุ่มจำนวนครั้ง เมื่อร่างกายปรับตัวต่อความหนักแล้ว จำเป็นต้องเพิ่มความหนักเพื่อให้เกิดการพัฒนาไปอีกระดับ

ปริมาณการฝึก คือ การนำจำนวนเซ็ต จำนวนครั้งและน้ำหนักมาคูณกัน ได้เป็นจำนวนงานทั้งหมดที่ใช้ในการฝึก ปริมาณการฝึกที่สูงมีเป้าหมายเพื่อเตรียมพร้อมร่างกายสำหรับการฝึกที่มีความเข้มข้นมากขึ้น

ช่วงเวลาพัก คือ ช่วงเวลาพักระหว่างเซ็ตและระหว่างรอบการฝึก เมื่อการฝึกมีความหนักมากขึ้น ช่วงเวลาการพักก็จะต้องมีการเพิ่มขึ้นตาม เพื่อให้กระบวนการฟื้นฟูพลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

4. หลักการความก้าวหน้า

การเพิ่มน้ำหนักอย่างเป็นลำดับขั้น ส่งผลให้เกิดการปรับตัวที่เหมาะสม ถ้าได้รับแรงกระตุ้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ระบบอวัยวะภายในร่างกายก็จะพัฒนาขึ้นตาม นอกจากนั้นแล้วการพักฟื้นก็เป็นปัจจัยที่สำคัญ การฝึกซ้อมอย่างหนักหน่วงย่อมทำให้เกิดการล้าสะสม จึงอาจนำไปสู่การถดถอยทางสมรรถภาพ และเกิดสภาวะฝึกเกิน ดังนั้นแล้ว แรงกระตุ้นควรจะถูกนำมาใช้ตอนที่ระบบอวัยวะยังพักฟื้นไม่ถึงขั้นโฮมิโอสแตติก เพื่อส่งเสริมให้ร่างกายพัฒนาขึ้นไปอีกระดับ

5. หลักการความเฉพาะเจาะจง

เมื่อฝึกด้วยแรงต้าน โค้ชควรเป็นผู้กำหนดโปรแกรมการฝึกให้สอดคล้องกับรูปแบบของกีฬานั้นๆ การฝึกความแข็งแรงจึงต้องพิจารณาลักษณะเฉพาะของกีฬาเพื่อออกแบบโปรแกรมให้สามารถบรรลุผลตามวัตถุประสงค์

การพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

สนธยา สีละมาด และ ดุจเดือน สีละมาด (2560) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นจากการที่กล้ามเนื้อมีการทำงานเฉพาะที่ หรือมีการฝึกด้วยน้ำหนัก โดยการฝึกด้วยน้ำหนักจะ

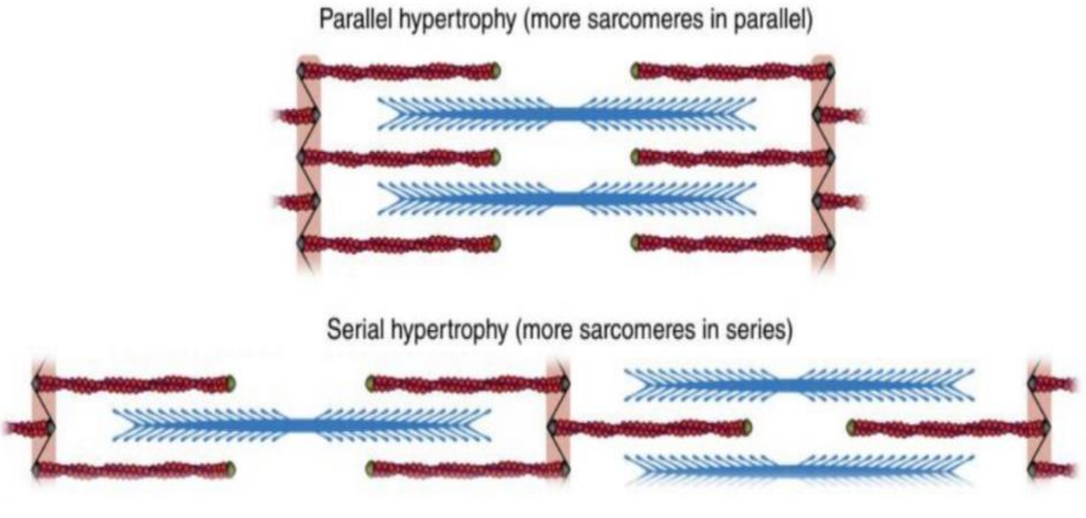
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำให้กล้ามเนื้อมีการปรับตัวทางด้านขนาดของกล้ามเนื้อ และความแข็งของกล้ามเนื้อ (สีละมาด & สีละมาด, 2560)

การพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle hypertrophy) เป็นกระบวนการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อการกระตุ้นที่เฉพาะ เช่น การออกแรงของกล้ามเนื้อ และการได้รับสารอาหารทั่วไปหรือโปรตีน โดย Schonenfeld (2020) ได้รวบรวมกลไกการพัฒนาขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อไว้ ดังต่อไปนี้

1. การเพิ่มแนวขนาน (Parallel hypertrophy) เป็นการเพิ่มจำนวนการหดตัวของกล้ามเนื้อที่สามารถเกิดขึ้นได้โดยเพิ่มจำนวนซาร์โครเมียร์ (sarcomeres) ในแนวขนาน การฝึกด้วยน้ำหนักจะช่วยเพิ่มขนาดและจำนวนการหดตัวกับโครงสร้างในกล้ามเนื้อเช่นเดียวกับการเพิ่มจำนวนซาร์โครเมียร์ในแนวขวาง

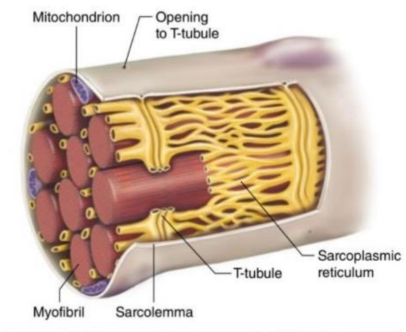
2. การเพิ่มแนวตั้ง (In-series) เป็นการเพิ่มจำนวนของซาร์โครเมียร์ในแนวตั้ง มีงานวิจัยที่สนับสนุนว่าการฝึกที่เน้นรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบเอ็กเซนทริก นำไปสู่การเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อในลักษณะแนวตั้งมากกว่าแบบคอนเซนทริก และมีงานวิจัยที่แนะนำการฝึกแบบคอนเซนทริกโดยใช้ความเร็วในการยกสูงสุด อาจช่วยการเพิ่มจำนวนซาร์โครเมียร์ในแนวตั้งเช่นเดียวกัน



รูปที่ 1 การเพิ่มซาร์โครเมียร์ในแนวขนานกับแนวตั้ง
ที่มา : (Schoenfeld, 2020)

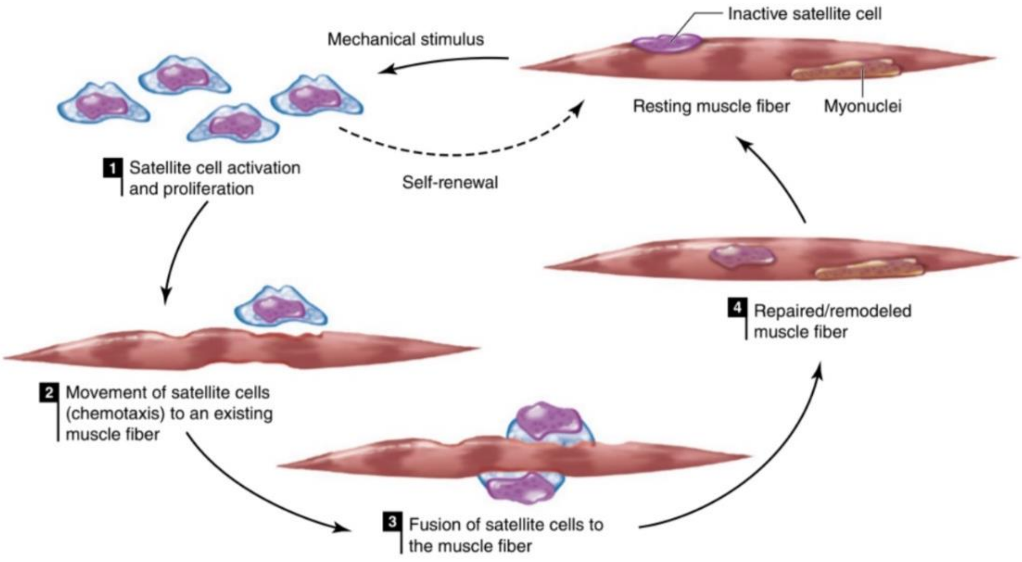
3. การเพิ่มขนาดของซาร์โคพลาสมิก (Sarcoplasmic hypertrophy) เป็นสมมติฐานว่าเกิดการเพิ่มองค์ประกอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหดตัว เป็นการเพิ่มของเหลวเข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อ มีความ

เชื่อว่าการบวมของกล้ามเนื้อไม่สัมพันธ์กับความแข็งแรง โดยลักษณะนี้สามารถสังเกตได้จากความแตกต่างทางโครงสร้างกล้ามเนื้อระหว่างนักกีฬาเพาะกายกับนักกีฬายกน้ำหนัก



รูปที่ 2 สัดส่วนภายในของไมโอไฟเบอร์
ที่มา : (Schoenfeld, 2020)

4. แซทเทลไลท์ เซลล์ (Satellite cells) คือปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ แซทเทลไลท์ เซลล์ จะรักษาการแบ่งเซลล์ของกล้ามเนื้อโดยแตกนิวเคลียสสู่มัยโอไฟเบอร์ (myofibers) เพิ่มเส้นใยโปรตีนของแอคติน (actin) กับมัยโอซิน (myosin) งานวิจัยจำนวนมากระบุว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 จะมีจำนวนของแซทเทลไลท์ เซลล์ มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 แต่การฝึกด้วยแรงต้านจะช่วยเพิ่มจำนวนแซทเทลไลท์ เซลล์ในเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 มากกว่า



รูปที่ 3 วงจรของแซทเทลไลท์ เซลล์
ที่มา : (Schoenfeld, 2020)

การฝึกซ้อมและการปรับตัว

การฝึกด้วยแรงต้าน คือ รูปแบบการฝึกซ้อมที่ช่วยพัฒนาการออกแรงสูงสุดโดยกระตุ้นกลไกของระบบกล้ามเนื้อ และกระดูกเพื่อตอบสนองต่อการควบคุม และเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อ การปรับตัวต่อการฝึกด้วยแรงต้านคือการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็ง ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากฝึกด้วยแรงต้านด้วยรูปแบบเดิมซ้ำในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน ผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเซลล์จะลดน้อยลง ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อมีสองประการ ได้แก่ ขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อ กับการปรับตัวของระบบประสาท

การพัฒนาขนาดเส้นใยกล้ามเนื้อ คือ การเปลี่ยนแปลงทางด้านขนาดจากการฝึกด้วยแรงต้าน โดยสามารถวัดผลได้จากการวัดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อ หรือใช้เครื่องมือที่มีความแม่นยำมากกว่า เช่น การวิเคราะห์พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ด้วยการตัดตรวจกล้ามเนื้อ (muscle biopsy) อัลตราซาวนด์ (ultrasound) เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (computerized tomography) และการตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (*magnetic resonance imaging; MRI*)

การเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ เกิดจากการเพิ่มขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นหลัก งานศึกษามากมายได้ทดลองว่า เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดใดเพิ่มขึ้นมากที่สุดจากโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน MacDougall et al. (1979, as cited in (Whyte, 2006) พบว่า ผู้ชายวัยหนุ่มที่ไม่เคยฝึกด้วยแรงต้าน ฝึกกล้ามเนื้อหลังแขน (triceps brachii) เป็นระยะเวลา 6 เดือน มีขนาดของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เพิ่มขึ้น 33% เมื่อเทียบกับเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ซึ่งเพิ่มขึ้น 27% และในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ชายสูงอายุ ฝึกกล้ามเนื้อหน้างาน เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าการเปลี่ยนแปลงของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เพิ่มขึ้น 30% และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 เพิ่มขึ้น 14% ในการศึกษาแบบตัดขวางของ MacDougall et al. (1984, as cited in Whyte, G. 2006) ระบุว่าเส้นใยกล้ามเนื้อของนักเพาะกายมีเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 ถึง 58% และเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ถึง 39% มากกว่าคนที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน การศึกษาของ Komi et al. (1982, as cited in Whyte, G. 2006) ได้ทดลองการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2 หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักสูง กับกลุ่มที่เน้นการระเบิดพลัง พบว่า เส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดมีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เส้นผ่าศูนย์กลางในกลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักสูง แต่กลุ่มที่เน้นการระเบิดพลังมีการพัฒนาของเส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 เท่านั้น

การกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของกล้ามเนื้อ เกิดจากการสูญเสียความสมบูรณ์ของซาร์โคเมียร์ การบาดเจ็บที่เกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยของเส้นใยกล้ามเนื้อ นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของแอคติน และมัยโอซิน ขนาดของมัยโอไฟบริล (myofibril) มาจากความหนาแน่นของเส้นใยที่รวมตัวกัน และระยะห่างของครอสบริส (cross-bridge) เมื่อกล้ามเนื้อได้รับแรงตึงเครียดทางกลไก (mechanical tension) และตอบาอนงด้วยการการออกแรง จะส่งผลให้แอคตินถูกดึงเข้าสู่กึ่งกลาง และแบ่งตัวมัยโอไฟบริลออกเป็นแนวยาว เมื่อมัยโอไฟบริลมีขนาดเพิ่มขึ้น ซาร์โคพลาสมิก เรติคูลัม (sarcoplasmic reticulum) ที ทิวบูล (t-tubule) และ ซาร์โคพลาซึม (sarcoplasm) จะขยายขนาดล้อมรอบมัยโอฟิลาเมนท์ (myofilaments) ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มมวลของกล้ามเนื้อ ดังนั้นแล้วขนาดของกล้ามเนื้อจึงจะขยายตามขนาดของมัยโอไฟบริล

การเปลี่ยนแปลงทางระบบประสาท

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle strength) จะเพิ่มขึ้นหลังจากการฝึกด้วยแรงต้าน ซึ่งเกิดจากการพัฒนาของระบบประสาท (neural adaptation) จากการระดมหน่วยยนต์ (motor units) ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มน้ำหนักมากขึ้นในระหว่างการฝึกซ้อม ระบบประสาทก็จะระดมหน่วยยนต์เพิ่มขึ้นตาม

การพัฒนาความแข็งแรงจะเกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นของการฝึก เป็นผลมาจากการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อเนื่องมาจากการระดมหน่วยยนต์ที่เพิ่มมากขึ้น (Sale, 1988 as cited in Whyte, G. 2006) นอกจากนั้นแล้ว ความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อยังเกิดขึ้นในช่วงแรกของการฝึกด้วยเช่นกัน ความแข็งแรงกับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจึงมีความสัมพันธ์กัน เส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว (เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2) มีพื้นที่หน้าตัดมากกว่า และสร้างแรงได้มากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้า (เส้นใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1)

การฝึกด้วยแรงต้านมีแนวโน้มที่จะกระตุ้นหน่วยยนต์แบบหดตัวเร็ว ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเสริมสร้างโปรตีนมัยโอไฟบริล การฝึกความแข็งแรงจะกระตุ้นทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว นำไปสู่การเพิ่มขึ้นของพื้นที่หน้าตัด และเมื่อความแข็งแรงเพิ่มขึ้นแล้ว การตึงเครียดจากการฝึกด้วยน้ำหนักเดิม จะไม่สามารถกระตุ้นการระดมหน่วยยนต์ได้เท่ากับครั้งแรกของการฝึก

บุคคลที่ไม่คุ้นเคยกับการฝึกด้วยแรงต้าน จะขาดศักยภาพในการระดมหน่วยยนต์สูงสุดในช่วงแรก ส่งผลให้การกล้ามเนื้อมัดหลักไม่สามารถออกแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในช่วงระยะเริ่มต้นของการฝึกด้วยแรงต้าน ระบบประสาทจะสั่งการเป็นลำดับขั้นเพื่อระดมจำนวนหน่วนยนต์ให้ได้สูงสุด และขยายความจุของหน่วยยนต์ในกล้ามเนื้อมัดหลัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography; EMG) คือ วิธีการบันทึกจำนวนของคลื่นไฟฟ้าที่ส่งมายังกล้ามเนื้อ สัญญาณไฟฟ้า (integrated electromyography; IEMG) จะถูกบันทึกจากมัดกล้ามเนื้อหลักที่เพิ่มขึ้นจากการฝึกด้วยแรงต้าน ซึ่งสามารถระบุจำนวนของหน่วยยนต์ที่ระดมมายังกล้ามเนื้อ และยังระบุความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของกล้ามเนื้อ กับความสามารถในการสร้างแรง ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Moritani and DeVries (1980, as cited in Whyte, G. 2006) ได้ทดลองการฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าสัญญาณไฟฟ้าในกล้ามเนื้อจะลดน้อยลงเมื่อกล้ามเนื้อสามารถผลิตแรงได้มากขึ้น ซึ่งเกิดจากการสั่งการของระบบประสาทของมีความเฉพาะเจาะจง และมีประสิทธิภาพมากขึ้นหลังจากฝึกด้วยแรงต้าน

ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกล้ามเนื้อกับความแข็งแรง

การฝึกด้วยแรงต้านมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกล้ามเนื้อ กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งมีการศึกษาที่สนับสนุนว่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสัมพันธ์กับความสามารถในการสร้างแรง (Minetti et al., 2002, Stone et al., 1982, Zamparo et al., 2002 as cited in Suchomel et al., 2018) การพัฒนาขนาดกล้ามเนื้อส่งผลให้กล้ามเนื้อมีความสามารถในการสร้างแรง และพละกำลังที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งสามารถสังเกตได้จากกีฬาที่ใช้เกณฑ์การแบ่งรุ่นน้ำหนัก เช่น พาวเวอร์ลิฟติ้ง กับกีฬายกน้ำหนัก นักกีฬาที่มีน้ำหนักตัวมากกว่า ย่อมมีพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อมากกว่า และสามารถยกน้ำหนักได้มากกว่าในรุ่นน้ำหนักที่ต่ำกว่า (Campos et al., 2002, Stone et al., 2016 as cited in Suchomel et al., 2018) การฝึกด้วยแรงต้านในช่วงระยะเริ่มต้น สามารถเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ และพัฒนาความแข็งแรงในกลุ่มคนที่ไม่เคยฝึกด้วยแรงต้าน (Narici et al., 1989 as cited in Suchomel et al., 2018)

ในแง่ของสรีรวิทยาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ กับความสามารถในการสร้างแรงมาจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนครอสบริส ซึ่งการศึกษาของ Kawakami et al. (1993, as cited in Suchomel et al., 2018) ระบุว่า มุมแนวการวางตัวของกล้ามเนื้อ กับแนวแรงที่มากระทำ (pennation angles) สำหรับกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกจะมีศักยภาพมากกว่ากล้ามเนื้อที่ไม่ได้รับการฝึก ถ้ามุมแนวการวางตัวกับแนวแรงมีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะส่งผลต่อจำนวนของครอสบริส ซึ่งมาจากการปฏิสัมพันธ์กันระหว่างมัยโอซินและแอคตินที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อกับความแข็งแรง มีความแตกต่างกันระหว่างบุคคล ซึ่งอาจมาจากระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกด้วยแรง รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดขนาด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ของกล้ามเนื้อ และวิธีการวัดผลด้านความแข็งแรง ทั้งสามสิ่งนี้อาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลง (Suchomel et al., 2018)

กล่าวโดยสรุปว่า การเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ คือ การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างภายในของกล้ามเนื้อ ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งมีผลต่อการเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ นอกจากนั้นแล้ว การปรับตัวทางระบบประสาท เช่น การระดมหน่วนยนต์ และการหดตัวของกล้ามเนื้อก็ส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแรงเช่นเดียวกัน

ปัจจัยด้านการฝึกต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

Schonenfeld (2010) ได้รวบรวมสมมติฐานเกี่ยวกับการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อไว้ 3 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. แรงตึงทางกลไกล (Mechanical tension) คือ รูปแบบการฝึกด้วยแรงต้านที่ร่างกายต้องใช้ความพยายามในการออกแรงเพื่อสู้กับน้ำหนัก แรงตึงทางกลไกสามารถส่งเสริมการพัฒนาของกล้ามเนื้อ โดยเชื่อว่าแรงตึงที่เกิดจากการฝึกด้วยแรงต้าน จะกระตุ้นกลไกการพัฒนาของกล้ามเนื้อ ในระดับเซลล์ของมัยโอไฟเบอร์และแซทเทลไลท์เซลล์ การฝึกด้วยน้ำหนักสูงจะกระตุ้นการระดมหน่วยยนต์มายังกล้ามเนื้อมากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ

2. ความเสียหายของกล้ามเนื้อ (Muscle damage) คือ เนื้อเยื่อที่ได้รับความเสียหายจากการฝึกด้วยแรงต้าน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนาของกล้ามเนื้อ ในระยะเริ่มต้นของความเสียหายของกล้ามเนื้อจะเกิดการอักเสบของเนื้อเยื่อ ทำให้เซลล์เม็ดเลือดขาวช่วยขจัดเซลล์ที่เสียหายและรักษาเส้นใยกล้ามเนื้อ ซึ่งเชื่อว่าจะช่วยการขยายตัวของแซทเทลไลท์ เซลล์

3. ความตึงเครียดของระบบเผาผลาญ (Metabolic stress) คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นจากการฝึกซึ่งใช้ระบบพลังงานไกลโครไลซิส (glycolysis) เป็นหลัก ทำให้เกิดการสะสมของเสีย ได้แก่ กรดแลคติส (lactate) ไฮโดรเจน ไอออน (hydrogen ion; H^+) และ อนินทรีย์ ฟอสเฟส (inorganic phosphate; P_i) ของเสียจากระบบเผาพลาญ จะช่วยกระตุ้นการหลั่งฮอร์โมนที่มีผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง

Krzysztofik et al. (2019) ได้แนะนำรูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ดังนี้

ความหนัก	60 – 80% ของ %1RM

จำนวนครั้ง	6 – 12 ครั้ง
จำนวนเซ็ต	3 – 6 เซ็ต
ช่วงเวลาพักระหว่างเซ็ต	อย่างน้อย 60 วินาที
จำนวนเซ็ตที่ใช้ในการฝึกต่อหนึ่งสัปดาห์	12 – 28 เซ็ตต่อหนึ่งกลุ่มกล้ามเนื้อในหนึ่งสัปดาห์

ตารางที่ 1 รูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อและความแข็งแรง

ในกลุ่มคนที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน พบว่า การฝึกด้วยจำนวนเซ็ตที่ 6 – 12 เซ็ตต่อสัปดาห์เพียงพอสำหรับการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

Lasevicius et al. (2019) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ด้วยน้ำหนักต่ำ และน้ำหนักสูง ฝึกจนถึงจุดล้มเหลว (failure) เพื่อวัดผลความแข็งแรง และขนาดของกล้ามเนื้อในกลุ่มคนที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน โดยรูปแบบการฝึกจะใช้ท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ฝึกรอบละ 3 เซ็ต เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบพบว่า การฝึกด้วยน้ำหนัก 80% ของน้ำหนักสูงสุดที่ทำได้เพียงหนึ่งครั้ง (one-Repetition Maximum; 1RM) ทั้งสองกลุ่มคือฝึกไม่ถึงจุดล้มเหลว กับกลุ่มที่ฝึกถึงจุดล้มเหลว สามารถพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยยะสำคัญ 8.1% และ 7.7% ตามลำดับ และกลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักต่ำ 30% ของ 1RM ที่ฝึกถึงจุดล้มเหลวสามารถพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อได้ 7.8% แต่กลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักต่ำ และฝึกไม่ถึงจุดล้มเหลวพัฒนาขนาดกล้ามเนื้อได้ 2.8% ซึ่งไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (Lasevicius et al., 2022)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Terada et al. (2020) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านจนถึงจุดล้มเหลวที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อยหนึ่งปี แบ่งออกเป็นสามกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ฝึกน้ำหนักต่ำ 40% ของ 1RM แต่ฝึกถึงจุดล้มเหลว กลุ่มที่ฝึกน้ำหนักต่ำ แต่ฝึกจนใกล้เคียงกับจุดล้มเหลว และกลุ่มที่ฝึกด้วยน้ำหนักสูง 80% ของ 1RM โดยรูปแบบการฝึกด้วยแรงต้าน ใช้ท่าเบนซ์เพลส จำนวน 3 เซ็ต ฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ทั้งสามกลุ่มสามารถพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่ม (Terada et al., 2022)

Lacerda et al. (2020) ได้ศึกษาผลการฝึกด้วยแรงต้านถึงจุดล้มเหลว กับไม่ถึงจุดล้มเหลวที่มีผลต่อความแข็งแรง และขนาดของกล้ามเนื้อในกลุ่มคนที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อยหกเดือน รูปแบบการฝึก ใช้ท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ฝึก 3 – 4 เซ็ตต่อรอบ สัปดาห์ละ 2 – 3 รอบ เป็น

ระยะเวลา 14 สัปดาห์ ผลการวิจัยไม่พบความแตกต่างของความแข็งแรง และขนาดของกล้ามเนื้อเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม (Lacerda et al., 2020)

ระยะเวลาการฝึกซ้อมสำหรับบุคคลที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน พบว่าการฝึก 4 – 6 สัปดาห์ เพียงพอสำหรับการพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

Boone et al. (2015) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้าน พร้อมกับรับประทานอาหารเสริมโปรตีน เพื่อวัดผลความแข็งแรง และขนาดของกล้ามเนื้อในกลุ่มคนที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน หลังจากฝึกเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ การทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ทานอาหารเสริมโปรตีน กับกลุ่มที่ไม่ได้ทาน รูปแบบการฝึกจะประกอบด้วยท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น และแมชชีนเลคเพลส (machine leg press) ฝึก 3 เซ็ต 3 รอบต่อสัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า ทั้งสองกลุ่มสามารถพัฒนาความแข็งแรงและขนาดของกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างระหว่างทั้งสองกลุ่ม (Boone et al., 2015)

Santos et al. (2018) ได้ศึกษาผลของการใช้เครื่องอัลตราซาวนด์เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า หลังการฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายสุขภาพดีที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ฝึกแบบคอนเซนทริก กลุ่มที่ฝึกแบบเอ็กเซนทริก และกลุ่มควบคุม รูปแบบการฝึกจะใช้เครื่องไอโซคิเนติก ฝึกกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าด้วยการเคลื่อนไหวแบบนั่งเหยียดเข่า (knee extensor) 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ฝึก 5 เซ็ตต่อรอบ ผลการทดลองพบว่า กลุ่มทดลองมีขนาดกล้ามเนื้อ vastus intermedius กับกล้ามเนื้อ rectus femoris เพิ่มขึ้นหลังจากฝึกได้ 6 สัปดาห์ (Santos et al., 2018)

กล่าวโดยสรุปว่า การฝึกด้วยแรงต้านสำหรับบุคคลที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านสามารถปรับรูปแบบการฝึกเป็น 6 – 12 เซ็ตต่อสัปดาห์ โดยใช้ระยะเวลาการฝึก 4 – 6 สัปดาห์ ก็เพียงพอต่อการการพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งผู้ฝึกต้องฝึกด้วยน้ำหนักที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการปรับตัว ในช่วงจำนวนครั้งถึงจุดล้มเหลว หรือใกล้ถึงจุดล้มเหลว

การเพ่งความตั้งใจ

บรรลือ รัตนจรัสโรจน์ (2539) ได้นิยามความหมายของการเพ่งความตั้งใจ คือ การจัดกระบวนการทางความคิดทางสมอง โดยมีความตั้งใจต่อสิ่งที่กำลังกระทำอยู่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

Magill and Anderson (2014) กล่าวว่า การเพ่งความตั้งใจ คือ การควบคุมความตั้งใจไปยังสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อความสามารถอย่างเฉพาะเจาะจง หรือการกระทำ-การเตรียมการก่อนทำกิจกรรม

Neumann (2019) ได้นิยามความหมายของการเพ่งความตั้งใจในบริบทของกีฬา และสมรรถภาพ คือ กระบวนการที่นักกีฬาใช้ทรัพยากรทางความคิดต่อคำแนะนำ สิ่งเร้า และสถานภาพ ซึ่ง Nideffer (1976, as cited in Neumann, 2019) ได้เสนอรูปแบบของการเพ่งความตั้งใจไว้ 2 รูปแบบ คือ แบบภายนอกกับแบบภายใน

Schonenfeld and Contreras (2016) กล่าวว่า การเพ่งความตั้งใจ คือ สิ่งที่ตัวบุคคลคิดขณะกำลังกระทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งอยู่ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็นสองรูปแบบ คือ การเพ่งความตั้งใจแบบภายในและการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

Wulf (2007) กล่าวว่า การเพ่งความตั้งใจ คือ กระบวนการที่ตัวบุคคลใช้ในการเรียนรู้หรือการฝึกซ้อมทักษะ ซึ่งจะถูกกำหนดด้วยคำแนะนำที่ผู้ฝึกได้รับ

การจัดสรรความตั้งใจท่ามกลางกิจกรรมหลายๆ อย่าง จะใช้การควบคุมความตั้งใจไปยังสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง และเตรียมพร้อมที่จะทำกิจกรรมนั้นๆ การควบคุมความตั้งใจนี้ คือ กระบวนที่เรียกว่า การเพ่งความตั้งใจ ซึ่งตรงข้ามกับอุปสงค์ของความตั้งใจที่เป็นการจัดสรรทรัพยากรความสนใจไปยังงานอันหลากหลายที่ต้องกระทำในเวลาเดียวกัน แต่การเพ่งความตั้งใจ คือ การจัดระเบียบทรัพยากรที่มีอย่างเป็นลำดับ เพื่อควบคุมทิศทางของสภาพแวดล้อมแบบเฉพาะเจาะจงเพื่อเอื้อต่อความสามารถของผู้ปฏิบัติ

การเพ่งความตั้งใจสามารถจำแนกออกเป็นแบบกว้าง (width) และแบบมีทิศทาง (direction) แบบกว้างสามารถเป็นได้ทั้งแบบใกล้ตัว และแบบไกลตัว ซึ่งคือการเพ่งความตั้งใจไปยังสภาพแวดล้อมรอบตัว แบบมีทิศทางจะมีทั้งแบบภายนอก และแบบภายใน ความตั้งใจถูกควบคุมโดยตัวกระตุ้นในสภาพแวดล้อม หรือเกิดขึ้นภายในความคิด แบบแผน หรือกระบวนการแก้ไขปัญหา ซึ่ง Nideffer (1993, as cited in Magill & Anderson, 2014) ได้กำหนดรูปแบบการเพ่งความตั้งใจไว้ 4 รูปแบบ ได้แก่ แบบใกล้ตัว แบบไกลตัว แบบภายนอก และแบบภายใน

การอยู่ในสถานการณ์ที่ต้องใช้ความสามารถ ต้องการรูปแบบการเพ่งความตั้งใจที่เฉพาะเจาะจงเพื่อบรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพ ยกตัวอย่างเช่น บุคคลที่ต้องใช้การเพ่งแบบไกลตัว หรือภายนอกเพื่อเดินผ่านฝูงชนในห้องโถง และใช้การเพ่งแบบใกล้ตัว หรือภายนอกเพื่อรับลูกบอล ในบางสถานการณ์จำเป็นสลับเปลี่ยนความความตั้งใจ (attention switching) ซึ่งมีความสำคัญต่อสถานกาณณ์ หรือสภาพแวดล้อมที่ต้องใช้ข้อมูลอันหลากหลายเพื่อตัดสินใจอย่างรวดเร็ว ยกตัวอย่างเช่น

นักอเมริกันฟุตบอลตำแหน่งควอเตอร์แบ็ค (quarterback) จะมองหาคนรับลูกบอลแล้วตัดสินใจว่าสามารถขว้างบอลได้หรือไม่ ถ้าไม่สามารถขว้างให้ได้ เขาต้องมองหาคนรับลูกคนอื่น ซึ่งในขณะเดียวกัน ควอเตอร์แบ็คต้องตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ว่าเขากำลังจะถูกตะครุบตัวจากทีมคู่แข่งหรือจะวิ่งฝ่าด้วยตัวเอง กิจกรรมเหล่านี้ต้องใช้ความตั้งใจ และต้องตัดสินใจอย่างรวดเร็ว ผู้เล่นต้องสลับเปลี่ยนความตั้งใจระหว่างภายนอก และภายในตามแหล่งข้อมูลที่มี

อย่างไรก็ตาม การสลับเปลี่ยนความตั้งใจสามารถก่อให้เกิดความเสียเปรียบในบางกิจกรรม ยกตัวอย่างเช่น บุคคลที่กำลังปฏิบัติทักษะที่ต้องใช้ความเร็ว ความแม่นยำในการเคลื่อนไหวอย่างต่อเนื่อง เช่น การพิมพ์ดีด การเล่นเปียโน และการเต้นรำ ต้องใช้การเพ่งความตั้งใจเป็นระยะเวลานาน ถ้าการสลับเปลี่ยนความตั้งใจเกิดขึ้นถี่เกินไป ระหว่างแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม และไม่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลเสียขณะกระทำกิจกรรมนั้น ยกตัวอย่างเช่น นักเปียโนสลับสายตาจากเนื้อเพลงไปยังมือ และแป้นเปียโน เขาหรือเธอจะประสบความยากลำบากในการรักษาความแม่นยำของจังหวะซึ่งจำเป็นสำหรับการบรรเลงเพลงอันละเอียดอ่อน

กล่าวโดยสรุป การเพ่งความตั้งใจ คือ การจัดการทางความคิดเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังกระทำอยู่ ซึ่งการเพ่งความตั้งใจสามารถถูกชักนำได้จากคำแนะนำของผู้ให้ว่าต้องการให้ผู้ฝึกมีทิศทางของความคิดไปในทางใด ซึ่งในกระบวนการของการเคลื่อนไหวและการออกกำลังกาย การเพ่งความตั้งใจถือว่ามีความจำเป็นสูงต่อการเรียนรู้ และความสามารถของร่างกาย

การเพ่งความตั้งใจไปยังการเคลื่อนไหวเปรียบเทียบกับผลของการเคลื่อนไหว

Nideffer (as cited in Magill & Anderson, 2014) ได้เสนอรูปแบบการเพ่งความตั้งใจระหว่างการเพ่งความตั้งใจไปที่การเคลื่อนไหวของตัวเอง (การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน) หรือ การเพ่งความตั้งใจไปที่ผลที่เกิดขึ้นกับการเคลื่อนไหวของตัวเอง (การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก) ซึ่งการกำหนดจุดมุ่งหมายของการเพ่งความตั้งใจไปยังผลที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนไหว จะนำไปสู่ศักยภาพที่ดียิ่งขึ้นมากกว่าการเพ่งความตั้งใจไปยังผลจากการเคลื่อนไหว ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ในพฤติกรรมการเคลื่อนไหวในชีวิตประจำวัน เช่น การเอื้อมหรือการเล็ง ถ้าจดจ่อสายตาไปยังบริเวณที่เล็งอยู่ จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคว้าหรือจับสิ่งของ แต่ถ้าคำนึงถึงแต่มือของตัวเอง จะลดความแม่นยำและอาจจะเกิดข้อผิดพลาดในการเอื้อมจับสิ่งของ

Wolfgang Prinz (1997, as cited in Magill & Anderson, 2014) ได้นำเสนอ สมมติฐานผลของการกระทำ (action effect hypothesis) คือ กระทำต้องมีแบบแผนที่ดี และมีวัตถุประสงค์ในการกระทำ สมมติฐานผลของการกระทำเกี่ยวข้องกับวิธีการประมวลประสาทสัมผัส และระบบสั่งการ

ข้อมูลจากความทรงจำ ซึ่งมีการกระทำจะประมวลข้อมูลจากความทรงจำในรูปแบบของการประมวลผลปกติ และเมื่อมีการวางแผนให้เป็นไปตามผลลัพธ์ที่ตั้งใจไว้ มิติการประมวลผล (common coding view) จะคาดการณ์ว่าการกระทำจะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มากกว่าการคำนึงเกี่ยวกับรูปแบบการเคลื่อนไหวตามทักษะอย่างเดียว สมมติฐานผลของการกระทำ แสดงให้เห็นว่า เมื่อผู้ปฏิบัติควบคุมการเพ่งความตั้งใจไปยังผลของการเคลื่อนไหว จะสามารถเพิ่มความสามารถในการทำทักษะได้สูงขึ้นอีกระดับ มากกว่าการเพ่งความตั้งใจไปยังการเคลื่อนไหวของตัวเอง

จากการศึกษาในช่วงที่ผ่านมาพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกส่งผลต่อศักยภาพทางกีฬามากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ซึ่งสาเหตุดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากสมมติฐานการจำกัดการกระทำ ซึ่ง Wulf et al. (2001) อธิบายว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในเป็นการจำกัดระบบสั่งการ เพราะผู้ปฏิบัติมีเจตนาที่จะควบคุมการสั่งการ เป็นผลให้เกิดการรบกวนกระบวนการสั่งการและควบคุมโดยอัตโนมัติ แต่เมื่อผู้ปฏิบัติใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก การควบคุมการกระทำจะเป็นไปตามกระบวนการอัตโนมัติ

Beilock et al. (2002, as cited in Magill & Anderson, 2014) ได้นำเสนอรูปแบบการเพ่งความตั้งใจไว้ 2 รูปแบบ ได้แก่ การเพ่งความตั้งใจที่ทักษะ คือ การให้ความสนใจกับการแสดงการเคลื่อนไหว กับการเพ่งความตั้งใจที่สภาพแวดล้อม คือ การให้ความสนใจกับส่วนทที่ไม่เกี่ยวข้องกับทักษะ ซึ่ง Beilock และคณะเสนอว่า การเพ่งความตั้งใจที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับระดับทักษะของผู้ปฏิบัติ การเพ่งความตั้งใจที่ทักษะเหมาะสำหรับการเรียนรู้ระยะแรก เนื่องจากผู้เริ่มฝึกหัดมีแนวโน้มที่จะตระหนักการควบคุมรายละเอียดการเคลื่อนไหว สำหรับผู้ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านทักษะอยู่แล้วจะมีกระบวนการแสดงทักษะอย่างอัตโนมัติ และมีจิตสำนึกเพียงเล็กน้อยขณะปฏิบัติทักษะอยู่ในขณะที่การเพ่งความตั้งใจที่สภาพแวดล้อมเหมาะกับการเรียนรู้ในระยะขั้นสุดท้าย

อย่างไรก็ตาม เมื่อผู้ที่มีเชี่ยวชาญของทักษะเพ่งความตั้งใจไปที่การควบคุมทักษะ จะเกิดการรบกวนระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ การรบกวนเป็นผลมาจากการที่จิตสำนึกตระหนักอยู่กับลักษณะการเคลื่อนไหว ส่งผลให้ความสามารถทางด้านทักษะของผู้เชี่ยวชาญย้อนกลับสู่ระยะเริ่มต้น หรือเกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่เป็นไปตามอัตโนมัติ ซึ่งเป็นสมมติฐานที่เรียกว่า deautomatization-of-skill (Ford et al., 2005 as cited in Magill & Anderson, 2014) กล่าวคือ ผู้เริ่มฝึกหัดจะปฏิบัติได้ดีกว่าภายใต้คำแนะนำที่มุ่งเน้นเกี่ยวกับทักษะ และผู้ที่ชำนาญทักษะแล้วจะปฏิบัติได้ดีกว่าเมื่อไม่ได้มุ่งเน้นเกี่ยวกับทักษะ ซึ่งได้มีการพิสูจน์สมมติฐานนี้ผ่านทักษะการพัตต์กอล์ฟ (Beilock et al., 2004 as cited in Magill & Anderson, 2014) และทักษะการเลี้ยงลูกฟุตบอล (Beilock et al., 2002; Ford et al., 2005 as cited in Magill & Anderson, 2014) ผลการวิจัยสรุปว่า การเพ่งความตั้งใจไปยัง

การเคลื่อนไหวจะนำไปสู่สมรรถภาพที่แย่ลงของผู้ที่ชำนาญทักษะอยู่แล้ว เพราะการจดจ่ออยู่กับรายละเอียดของการเคลื่อนไหวจะรบกวนระบบควบคุมโดยอัตโนมัติ

การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

Schoenfeld et al. (2018) นิยามการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก คือ การจินตภาพผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติกิจกรรม เช่น การให้ตัวบุคคลตั้งใจเคลื่อนไหวอุปกรณ์หรือน้ำหนัก

Wulf (2013) นิยามการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก คือ การเพ่งไปยังการเคลื่อนไหว หรือต่อสภาพแวดล้อมรอบๆ ตัว โดยการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกต้องไม่มีความเกี่ยวข้องกับส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย เช่น การกระโดดแล้วเพ่งความตั้งใจไปที่จุดหมายที่ต้องการกระโดดให้ถึง หรือการเพ่งความตั้งไปที่บาร์เบลขณะฝึกท่าไบเซพเคิร์ล

การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกส่งผลให้ระบบการสั่งการโดยอัตโนมัติทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การเคลื่อนไหวมีความเป็นธรรมชาติ และกล้ามเนื้อแต่ละส่วนทำงานสอดประสานกัน โดยไม่ได้จดจ่อที่มัดใดมัดหนึ่งมากเกินไป (Wulf & Lewthwaite, 2016) ซึ่งการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถเพิ่มศักยภาพทางด้านการเคลื่อนไหวทางการกีฬา และความสามารถของร่างกาย เช่น ความแม่นยำ ความเร็ว ความทนทาน การออกแรง และยังรวมถึงการแสดงออกของทักษะกีฬาบางชนิด เช่น ความแม่นยำในการยิงประตูของกีฬาบาสเกตบอล ความแม่นยำในการตีกอล์ฟ และการเลี้ยงลูกฟุตบอล (Wulf & Lewthwaite, 2016, Wulf, 2013)

งานวิจัยของ Porter et al. (2010, as cited in Magill & Anderson, 2014) พบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีผลดีต่อความสามารถในการเคลื่อนไหว โดยใช้ทักษะการยืนการกระโดดไกลเป็นเครื่องมือการทดลอง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนทั่วไปที่ไม่ได้ฝึกการยืนกระโดดไกลอย่างเป็นประจำ ผู้เข้าร่วมต้องกระโดดติดต่อกัน 5 รอบ พักระหว่างรอบ 2 นาที ระยะการกระโดดจะถูกบันทึกตามตำแหน่งที่ส้นเท้าวางไว้ตั้งแต่เส้นเริ่มต้นถึงจุดที่กระโดดถึง กลุ่มตัวอย่างจะถูกสุ่มระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน แต่ละกลุ่มจะได้รับคำแนะนำที่แตกต่างกันก่อนกระโดด การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า “เมื่อคุณพยายามจะกระโดดให้ไกลที่สุด ผมต้องการให้คุณเพ่งความตั้งใจของตัวเองไปที่การกระโดดให้ไกลจากเส้นเริ่มต้นเท่าที่จะทำได้” การเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำว่า “เมื่อคุณพยายามจะกระโดดให้ไกลที่สุด ผมต้องการให้คุณเพ่งความตั้งใจของตัวเองไปที่การเหยียดเข่าให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้” ผลของงานวิจัยพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีค่าเฉลี่ยระยะกระโดด (187.4 เซนติเมตร) มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (177.3 เซนติเมตร) ผู้วิจัยสรุปว่า ผลการทดลองสนับสนุนประโยชน์

ของการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกต่อทักษะการยืนกระโดดไกล และแนะนำว่าโค้ชด้านสมรรถภาพควรให้คำแนะนำที่ชักจูงให้นักกีฬาใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน

มีการศึกษาการเพ่งความตั้งใจกับความสามารถด้านการยกน้ำหนัก ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Halpern et al. (2016) ได้ทำการทดลองผลของการเพ่งความตั้งใจต่อความสามารถในการสร้างแรงสูงสุด ของกลุ่มนักกีฬาที่ฝึกอย่างเป็นประจำ โดยใช้ท่าไอโซเมทริก มิดไทท์ พลู (isometric midthigh pull) กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองเป็นจำนวน 3 วันแบบต่อเนื่องกัน วันที่หนึ่ง คือ การทำความคุ้นเคยกับรูปแบบการทดลองซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำแบบปกติว่า “ตั้งใจทำให้แรงและเร็วที่สุดเท่าที่สามารถทำได้” อีกสองวันจะเป็นการให้คำแนะนำแบบสุ่มระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำว่า “ตั้งใจเกร็งขาให้แรงและเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้” วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า “ตั้งใจเหยียบพื้นให้แรงและเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้” กลุ่มตัวอย่างจะยกท่าไอโซเมทริก มิดไทท์ พลู 3 รอบบนเครื่องตรวจวัดแรงจากพื้น (force plate) ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถสร้างแรงได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และคำแนะนำแบบปกติ (Halperin et al., 2016)

นอกจากนั้นแล้วยังพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีผลต่อความทนทานของกล้ามเนื้อ งานวิจัยของ Marchant et al. (2011) ได้ทำการทดลองผลของการเพ่งความตั้งใจต่อความทนทานของกล้ามเนื้อ โดยใช้ท่าฝึกสามท่า ได้แก่ ท่าฝึกเสริมเบนซ์เพลส (assisted bench press), เบนซ์เพลสที่ความหนัก 75% ของ 1RM, สควอชที่ความหนัก 75% ของ 1RM คัดกลุ่มตัวอย่างที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อยหนึ่งปี ให้กลุ่มตัวอย่างทำแต่ละท่าด้วยด้วยจำนวนครั้งที่มากที่สุดจนไม่สามารถยกต่อได้อีก การทดลองแต่ละท่าจะแบ่งออกเป็นสามวันไม่ต่อเนื่องกัน ในแต่ละวัน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในการเพ่งความตั้งใจ โดยไม่มีคำแนะนำในวันควบคุม วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำว่า ให้เพ่งความตั้งใจไปที่แขนสำหรับท่าเบนซ์เพลส และขาสำหรับท่าสควอช วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า ให้เพ่งความตั้งใจไปที่บาร์เบล ผลการทดลองพบว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถเพิ่มจำนวนครั้งได้มากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีประสิทธิผลต่อความสามารถของกล้ามเนื้อมากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (Marchant et al., 2011)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน

Wulf (2013) นิยามการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน คือ การสนใจการเคลื่อนไหวของร่างกายตนเอง เช่น การกระโดดแล้วเพ่งความตั้งใจไปที่เหยียดของขาและเข่า

Schoenfeld et al. (2018) นิยามการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน คือ การคิดถึงการเคลื่อนไหวของร่างกายขณะทำกิจกรรมอยู่ เช่น การให้ตัวบุคคลเกร็งกล้ามเนื้อขณะฝึก

การเพ่งความตั้งใจแบบภายในส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการตอบสนองต่อการหดตัวมากขึ้น เมื่อเทียบกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก โดยวัดผลจากการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ มีการศึกษาอันหลากหลายที่ทดสอบสมมติฐานนี้ ยกตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Marchant et al. (2017) ได้ทำการทดลองผลของการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า แบบเฉพาะเจาะจงมัดกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซคิเนติก โดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็นจำนวน 10 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 20 คน การทดสอบใช้เวลาหนึ่งวัน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำความคุ้นเคยกับท่าฝึก แล้วจึงสุ่มการเพ่งความตั้งใจให้กับกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก แต่ไม่สามารถกระตุ้นการทำงานแบบเฉพาะเจาะจงต่อกล้ามเนื้อ vastus medialis ได้

มีการศึกษาการเพ่งความตั้งใจร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าแขน พบว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าแขนได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (Marchant et al., 2009; Vance et al., 2004) นอกเหนือจากการเพ่งความตั้งใจไปที่การทำงานของกล้ามเนื้อมัดหลักแล้ว มีการศึกษาการเพ่งความตั้งใจแบบภายในไปยังกล้ามเนื้อมัดรองในท่าฝึกเบนซ์เพลส พบว่า การจดจ่อการเคลื่อนไหวไปที่กล้ามเนื้อมัดรองสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขปกติ (ไม่ได้เพ่งความตั้งใจ) (Calatayud et al., 2016; Snyder & Fry, 2012)

ตรงกันข้ามกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก Wulf (2013) ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการเพ่งความตั้งใจ พบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกส่งผลดีต่อความสามารถทางด้านกีฬา และการเคลื่อนไหวมากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน เพราะการเพ่งความตั้งใจแบบภายในได้รบกวนการทำงานของระบบสั่งการโดยอัตโนมัติ ซึ่งส่งผลเสียต่อความสามารถในการเคลื่อนไหว และการแสดงทักษะของผู้ปฏิบัติ ยกตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Schutts et al. (2017) ได้ทดลองผลของการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อความสามารถทางคิเนเมติกส์ (kinematics) ของท่าสแนชในนักกีฬายกน้ำหนัก การเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำว่า “จดจ่อไปที่การยกศอกให้สูงไปทางด้านข้างอย่าง

เร็ว” การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า “จดจ่อไปที่การยกบาร์เบลขึ้นเข้าหาตัวอย่างเร็ว” ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในเพิ่มความเร็วในการยกศอกเมื่อเปรียบเทียบกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และการเพ่งความตั้งใจแบบภายในทำให้ช่วงจังหวะการนั่งย่อรับบาร์เบลให้อยู่เหนือศีรษะเร็วเกินไป ซึ่งอาจส่งผลให้การปฏิบัติทักษะล้มเหลว (Schutts et al., 2017) สาเหตุเป็นเพราะว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในสร้าง *‘เสียง’* (Noise) รบกวนในระบบประสาทการสั่งการจึงนำไปสู่สภาวะของการจำกัดการกระทำ (Wulf & Lewthwaite, 2016)

ในด้านของการฝึกด้วยแรงต้านทั้งระยะสั้นและระยะยาว ถ้าการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นวัตถุประสงค์หลัก การใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในขณะฝึกซ้อมจะช่วยเพิ่มความล้าของกล้ามเนื้อ (Marchant et al., 2009) เพิ่มระดับความตึงเครียดของระบบเผาพลาญ ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ (Schoenfeld, 2010) และมีผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นเป็นลำดับต่อไป (Suchomel et al., 2018)

สมมติฐานการจำกัดการกระทำ

Schmidt et al. (2018) ได้อธิบาย และยกตัวอย่างเกี่ยวกับสมตติฐานการจำกัดการกระทำว่า “ให้จินตนาการว่าคุณใช้ระบบควบคุมความเร็วโดยอัตโนมัติ ขณะขับรถอยู่บนเส้นทางที่ไม่จำกัดความเร็ว สมมติว่าความเร็วของรถอยู่ที่ 112 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้าจราจรติดขัด และคุณไม่สามารถขับผ่านรถที่เคลื่อนตัวช้าไปได้ คุณจำเป็นต้องลดความเร็วลงเรื่อยๆ เพื่อรักษาระยะห่างระหว่างรถคันข้างหน้า คุณต้องหาวิธีจัดการอย่างรอบคอบ คุณเปรียบเทียบความเร็วของรถคุณ กับความเร็วของรถคันข้างหน้า และตัดสินใจว่าทำอย่างไรต่อ ระหว่างลดความเร็วลงกับเพิ่มความเร็ว กระบวนการนี้ต้องการความตั้งใจปานกลาง ลองคิดดูว่าคุณควบคุมความเร็วได้ยังไงโดยที่ไม่ใช้ระบบควบคุมความเร็วโดยอัตโนมัติ เท้าของคุณอยู่ที่คันเร่งซึ่งควบคุมความเร็วอย่างนุ่มนวล มันเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีจิตสำนึกมาควบคุม หรือตระหนักกับการเหยียบคันเร่ง นี่คือตัวอย่างว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมีผลต่อการเคลื่อนไหวอย่างไร” (Schmidt et al., 2018)

สภาวะการจำกัดการกระทำจะเกิดขึ้น เมื่อเพ่งความตั้งใจไปยังส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายทำให้เกิดการรบกวนระบบสั่งการโดยอัตโนมัติ โดยจำกัดการทำงานอย่างมีอิสระของระบบสั่งการส่งผลให้ประสิทธิภาพทางด้านการเคลื่อนไหวลดลงกว่าปกติ แต่ในทางกลับกัน การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะช่วยให้ระบบสั่งการโดยอัตโนมัติทำงานได้ดีขึ้น เพราะไม่มีการจำกัดการเคลื่อนไหว

ของร่างกาย ทำให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายทำงานสัมพันธ์กันและมีประสิทธิภาพมากกว่า (Magill & Anderson, 2014, Neumann, 2019, Wulf & Lewthwaite, 2016)

Wulf et al. (2001) ได้ทำการทดสอบสมมติฐานการจำกัดการกระทำ โดยใช้เครื่องวัดการทรงตัว (stabilometer) กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และใช้เครื่องมือวัดเวลาที่ใช้ในการตอบสนอง (probe reaction time) กับกลุ่มตัวอย่างขณะทดสอบการทรงตัว กลุ่มที่ได้รับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำให้สนใจมาร์คเกอร์ด้านหน้าของเท้า ส่วนกลุ่มที่ได้รับการเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำให้จัดเท้าให้ตรง ระหว่างนั้นกลุ่มตัวอย่างจะต้องกดปุ่มให้เร็วที่สุดเมื่อเห็นสัญญาณ Wulf et al. อธิบายว่าการใช้เครื่องมือวัดเวลาที่ใช้ในการตอบสนอง เป็นการทดสอบเพื่อประเมินการทำงานของระบบสั่งการโดยอัตโนมัติขณะที่กำลังกระทำงานใดงานหนึ่งอยู่ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก มีช่วงเวลาตอบสนองน้อยกว่ากลุ่มที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน จึงสรุปได้ว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกส่งผลต่อการตระหนักรู้น้อยลง เป็นผลให้ระบบสั่งการโดยอัตโนมัติทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นผลตรงข้ามกับสมมติฐานการจำกัดการกระทำที่รบกวนระบบสั่งการของร่างกาย (Wulf et al., 2001)

Kal et al. (2013) ได้ทำการศึกษาเพื่อพิสูจน์สมมติฐานการจำกัดการกระทำที่มีต่อการเคลื่อนไหวโดยอัตโนมัติ ใช้การทดสอบ cyclic one-leg extension-flexion task การเพ่งความตั้งใจจะถูกกำหนดตามคำแนะนำของผู้วิจัย ระดับของการเคลื่อนไหวอย่างอัตโนมัติจะถูกทดสอบด้วย dual task cost รวมถึงการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ เพื่อประเมินการเคลื่อนไหวอย่างราบลื่น และการเคลื่อนไหวอย่างปกติ ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกส่งผลดีต่อความสามารถทางการเคลื่อนไหวอย่างมีนัยสำคัญ (เช่น ใช้เวลาเคลื่อนไหวน้อยกว่า) เมื่อเปรียบเทียบกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ซึ่งมีค่า cognitive dual task cost สูงกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และไม่พบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ระหว่างการเพ่งความตั้งใจทั้งสองรูปแบบ ผลการทดลองได้ยืนยันตามสมมติฐานว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกส่งผลดีต่อการเคลื่อนไหวอย่างอัตโนมัติมากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และสนับสนุนสมมติฐานการจำกัดการกระทำ (Kal et al., 2013)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อ

Schoenfeld and Contreras (2016) นิยามว่า คือ กลยุทธ์ที่ใช้ในการจินตภาพมัดกล้ามเนื้อเพื่อกระตุ้นให้กระแสประสาทระดมไปที่กล้ามเนื้อ ส่งผลให้กล้ามเนื้อมัดนั้นมีการทำงานมากขึ้น และเป็นรูปแบบที่นักเพาะกายใช้ร่วมกับการฝึกซ้อมอย่างเป็นประจำ

งานวิจัยของ Snyder and Fry (2012) ได้ศึกษาความสามารถในการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อขณะยกน้ำหนัก โดยเลือกใช้ท่าเบนซ์เพลสในการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลที่มีประสบการณ์การฝึกเบนซ์เพลสอย่างน้อย 6 เดือน ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างจะต้องยกท่าเบนซ์เพลสที่น้ำหนัก 50% และ 80% ของ 1RM ยกทั้งหมด 3 รอบ รอบละ 3 ครั้ง โดยรอบแรกกลุ่มตัวอย่างจะไม่ได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการยก รอบที่สองกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำว่าให้ใช้กล้ามเนื้อหน้าอกเท่านั้น รอบที่สามได้รับคำแนะนำว่าให้ใช้กล้ามเนื้อหลังแขนเท่านั้น ผลการทดลองพบว่า ที่น้ำหนัก 50% ของ 1RM กลุ่มตัวอย่างสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าอกเมื่อได้รับคำแนะนำให้ใช้กล้ามเนื้อหน้าอกได้มากกว่ารอบที่ไม่ได้รับคำแนะนำถึง 22% และเมื่อได้รับคำแนะนำให้ใช้กล้ามเนื้อหลังแขนก็สามารถเพิ่มการทำงาน ได้มากกว่ารอบที่ไม่ได้รับคำแนะนำถึง 26% สำหรับน้ำหนัก 80% ของ 1RM พบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหน้าอกเมื่อได้รับคำแนะนำให้ใช้กล้ามเนื้อหน้าอกอย่างเดียวเท่านั้น ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าผู้ฝึกสามารถเลือกกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อได้มากกขึ้น เมื่อใช้น้ำหนักช่วงปานกลาง

งานวิจัยของ Calatayud et al. (2015) ได้ศึกษาการสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อที่มีต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่าฝึกเบนซ์เพลส กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำ จำนวน 18 คน ใช้น้ำหนักที่ 20, 40, 50, 60 และ 80% ของ 1RM ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำการสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อว่า *"ในขณะทำ ให้พยายามใช้กล้ามเนื้อหน้าอกเท่านั้น"* และ *"ในขณะทำ ให้พยายามใช้กล้ามเนื้อหลังแขนเท่านั้น"* ผลการทดลองพบว่า การสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อสามารถกระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อ ได้มากกว่ากว่ากลุ่มควบคุม ยกเว้นที่ความหนัก 80% พบว่า คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกัน จึงสรุปได้ว่าการสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อจะกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อได้เพิ่มขึ้น เมื่อใช้น้ำหนักช่วงปานกลาง

งานวิจัยของ Wakahara et al. (2011,2013) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของกล้ามเนื้อที่ทำงานแตกต่างกันที่มีต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า กล้ามเนื้อส่วนที่มีการทำงานมากกว่าสามารถเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนที่มีการทำงานน้อยกว่า จึงเป็นไปได้ว่า เมื่อ

ฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการสัมพันธ์กันระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อ อาจส่งผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการฝึกแบบปกติ

Schoenfeld et al. (2018) ได้ศึกษาผลของการเพ่งความตั้งแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ชายที่ไม่เคยฝึกด้วยแรงต้านจำนวน 30 คน แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำว่า *“เกร็งกล้ามเนื้อ”* กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า *“ยกน้ำหนักขึ้น”* ทั้งสองกลุ่มฝึกท่าบาร์เบลเคิร์ล และแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น จำนวน 8 – 12 ครั้ง จำนวน 4 เซ็ต ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่า กลุ่มการเพ่งความตั้งแบบภายในมีขนาดกล้ามเนื้อหน้าแขนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

กล่าวโดยสรุปว่า ความหมายของการสัมพันธ์กันระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อ ตรงกับลักษณะของการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน การเพ่งความตั้งใจไปที่การเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นผลให้กล้ามเนื้อทำงานมากกว่าปกติ เมื่อใช้ร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านจึงอาจช่วยพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อได้มากกว่ารูปแบบการฝึกปกติ

การวัดขนาดของกล้ามเนื้อ

ในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาการวัดขนาดของกล้ามเนื้อด้วยสมการการประเมินขนาดพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อ จากการวัดเส้นรอบวง (circumference measurements) และความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (skinfold measurements)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจากการวัดเส้นรอบวง และการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

Housh et al. (1995) ได้ศึกษาการประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อควอดไดเซพ กล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstrings) และกล้ามเนื้อต้นขาทั้งหมด โดยใช้สมการจากการวัดเส้นรอบวงและความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชาย อายุ 25±5 ปี จำนวน 43 คน ได้ทดสอบการวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และทำการวัดเส้นรอบวงของต้นขาตำแหน่งกลางของต้นขา และวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขา วิเคราะห์พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อควอดไดเซพ กล้ามเนื้อแฮมสตริ และกล้ามเนื้อต้นขาทั้งหมดด้วยการวิเคราะห์แบบการถดถอยพหุคูณ (multiple regression) โดยสุ่มการวัดขาข้างที่ถนัดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน ใช้การวิเคราะห์แบบไขว้ (cross-validation; CV) โดยแบ่งเป็น (a) ขาข้างที่ไม่ถนัดของกลุ่มแรก (N =

30) (b) ขาข้างที่ถนัดของกลุ่ม CV (N = 13) และ (c) ขาข้างที่ไม่ถนัดของกลุ่ม CV (N = 13) ผลการทดลองพบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสำหรับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อควอดไดเซพ กล้ามเนื้อแฮมสตริง และกล้ามเนื้อต้นขาทั้งหมด เท่ากับ 5.4 ถึง 14.4, 3.3 ถึง 5.5 และ 10.0 ถึง 25.4 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ (Housh et al., 1995) ผลการวิจัยสรุปว่า สมการการวัดพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อด้วยการวัดเส้นรอบวงของต้นขา และวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขาด้านหน้า สามารถนำมาใช้เพื่อประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อได้

DeFreitas et al. (2010) ได้เปรียบเทียบวิธีการประเมินการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อหลังจากฝึกด้วยแรงต้าน โดยเปรียบเทียบความเที่ยงตรงจากสูตรการประเมินพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อต้นขา 2 สูตร และการใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายที่ไม่เคยฝึกด้วยแรงต้าน ต้องฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ การประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจะวัดทั้งหมดสองรอบก่อนเริ่มต้นการฝึก และวัดความเที่ยงตรงทุก 2 สัปดาห์ตลอดกระบวนการทดลอง การประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อจะใช้เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ และสูตรการประเมินพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อของ Moritani กับ deVries (M+D) และสูตรการถดถอยพหุคูณ ของ Housh (HMR) โดยทำการเมินต้นขาด้านขวาของกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า สูตร M+D และ HMR มีค่าสหสัมพันธ์ภายในชั้น (intraclass correlation) เท่ากับ 0.983 และ 0.961 ตามลำดับ ทั้งสองสูตรประเมินพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อต้นขาต่ำอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ค่าความคลาดเคลื่อนมีความคงที่ แต่ทั้งสองสูตรสามารถแสดงผลการเปลี่ยนของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อได้ใกล้เคียงกับเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยสรุปว่า สูตรคำนวนพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ สามารถใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อได้ (DeFreitas et al., 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ

งานวิจัยในต่างประเทศ

Schoenfeld et al. (2018) ได้ศึกษาผลของการเพ่งความตั้งแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ชายที่ไม่เคยฝึกด้วยแรงต้านจำนวน 30 คน แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำว่า “เกร็งกล้ามเนื้อ” กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า “ยกน้ำหนักขึ้น” ทั้งสองกลุ่มฝึกท่าบาร์เบลเคิร์ล และแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่นเป็นจำนวน 8 – 12 ครั้ง จำนวน 4 เซ็ต ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการทดลอง

พบว่ากลุ่มการเพ่งความตั้งแบบภายในมีขนาดกล้ามเนื้อหน้าแขนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (12.4% กับ 6.9% ตามลำดับ) แต่ไม่พบความแตกต่างของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างทั้งสองกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามารถพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อช่วงบน ได้มากกว่ากล้ามเนื้อช่วงล่าง เนื่องจากระบบประสาทสามารถระดมหน่วยยนต์มายังรยางค์ช่วงบนได้มากกว่ารยางค์ช่วงล่าง และการควบคุมแรงในการงอข้อศอกก็ดีกว่าการควบคุมแรงในการเหยียดเข่า จึงอาจเป็นสาเหตุที่ขนาดของกล้ามเนื้อหน้าแขนพัฒนาได้มากกว่า

Nadzalan et al. (2019) ได้ศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้ชายสุขภาพดี จำนวน 30 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มควบคุม ก่อนเริ่มต้นการฝึกและหลังการฝึก ทดสอบค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งด้วยท่าสควอช และเดดลิฟต์ ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านด้วยท่าสควอช และเดดลิฟต์เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ โดยได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการเพ่งความตั้งใจที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มขณะฝึก ผลการทดลองพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มสามารถเพิ่มความแข็งแรงในท่าสควอช และเดดลิฟต์ แต่กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถเพิ่มร้อยละการเปลี่ยนแปลงได้มากกว่าอีกสองกลุ่ม ผลการวิจัยสรุปว่า การให้คำแนะนำการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกขณะฝึกด้วยแรงต้าน มีประสิทธิภาพต่อการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Nadzalan et al., 2019)

Taylor (2017) ได้ศึกษาผลของการเพ่งความตั้งใจร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้านที่มีต่อความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อย 5 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (EF) กับกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (IF) ทั้ง 2 กลุ่มฝึกโปรแกรมเดียวกัน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ วัดผลความแข็งแรงจากค่า 1RM ในท่าสควอชกับเดดลิฟต์ ผลการทดลองพบว่า ทั้ง 2 กลุ่มสามารถพัฒนาความแข็งแรงของท่าสควอชกับเดดลิฟต์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบก่อนฝึกและหลังฝึก (สควอช: IF = 4.75Kg ± 6.07Kg, EF = 10.24Kg ± 6.07Kg, เดดลิฟต์: IF = 5.00Kg ± 6.4Kg, EF = 9.79Kg ± 7.1Kg) กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถพัฒนาความแข็งแรง มากกว่ากลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายในอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับข้อสรุปว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีผลดีต่อสมรรถภาพทางการกีฬามากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (Taylor, 2017)

Ghanati et al. (2020) ได้ศึกษาการเพ่งความตั้งใจร่วมกับการฝึกประสาทกล้ามเนื้อที่มีต่อความแข็งแรงของสะโพก กลไกการแลนด์ดิ้งด้วยขาข้างเดียว (single-leg landing) และความสามารถ

ในการกระโดดขาเดียว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาชายจำนวน 66 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มควบคุม (ไม่มีการฝึก) ทั้งสามกลุ่มจะทดสอบเพื่อหาค่ามาตรฐาน และทดสอบอีกครั้งเมื่อครบ 8 สัปดาห์ การทดสอบประกอบด้วย การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกด้วยเครื่องไอโซคิกเนติก คิเนเมติกส์ของสะโพกและเข่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นขณะแลนด์ดิ้ง และระยะการกระโดดขาเดียว ผลการทดลองพบว่า การฝึกประสาทกล้ามเนื้อร่วมกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถพัฒนาความแข็งแรงของการกางสะโพก ลดองศาการหุบสะโพก และการหมุนเข้าด้านในขณะแลนด์ดิ้ง และเพิ่มระยะการกระโดดขาเดียว แต่การฝึกประสาทกล้ามเนื้อกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายในไม่มีผลต่อความสามารถดังกล่าว (Ghanati et al., 2022)

Calatayud et al. (2015) ได้ศึกษาผลของการสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อที่มีต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในท่าฝึกเบนซ์เพลส กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำ จำนวน 18 คน ใช้น้ำหนักในการทดสอบที่ 20, 40, 50, 60 และ 80% ของ 1RM ในการทดลองกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำการสัมพันธ์กันระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อว่า "ในขณะทำให้พยายามใช้กล้ามเนื้อหน้าอกเท่านั้น" และ "ในขณะทำให้พยายามใช้กล้ามเนื้อหลังแขนเท่านั้น" ผลการทดลองพบว่า การสัมพันธ์กันระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อสามารถกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ในช่วงน้ำหนัก 20% ถึง 60% ของ 1RM มากกว่าเงื่อนไขควบคุม แต่ความหนักที่ 80% ไม่พบความแตกต่างระหว่างทั้งสองเงื่อนไข จึงสรุปได้ว่า การสัมพันธ์กันระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อสามารถกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อได้เพิ่มขึ้น ในช่วงน้ำหนักปานกลาง

Calatayud et al. (2017) ได้ศึกษาผลของการสัมพันธ์ระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อร่วมกับการฝึกท่าวิดพื้นที่มีต่อคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ในกลุ่มคนที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำ กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ชายจำนวน 18 คน มีประสบการณ์การฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อยสองปี ฝึกอย่างน้อยสามวันต่อสัปดาห์ด้วยความหนักปานกลางถึงสูง การทดลองรอบที่ 1 จะประเมินความแข็งแรงของกลุ่มตัวอย่างด้วยการหา 1RM เบนซ์เพลส การทดลองรอบที่ 2 ให้ฝึกท่าวิดพื้นแบบปกติ และฝึกท่าวิดพื้นร่วมกับการเพ่งความตั้งใจไปที่การทำงานของกล้ามเนื้อหน้าอก และกล้ามเนื้อหลังแขน ผลการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีประสบการณ์การฝึกด้วยแรงต้านเฉลี่ย 8 ปี (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 6) และมีค่า 1RM เท่ากับ 1.25 เท่าต่อน้ำหนักตัว (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.28) สามารถเพิ่มคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อหน้าอกได้ 9% เมื่อเปรียบเทียบกับการทำวิดพื้นแบบปกติ คนที่มีประสบการณ์การฝึกด้วยแรงต้านสูงสามารถในการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อหลังแขน ได้มากกว่าผู้ที่มีประสบการณ์น้อย

กว่า จึงสรุปได้ว่า การสัมพันธ์กันระหว่างจิตกับกล้ามเนื้อสามารถกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อได้มากขึ้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการฝึกด้วยแรงต้าน (Calatayud et al., 2017)

Marchant et al. (2011) ได้ศึกษาผลของการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อความทนทานของกล้ามเนื้อ โดยใช้ท่าฝึก 3 ท่า ได้แก่ ท่าฝึกเสริมเบนซ์เสริม, เบนเพลส์ที่ความหนัก 75% ของ 1RM, สควอชที่ความหนัก 75% ของ 1RM ให้กลุ่มตัวอย่างทำแต่ละท่าด้วยด้วยจำนวนครั้งที่มากที่สุดจนไม่สามารถยกต่อได้อีก กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อยหนึ่งปี การทดลองในแต่ละท่าจะแบ่งออกเป็นสามวันไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งในแต่ละวัน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในการเพ่งความตั้งใจ โดยไม่มีคำแนะนำในวันควบคุม วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในจะได้รับคำแนะนำว่าให้เพ่งความตั้งใจไปที่แขนสำหรับท่าเบนซ์เพลส และขาสำหรับท่าสควอช วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่าให้เพ่งความตั้งใจไปที่บาร์เบล ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถเพิ่มจำนวนครั้งได้มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน

Marchant et al. (2017) ได้ศึกษาผลของการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าแบบเฉพาะเจาะจงมัดกล้ามเนื้อ ด้วยเครื่องไอโซคิเนติก โดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเป็นจำนวน 10 ครั้ง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่มีประสบการณ์ไม่น้อยกว่า 3 ปี จำนวน 20 คน การทดลองใช้เวลาหนึ่งวัน โดยให้กลุ่มตัวอย่างทำความคุ้นเคยกับท่าฝึก แล้วจึงสุ่มการเพ่งความตั้งใจให้กับกลุ่มตัวอย่าง ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามารถเพิ่มคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก แต่ไม่สามารถกระตุ้นคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้ออย่างเฉพาะเจาะจงในกล้ามเนื้อ vastus medialis ได้ และไม่พบความแตกต่างของความแข็งแรงระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

Halpern et al. (2016) ได้ศึกษาผลของการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อการสร้างแรงสูงสุดในกลุ่มนักกีฬาที่ฝึกอย่างเป็นประจำ โดยใช้ท่า isometric midthigh pull กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองเป็นจำนวน 3 วันแบบต่อเนื่องกัน วันที่หนึ่งคือการทำความคุ้นเคยกับรูปแบบการทดลอง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำแบบปกติว่า “ตั้งใจทำให้แรงและเร็วที่สุดเท่าที่สามารถทำได้” อีกสองวันจะเป็นการให้คำแนะนำแบบสุ่มระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำว่า “ตั้งใจเกร็งขาให้แรงและเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้” วันที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกจะได้รับคำแนะนำว่า “ตั้งใจเหยียบพื้นให้แรงและเร็วที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้” กลุ่มตัวอย่างจะยกท่า isometric midthigh pull 3 รอบบนเครื่องตรวจวัดแรงจากพื้น ผลการทดลองพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

สามารถสร้างแรงได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในอย่างมีนัยสำคัญถึง 9% และมากกว่าเงื่อนไขควบคุมถึง 3% จึงสรุปได้ว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกเพิ่มความสามารถในการสร้างแรง ซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

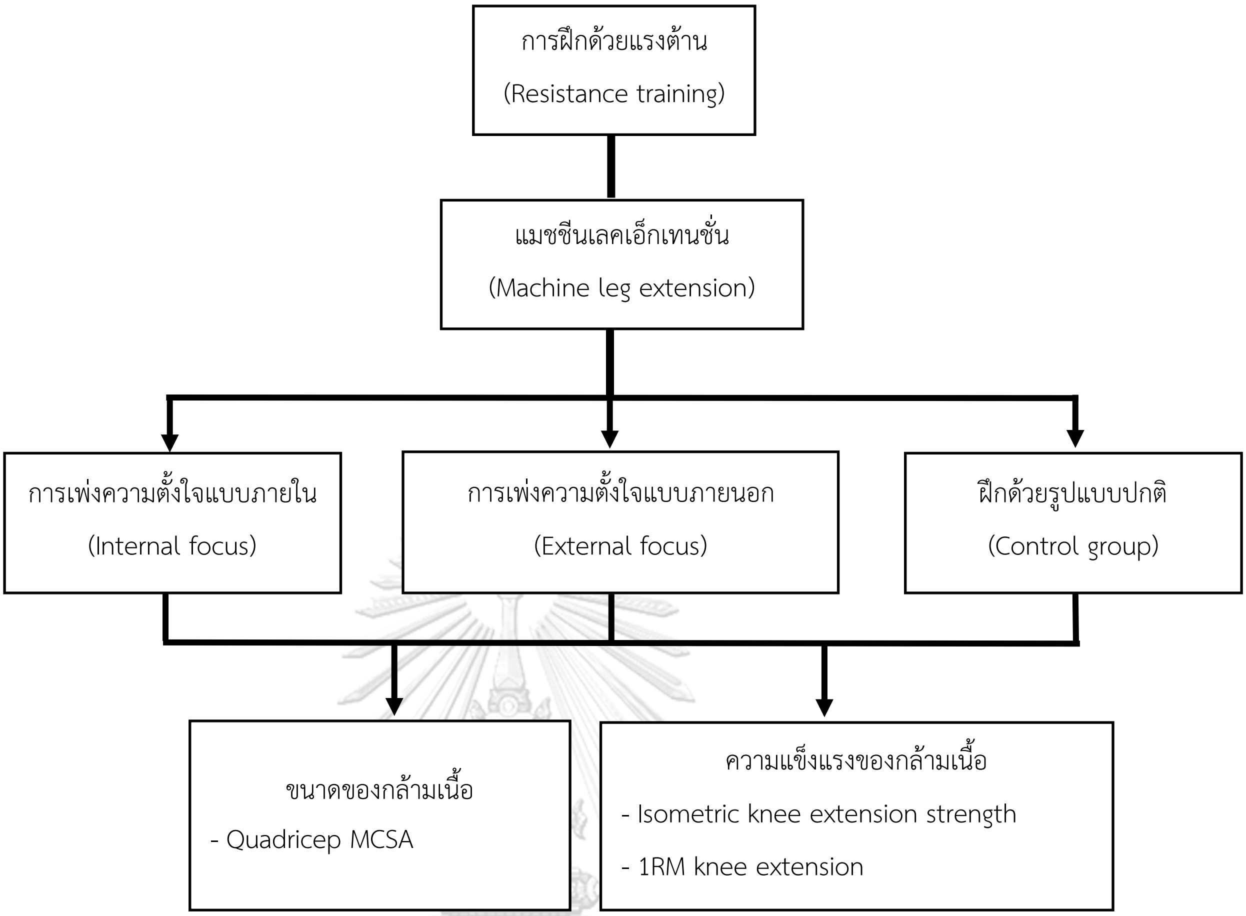
สรุปผลจากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มีการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจ โดยมุ่งเน้นผลที่สมรรถภาพทางการกีฬา เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการสร้างแรง พบว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีประสิทธิภาพด้านการฝึกเหนือกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน รวมถึงได้มีการพิสูจน์สมมติฐานว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน สามารถเพิ่มคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อมัดหลักที่ใช้ในการเคลื่อนไหวของท่าฝึกนั้นๆ อย่างไรก็ตาม มีเพียงการศึกษาเดียวเท่านั้นที่ทดสอบการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ หากแต่ยังไม่พบข้อสรุปที่แน่ชัดว่ารูปแบบการเพ่งความตั้งใจแบบใดมีผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อที่ดีกว่ากัน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ จะใช้การฝึกด้วยแรงต้านด้วยท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่นร่วมกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มควบคุม เพื่อศึกษาผลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ ได้แก่ พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง และผลต่อความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

กลุ่มตัวอย่างและวิธีการจัดกลุ่ม

นิสิตเพศชายที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน มีอายุระหว่าง 18 – 30 ปี ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power เวอร์ชั่น 3.1.9.7 โดยกำหนดให้ขนาดอิทธิพล (effect size) เท่ากับ 0.60 ซึ่งคำนวณจากขนาดอิทธิพลของ Schoenfeld et al. (2018) ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และอำนาจการทดสอบ (power of statistical) เท่ากับ 0.80 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 24 คน เพื่อป้องกันการถอนตัวจากการวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนของกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 เป็น 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน ใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มด้วยการสุ่มแบบมีระบบ กำหนดจากค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยเรียงจากน้อยไปมาก และจัดเข้ากลุ่มโดยเรียงตามลำดับกลุ่ม แบ่งกลุ่มดังนี้

	กลุ่มที่ 1	กลุ่มที่ 2	กลุ่มที่ 3
	1	2	3
	6	5	4
ลำดับที่	-	-	-
	-	-	-
	30	29	28

แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน โดยมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับคำแนะนำให้ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน

กลุ่มที่ 2 ได้รับคำแนะนำให้ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก

กลุ่มที่ 3 ได้รับคำแนะนำให้ฝึกแบบปกติ

เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย (Inclusion criteria)

1. เป็นผู้ชายอายุ 18 - 30 ปี

2. ไม่ได้เข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน

3. ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการสั่งการกล้ามเนื้อ และอาการบาดเจ็บเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อที่ส่งผลต่อการเข้าร่วมการวิจัย หรือถ้ามีอาการบาดเจ็บต้องมีใบรับรองจากแพทย์อย่างน้อย 1 เดือนก่อนเข้าร่วมการวิจัย

4. ไม่เคยใช้สารกระตุ้นประเภทสเตรียรอยด์ที่ส่งผลต่อฮอร์โมน ซึ่งมีส่วนช่วยพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

5. ผ่านการประเมินจากแบบสอบถามเกี่ยวกับความพร้อมในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป (PAR-Q+)

6. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย (Exclusion criteria)

1. เกิดเหตุสุดวิสัย เช่น ป่วย มีอาการบาดเจ็บจากการวิจัย หรือสาเหตุอื่นที่เป็นอุปสรรคต่อการฝึกและการทดลอง

2. เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่า 16 ครั้ง จากทั้งหมด 18 ครั้ง ตลอดช่วงระยะเวลาในการฝึก

3. ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านเพิ่มเติมนอกเหนือจากโปรแกรมการฝึก ขณะเข้าร่วมการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การตรวจสอบข้อมูลและออกแบบโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อการเพ่งความตั้งใจ, การฝึกด้วยแรงต้าน, การฝึกเพื่อพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และสร้างโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา โดยใช้ท่าฝึกแมคชีนเลคเอ็กเทนชั่น รวมถึงศึกษาวิธีการใช้เครื่องมือในการทดสอบ

2. ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน และเครื่องมือในการทดสอบโดยวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) แล้วประเมินความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของแบบฝึก (item objective congruence; IOC) โดยมีค่า IOC เท่ากับ 0.95 จากนั้นจึงแก้ไขโปรแกรมการฝึกตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

3. ผู้วิจัยจัดทำเอกสารเพื่อขออนุมัติจริยธรรมงานวิจัยต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมงานวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 และแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างโดยทำการติดใบประชาสัมพันธ์เชิญชวนเข้าร่วมการวิจัย ในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อออนไลน์ในเฟซบุ้ค (facebook)

ขั้นตอนการทดลองและเก็บข้อมูล

1. ผู้วิจัยนัดหมายกลุ่มตัวอย่างที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามเบื้องต้น และแบบสอบถามเกี่ยวกับความพร้อมในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป (PAR-Q+) (Warburton et al., 2021) (ภาคผนวก จ) โดยใช้ระยะเวลาในการคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย 10 นาทีต่อคน และคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยใช้เกณฑ์การคัดคนเข้าจากแบบสอบถามเบื้องต้น และแบบสอบถามเกี่ยวกับความพร้อมในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป และชี้แจงรายละเอียดของกระบวนการวิจัย โปรแกรมการฝึก และข้อห้ามระหว่างเข้าร่วมกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยินยอมการเข้าร่วมด้วยการลงนามในหนังสือยินยอม และผู้วิจัยจะชี้แจงการเตรียมตัวก่อนมาทดสอบ โดยให้กลุ่มตัวอย่างละเว้นจากการออกกำลังกายทุกชนิดอย่างน้อย 2 วัน และให้แต่งกายด้วยชุดกีฬา กางเกงขาสั้น สวมรองเท้าผ้าใบมาในวันทดสอบ และทุกครั้งที่มีการฝึก

2. ผู้วิจัยจะอธิบายความเสี่ยงระหว่างเข้าร่วมกระบวนการวิจัย ว่าเป็นรูปแบบที่มีความปลอดภัย ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาและตรวจสอบอย่างรอบคอบ ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้วิจัย เพื่อป้องกันความเสี่ยงหรืออันตรายที่อาจจะเกิดขณะเข้าร่วมการวิจัย ได้แก่ การอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนเริ่มต้นการทดสอบและการฝึก และการผ่อนคลายร่างกายหลังสิ้นสุดการทดสอบและการฝึก ผู้วิจัยจะชี้แจงสาเหตุของอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ซึ่งอาการดังกล่าวสามารถเกิดขึ้นได้จากการฝึกด้วยแรงต้าน หากผู้เข้าร่วมการวิจัยมีอาการบาดเจ็บรุนแรงจากการเข้าร่วมกระบวนการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่ารักษาพยาบาล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. มาตรการป้องกันโรคโควิด-19 (COVID-19)

- ก่อนเข้าร่วมการทดสอบและการฝึก ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องตอบแบบสอบถามประเมินความเสี่ยงโรคโควิด-19 หากพบว่ามีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ ผู้วิจัยจะเลื่อนการทดสอบและการฝึกของผู้เข้าร่วมการวิจัยท่านนั้นออกไป
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการวิจัยจะไม่มีการใช้ซ้ำ สำหรับเครื่องมือการวิจัยผู้วิจัยจะทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ หรือน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยลำดับต่อไป

- ผู้วิจัย ผู้ช่วยการวิจัย และผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่เข้าร่วมกระบวนการวิจัย

- จัดเตรียมแอลกอฮอล์เจลล้างมือให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยขณะเข้าร่วมกระบวนการวิจัย

4. ทำการทดสอบก่อนการฝึก โดยแบ่งการทดสอบออกเป็นดังนี้

4.1 การวัดองค์ประกอบของร่างกาย (ภาคผนวก ค) ได้แก่ น้ำหนัก (กิโลกรัม) ส่วนสูง (เซนติเมตร) ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน

4.2 การวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากการวัดเส้นรอบวงของต้นขาตำแหน่งกึ่งกลางของต้นขา และความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขาด้านหน้า (ภาคผนวก ค) มีหน่วยเป็นตารางเซนติเมตร และคำนวนด้วยสมการการถดถอยพหุคูณ ของ Housh et al. (1995) ซึ่งสมการดังกล่าวสามารถนำมาใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่หน้าตัดกล้ามเนื้อ และการประเมินมีความใกล้เคียงกับการวัดด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (DeFreitas et al., 2010) ด้วยสมการ ดังนี้

พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า = (2.52 x เส้นรอบวงของต้นขาตำแหน่งกลางเป็นเซนติเมตร) – (1.25 x ความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขาด้านหน้าเป็นมิลลิเมตร) – 45.13

4.2.1 การวัดเส้นรอบวงของต้นขา กับความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขาด้านหน้าจะทำการวัดทั้งหมด 3 รอบแล้วหาค่าเฉลี่ย

4.3 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง จะใช้เครื่องไอโซคิเนติก เพื่อประเมินความแข็งแรง (ภาคผนวก ค)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.1 ก่อนเริ่มการทดสอบ ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ และทำความคุ้นเคยกับเครื่องไอโซคิเนติก ด้วยการเหยียดขาเป็นทั้งหมด 5 ครั้ง

4.3.2 เริ่มการทดสอบ ให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงเหยียดขาสูงสุดเป็นเวลา 5 วินาที ทำทั้งหมด 2 รอบ แต่ละรอบพัก 60 วินาที ระหว่างการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำว่า “ออกแรงเตะขาให้ได้มากที่สุด” เก็บข้อมูลจากค่าสูงสุดที่ได้ มีหน่วยเป็นนิวตัน

4.4 การวัดความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า จะใช้เครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น โดยอ้างอิงการทดสอบของ Haff & Triplett (2015) (ภาคผนวก ค)

4.4.1 ก่อนเริ่มต้นการทดสอบ ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายด้วยแรงต้านน้ำหนักเบา จำนวน 5 ถึง 10 ครั้ง

4.4.2 เริ่มการทดสอบ ให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงเหยียดขาดันน้ำหนักขึ้น จากจุดเริ่มต้นของการงอเข่าที่มุม 90 องศา จนสามารถเหยียดขาได้ตรงที่มุม 0 องศา การทดสอบจะหยุด

เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัย ไม่สามารถออกแรงเหยียดขาได้เต็มระยะที่ระบุไว้ โดยมีช่วงพักรอบละ 120 วินาที ระหว่างการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำว่า “ออกแรงเตะขาให้ได้มากที่สุด”

4.4.3 การทดสอบจะใช้การประเมินจำนวนครั้งเพื่อหาค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง ตามสูตรการคำนวณของ Brzycki (1993) ผู้วิจัยจะกำหนดน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างทำในช่วงจำนวน 5 – 10 ครั้งจนไม่สามารถยกน้ำหนักต่อด้วยท่าทางที่ถูกต้อง ทดสอบเป็นจำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบเป็นเวลา 3 นาที เลือกค่าน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างสามารถยกได้เยอะที่สุดด้วยท่าทางที่ถูกต้อง และคำนวณเป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

หมายเหตุ

- การวัดขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง จะวัดขาข้างที่ถนัดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้คำถามว่า “ใช้ขาข้างไหนเตะลูกบอล” (van Melick et al., 2017)

- ก่อนเริ่มต้นการวัดขนาดของกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างผ่อนคลายกล้ามเนื้อเพื่อให้ของเหลวบริเวณต้นขากลับสู่สภาวะปกติ ก่อนเริ่มต้นกระบวนการวัด

5. แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มควบคุม

5.1 ก่อนเริ่มโปรแกรมการฝึก ผู้วิจัยจะให้ทั้งสามกลุ่มฝึกความคุ้นเคยกับท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จำนวน 2 รอบ ผู้วิจัยจะประเมินว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยมีความคุ้นเคยกับท่าฝึกแล้วจากวิธีปฏิบัติท่าฝึก (ภาคผนวก ข) หากผู้เข้าร่วมการวิจัยยังไม่สามารถปฏิบัติท่าฝึกได้อย่างถูกต้อง ผู้วิจัยจะนัดหมายผู้เข้าร่วมการวิจัยเพิ่มเติม สำหรับกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ผู้วิจัยจะใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ต้นขาด้านหน้า เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมองเห็นการทำงานของกล้ามเนื้อขณะฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน

5.2 ทั้งสามกลุ่มจะฝึกด้วยแรงต้านด้วยเครื่องฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น โดยมีรายละเอียดแบ่งเป็นข้อย่อยดังต่อไปนี้

- ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ ไม่ต่อเนื่องกัน โดยมีระยะห่างอย่างน้อย 1 วัน
- ฝึกจำนวน 4 เซ็ต จำนวน 8 - 12 ครั้งต่อเซ็ต
- พักระหว่างเซ็ต 90 วินาที
- น้ำหนักเริ่มต้น 60% ของ 1RM และเพิ่มขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 ขึ้นไป ดังตารางที่ 2
- ทั้งสามกลุ่มจะต้องฝึกจนถึงจุดล้มเหลว หรือใกล้เคียงกับจุดล้มเหลว หรือไม่สามารถยกต่อด้วยท่าทางที่ถูกต้อง หากสามารถยกได้มากกว่าจำนวน 12 ครั้ง ผู้วิจัยจะเพิ่มน้ำหนัก

เพื่อให้จำนวนครั้งอยู่ในกรอบที่กำหนด เพื่อป้องกันไม่ให้ปริมาณการฝึกของกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งมากกว่าหรือน้อยกว่ากัน

- กำหนดระยะเวลาการเคลื่อนไหว โดยจังหวะเหยียดขาขึ้น 2 วินาที จังหวะค้างตอนขาเหยียดสุด 1 วินาที จังหวะผ่อนขากลับสู่ท่าเริ่มต้น 2 วินาที

	สัปดาห์ที่ 1	**สัปดาห์ที่ 2**	**สัปดาห์ที่ 3**	**สัปดาห์ที่ 4**	**สัปดาห์ที่ 5**	**สัปดาห์ที่ 6**
จำนวนครั้ง	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12
น้ำหนัก (%1RM)	60%	60%	65%	65%	70%	70%
จำนวนเซ็ต	4	4	4	4	4	4
เวลาพักต่อเซ็ต	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที

ตารางที่ 2 โปรแกรมการฝึก

5.3 ทั้งสามกลุ่มจะได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับการเพ่งความตั้งใจที่แตกต่างกันดังต่อไปนี้

- กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ได้รับคำแนะนำว่า “เกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยเหยียดขาให้ตรงที่สุด”

- กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก ได้รับคำแนะนำว่า “ให้ดันเบาะรองขึ้นจนขนานพื้น”

- กลุ่มควบคุม ได้รับคำแนะนำว่า “ทำให้เต็มที่ตามจำนวนครั้งที่กำหนด”

5.3.1 ผู้วิจัยจะเป็นผู้ควบคุมให้กลุ่มตัวอย่างทำตามโปรแกรมการฝึก โดยกำหนดให้ทั้งสามกลุ่มเข้ารับการฝึกในวันจันทร์ พุธ ศุกร์ และกำหนดช่วงเวลาที่แต่ละกลุ่มจะเข้ามาฝึกแตกต่างกันดังนี้

- กลุ่มที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ช่วงเวลา 10.00 – 12.00 น.
- กลุ่มที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก ช่วงเวลา 12.00 – 14.00 น.
- กลุ่มควบคุม 14.00 – 16.00 น.

5.3.2 ระหว่างเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก ถ้าหากกลุ่มตัวอย่างไม่สามารถเข้าร่วมตามวันเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างเข้ามารับการฝึกในวันถัดไปเพื่อให้ครบรอบการฝึกต่อสัปดาห์ และทำการนัดหมายกลุ่มตัวอย่างตามวันเวลาเดิมที่กำหนดในสัปดาห์ถัดไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3.3 ผู้วิจัยจะแนะนำให้กลุ่มตัวอย่างรับประทานอาหารก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก

5.4 การฝึกสัปดาห์ที่ 1 ผู้วิจัยจะใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ากับผู้เข้าร่วมการวิจัย (ภาคผนวก ค)

5.4.1 นำข้อมูลของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมาจัดการสัญญาณด้วยโปรแกรม EMG and motion Tools Cometa (ประเทศอิตาลี) โดยคลื่นไฟฟ้าของกล้ามที่ได้จากการทดสอบจะถูกนำมากรองสัญญาณด้วยวิธีการ Butterworth digital filter ที่ 10-500 Hz แล้วนำ roots mean square ของจำนวนครั้งที่ฝึกในช่วงแรก (ครั้งที่ 1 – 3) ช่วงกลาง (ครั้งที่ 6 – 7) และช่วงปลาย (ครั้งที่ 11 – 12) มาหาค่าเฉลี่ยของกล้ามเนื้อ และ normalize ข้อมูลด้วยค่าการทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (maximum voluntary contraction; MVC) มาหาค่าร้อยละการทำงานของกล้ามเนื้อ rectus femoris และ vastus lateralis

5.4.2 ถ้าหากกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อต่ำกว่าในช่วงฝึกความคุ้นเคย ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างฝึกการเพ่งความตั้งใจแบบภายในใหม่ โดยใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะฝึกด้วยท่าแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมองเห็นการทำงานของกล้ามเนื้อ แล้วประเมินอีกครั้งในรอบการฝึกถัดไป ถ้ากลุ่มตัวอย่างมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อต่ำกว่าช่วงฝึกความคุ้นเคยเกิน 2 รอบ ผู้วิจัยจะให้กลุ่มตัวอย่างดำเนินการฝึกต่อ และรายงานผลตามความเป็นจริง

5.4.3 ทำการทดสอบอีกครั้งในสัปดาห์ที่ 6

5.5 ผู้เข้าร่วมการวิจัยตอบแบบสอบถามหลังการฝึกทุกครั้ง

5.6 ผู้วิจัยแนะนำให้ทั้งสามกลุ่มรับประทานอาหารตามปกติ และหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารเสริมโปรตีนตลอดการเข้าร่วมการทดลอง กลุ่มตัวอย่างต้องบันทึกรายละเอียดการรับประทานอาหารด้วยตนเองผ่านโปรแกรม MyFitnessPal (https://www.myfitnesspal.com) โดยกำหนดให้บันทึกในวันที่มีการฝึกเท่ากับ 3 วันต่อสัปดาห์ จนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก กลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำในการบันทึกค่าพลังงานที่ได้รับในแต่ละครั้ง ค่าโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดตร ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลสอบ 3 รอบ ได้แก่ สัปดาห์ที่ 1 สัปดาห์ที่ 3 สัปดาห์ที่ 6 ของโปรแกรมการฝึก

6. ทำการทดสอบหลังการฝึกตามข้อ 4.

7. วิเคราะห์ผล สรุปผลการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องไอโซคิเนติก ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX multiple joint system pro 3 ผลิตโดยบริษัท Physiomed AG ประเทศเยอรมนี

2. เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย รุ่น ACCUNIQ BC510 ผลิตโดยบริษัท ACCUNIQ ประเทศเกาหลีใต้

3. เครื่องฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ยี่ห้อ Technogym รุ่น selection ประเทศอิตาลี

4. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Wave wireless EMG miniwave waterproof: Cometa 5 channel ประเทศอิตาลี

5. โปรแกรม EMG and motion Tools Cometa (ประเทศอิตาลี)

6. สายวัด

7. เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (Lange Skinfold Caliper)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้สถานที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล คือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา, ศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยใช้ระยะเวลาการเก็บข้อมูลประมาณ 10 สัปดาห์ และข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการวิจัยจะถูกนำเสนอโดยไม่ระบุตัวตนของผู้เข้าร่วมการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. นำข้อมูลมาหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ด้วยสถิติ Two-factor Mixed-design ANOVA with repeated measure กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Fisher’s Least Significant Different (LSD)

3. วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ด้วยสถิติ One-way ANOVA กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หากพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จะเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Fisher’s Least Significant Different (LSD)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (INT) กลุ่มที่ 2 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (EXT) และกลุ่มที่ 3 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านด้วยรูปแบบปกติ (CON) กลุ่มตัวอย่างได้รับการทดสอบความแข็งแรง และวัดขนาดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าก่อนฝึกและหลังฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล และเปรียบเทียบทางสถิติ ด้วยโปรแกรมทางสถิติสำเร็จรูป IBM SPSS statistics 29.0 กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียง โดยแบ่งการนำเสนอออกเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลพื้นฐาน

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ก่อนฝึกและหลังฝึก 6 สัปดาห์ และเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบผสม (Two-factor Mixed-design ANOVA)

ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 และช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 6 เปรียบเทียบระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของข้อมูลพื้นฐาน

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ก่อนฝึกและหลังฝึกของทั้ง 3 กลุ่ม

ข้อมูลพื้นฐาน	**ช่วงฝึก**	**กลุ่ม**		
		กลุ่ม INT (n=8)	**กลุ่ม EXT** (n=8)	**กลุ่ม CON** (n=8)
อายุ (ปี)		26.25±3.24	25.50±4.07	24.25±4.10
ส่วนสูง (เซนติเมตร)		174±5.63	173.25±6.18	171.75±3.11
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	ก่อนฝึก	75.14±12.03	78.68±11.61	77.52±10.04
	หลังฝึก	73.92±10.72	78.47±11.26	77.01±10.00
ดัชนีมวลกาย (BMI)	ก่อนฝึก	24.55±2.81	26.02±3.60	26.28±2.75
(กิโลกรัม/เมตร^2)	หลังฝึก	24.20±2.59	25.95±3.50	26.16±2.72
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (% FAT)	ก่อนฝึก	23.45±3.62	23.76±6.58	24.85±5.06
	หลังฝึก	23.20±3.58	23.41±7.05	24.75±4.56

จากตารางที่ 3 พบว่า อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมัน ของทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ก่อนฝึกและหลังฝึก 6 สัปดาห์ และเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบผสม (Two-factor Mixed-design ANOVA)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบก่อนฝึกและหลังฝึกของทั้ง 3 กลุ่มด้วยวิธี Bonferroni และวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม

ตัวแปร	กลุ่ม	ก่อนฝึก	หลังฝึก	% การเปลี่ยนแปลง	p	ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม	
พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (ตารางเซนติเมตร)	INT	69.41±10.2	71.13±9.13	3%	.008		
	EXT	74.94±8.67	76.51±8.06	2%	.014	.98	.39
	CON	74.41±7.63	75.85±7.51	2%	.022		
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง (นิวตัน)	INT	206.58±63.71	233.59±64.39	14%	<.001		
	EXT	189.89±39.63	208.00±46.06	9%	.005	.89	.43
	CON	219.78±47.83	246.64±48.96	13%	<.001		
ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า (กิโลกรัม)	INT	87.88±15.88	100.13±18.13	14%	<.001		
	EXT	81.88±12.81	98.50±9.84	22%	<.001	.78	.47
	CON	92.13±17.55	106.63±14.43	17%	<.001		

จากตารางที่ 4 พบว่า พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าของทั้ง 3 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอิทธิพลหลัก ของค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้างของทั้ง 3 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอิทธิพลหลัก ของค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าของทั้ง 3 กลุ่ม มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของอิทธิพลหลัก ของค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม

ตอนที่ 3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า และเปรียบเทียบระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA)

ตารางที่ 5 วิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม และเปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ	ช่วงฝึก	กลุ่ม			ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม		เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม p - value		
		INT	EXT	CON	f	P	INT vs. EXT	INT vs. CON	EXT vs. CON
Rectus femoris (%MVC)	สัปดาห์ 1	15.15±1.30	13.85±0.71	13.39±1.31	5.10	.01	.03	.00	.43
	สัปดาห์ 6	15.86±1.38	14.03±1.23	13.96±0.62	7.35	.004	.00	.00	.91
Vastus lateralis (%MVC)	สัปดาห์ 1	16.10±1.98	13.99±1.60	14.66±0.67	4.04	.03	.01	.07	.39
	สัปดาห์ 6	16.60±1.27	14.43±1.43	14.98±0.54	7.79	.00	.001	.01	.35

จากตารางที่ 5 พบว่า ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ rectus femoris มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 และในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 6 เมื่อเปรียบเทียบแบบรายคู่ด้วยวิธี Fisher’s Least Significant Different (LSD) พบว่า กลุ่ม INT มีความแตกต่างจากกลุ่ม EXT และกลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม EXT และกลุ่ม CON

ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ vastus lateralis ในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบแบบรายคู่ด้วยวิธี LSD พบว่า กลุ่ม INT มีความแตกต่างจากกลุ่ม EXT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม CON และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม EXT และกลุ่ม CON

ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ vastus lateralis ในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 6 มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบแบบรายคู่ด้วยวิธี LSD พบว่า กลุ่ม INT มีความแตกต่างจากกลุ่ม EXT และกลุ่ม CON อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม EXT และกลุ่ม CON

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำมาไม่น้อยกว่า 6 เดือน มีอายุระหว่าง 18 - 30 ปี จำนวน 24 คน (เนื่องจากมีการถอนตัวจากกระบวนการวิจัยจำนวน 6 คน) แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8 คน ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กลุ่มที่ 2 กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มที่ 3 กลุ่มฝึกด้วยรูปแบบปกติ ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยแรงต้านด้วยท่าแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น แบ่งการฝึกออกเป็น 3 วันต่อสัปดาห์ รอบละ 4 เซ็ต น้ำหนักเริ่มต้น 60% ของ 1RM ของสัปดาห์ที่ 1 – 2 และ 65% ของ 1RM สัปดาห์ที่ 3 – 4 และเพิ่มเป็น 70% ของ 1RM สัปดาห์ที่ 5 – 6

ก่อนและหลังฝึก มีการทดสอบตัวแปรทางข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ของไขมันในร่างกาย ตัวแปรสมรรถภาพ ได้แก่ พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (คำนวณจากเส้นรอบวงของต้นขา และความหนาของไขมันต้นขาด้านหน้า) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง และความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความแตกต่างก่อนและหลังฝึกของทั้ง 3 กลุ่ม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนสองทางแบบผสม (Two-factor Mixed-design ANOVA)

ในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 และฝึกสัปดาห์ที่ 6 ทั้ง 3 กลุ่มได้ทดสอบคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพื่อประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อ วิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่ ด้วยวิธี Fisher's Least Significant Different (LSD) กำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิจัยพบว่า

1. ข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน ทั้ง 3 กลุ่มไม่มีความแตกต่างภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

2. ทั้ง 3 กลุ่มมีค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 หลังจากฝึก 6 สัปดาห์

3. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ระหว่างกลุ่มที่ 1 กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ต่อผลของค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

เหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า หลังจากฝึก 6 สัปดาห์

4. ในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 พบความแตกต่างของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ rectus femoris ของกลุ่มที่ 1 มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3 และพบความแตกต่างของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ vastus lateralis ของกลุ่มที่ 1 มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ 3 และไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3

5. ในช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 6 พบความแตกต่างของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ rectus femoris และ vastus lateralis ของกลุ่มที่ 1 มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่ 2 กับกลุ่มที่ 3

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานในการศึกษาวิจัยที่ตั้งไว้ว่า การฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (internal focus) สามารถพัฒนาขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก (External focus) หลังจากดำเนินกระบวนการฝึกและการทดสอบ สามารถแบ่งการอภิปรายออกเป็น 2 หัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. ผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

ในการศึกษาก่อนหน้าเกี่ยวกับการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อส่วนมากพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกสามารถพัฒนาความสามารถของผู้ฝึก รวมไปถึงการแสดงออกของพลัง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้มากกว่าการเพ่งความตั้งแบบภายใน ทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว (Grgic et al., 2021; Halperin et al., 2016; Nadzalan et al., 2019; Taylor, 2017) ผลการศึกษาครั้งนี้นำเสนอผลตรงกันข้าม จากการทดสอบตัวแปรด้านความแข็งแรงทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง และความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าพบว่า ทั้ง 3 กลุ่มสามารถพัฒนาความแข็งแรงได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากฝึกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Schoenfeld และคณะ (2018) ที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps femoris) ในกลุ่มผู้ที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน ซึ่งสาเหตุดังกล่าวอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างภายในของกล้ามเนื้อ จากการสังเคราะห์จำนวนของปฏิสัมพันธ์ครอสบิส (cross-bridge interactions) ระหว่างแอคติน (actin) และมัยโอซิน (myosin)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการสร้างแรงของกล้ามเนื้อ (Suchomel et al., 2018) เนื่องจากทั้ง 3 กลุ่ม ต่างมีอัตราของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพิ่มขึ้นในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน (กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน 3%, กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก 2%, กลุ่มฝึกด้วยรูปแบบปกติ 2%) นอกจากนั้นแล้วยังมีปัจจัยด้านการปรับตัวทางระบบประสาท เช่น การระดมหน่วยยนต์ (motor unit recruitment) จากการฝึกด้วยแรงต้าน จะกระตุ้นหน่วยยนต์ขนาดใหญ่ (larger motor unit) มายังเส้นใยกล้ามเนื้อประเภทหดตัวเร็ว (fast twitch type 2) เพื่อออกแรงต้านกับน้ำหนักจากภายนอก (Henneman et al., 1965) เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้ที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำ การเปลี่ยนแปลงด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในช่วงระยะแรกของการฝึก จึงอาจเกิดจากการพัฒนาระบบประสาทสั่งการกล้ามเนื้อในผู้ที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้าน (Hakkinen et al., 1998; Moritani, 1979) ซึ่งพบหลักฐานยืนยันว่าผู้ที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านมีอัตราการตอบสนอง ต่อสมรรถภาพด้านความแข็งแรงสูงถึง 20% มากกว่าผู้ที่ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำ (Ahtiainen et al., 2003) จึงเป็นไปได้ว่า ทั้ง 3 กลุ่มต่างมีการตอบสนองต่อการฝึกด้วยแรงต้านในอัตราที่สูงใกล้เคียงกัน จึงทำให้ความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่มากเพียงพอที่จะทำให้เกิดนัยสำคัญทางสถิติ

นอกจากนั้นแล้ว เมื่อพิจารณาจากโปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้านในการศึกษาครั้งนี้ ทั้ง 3 กลุ่มฝึกด้วยท่าออกกำลังกายเดียวกัน น้ำหนักของแรงต้านเท่ากัน (60 - 70% 1RM) จำนวนครั้งถึงจุดล้มเหลว หรือใกล้เคียงกับจุดล้มเหลว หากแต่ใช้รูปแบบการเพ่งความตั้งใจแตกต่างกัน จึงเป็นไปได้ว่าความหนักของโปรแกรมการฝึก (intensity) มีอิทธิพลเหนือกว่าอิทธิพลที่จะได้รับจากการเพ่งความตั้งใจ ซึ่งสมมติฐานดังกล่าวได้รับการยืนยันจากการศึกษาของ Herbert และคณะ (1998) ที่เปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อระหว่างการฝึกด้วยจินตภาพการเกร็งกล้ามเนื้อ กับการฝึกด้วยแรงต้านจากน้ำหนักภายนอก พบว่า การฝึกด้วยแรงต้านจากน้ำหนักภายนอกสามารถพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ 17.8 % แต่การฝึกด้วยการจินตภาพว่าเกร็งกล้ามเนื้อพัฒนาความแข็งแรงได้เพียง 6.8% ($p < 0.01$) (Herbert et al., 1998) แสดงให้เห็นได้ว่า ผลของการฝึกด้วยแรงต้านจากน้ำหนักภายนอกมีอิทธิพลเหนือกว่า ผลจากการฝึกด้วยกลไกทางจิตวิทยาเพียงอย่างเดียว และอีกหนึ่งปัจจัยที่อาจส่งผลต่อค่าความแข็งแรงของทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง คือ กระบวนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 2 รูปแบบ ขณะทดสอบความแข็งแรงทั้งก่อนฝึกและหลังฝึก กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้รับคำแนะนำเหมือนกันว่า “ออกแรงเตะขาให้ได้มากที่สุด” ซึ่งคำแนะนำดังกล่าว อาจส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างตอบสนองต่อการออกแรงสูงสุดเพื่อสู้กับแรงต้านจากภายนอก (Grgic et al., 2021) เช่น ในการศึกษาของ Halperin และคณะ (2016) พบว่า เมื่อให้กลุ่มตัวอย่างเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกในท่า isometric mid-thigh pull สามารถเพิ่มกำลังในการออกแรงได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มากกว่า 9 % เมื่อเปรียบเทียบกับการการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน (p < .001) ซึ่งเหตุผลดังกล่าวจึงอาจส่งผลให้ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของทั้ง 3 กลุ่มมีอัตราที่ใกล้เคียงกัน

2. ผลต่อขนาดของกล้ามเนื้อ

จากผลการวิจัยในการศึกษาครั้งนี้ ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม เช่นเดียวกับการศึกษาก่อนหน้าของ Schoenfeld และคณะ (2018) ที่ไม่พบความแตกต่างของกล้ามเนื้อ quadriceps femoris ระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งแบบภายนอก แต่พบความแตกต่างของกล้ามเนื้อ elbow flexor ในกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก ผลดังกล่าวสามารถอ้างอิงได้จากการอภิปรายผลในการศึกษาของ Schoenfeld และคณะ ซึ่งได้เสนอสมมติฐานว่าอาจเกิดจากกลไกการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย (motor control) ในการระดมหน่วยยนต์ของกล้ามเนื้อช่วงล่างของร่างกายมีความแตกต่างจากช่วงบน (Sperry & Schmitt, 1976) รวมถึงการควบคุมแรงในช่วงบนของร่างกายง่ายกว่าการควบคุมแรงในช่วงล่างของร่างกาย (Tracy et al., 2007) ทำให้บุคคลมีการควบคุมการประสานการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อในช่วงบนของร่างกายดีกว่าช่วงล่างของร่างกาย (Kauranen & Vanharanta, 1996) ซึ่งสมมติฐานดังกล่าวสามารถยืนยันได้จากการศึกษาที่พบว่ากล้ามเนื้อหลังแขน (triceps brachii) มีขนาดเพิ่มขึ้นมากกว่า 30% หลังจากฝึกด้วยแรงต้านเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ (Kawakami et al., 1995; Wakahara et al., 2012) และเมื่อฝึกด้วยแรงต้านด้วยโปรแกรมเดียวกันในกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า พบว่า กลุ่มกล้ามเนื้อ vasti (vastus medialis, vastus intermedialis, vastus lateralis) มีขนาดเพิ่มขึ้นเพียง 10% และกล้ามเนื้อ rectus femoris มีขนาดเพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 20% (Wakahara et al., 2017)

เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ วัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นด้านหน้าตามสูตรสมการของ Housh และคณะ (1995) ซึ่งวัดจากเส้นรอบวงส่วนกลางของต้นขา และความหนาของไขมันใต้ผิวหนังส่วนกลางของต้นขาด้านหน้า จึงเป็นไปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อในการศึกษาครั้งนี้ อาจเกิดจากการเพิ่มขนาดขององค์ประกอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับการหดตัวของกล้ามเนื้อ (noncontractile) เช่น การเพิ่มของเหลวในซาร์โคพลาสมิก (Schoenfeld, 2020) อาจมีผลต่อการขยายบริเวณเส้นรอบวงของต้นขาหลังจากฝึกด้วยแรงต้าน นอกจากนั้นแล้ว มีการศึกษาที่พบว่ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามีการเปลี่ยนแปลงบริเวณส่วนปลายของกล้ามเนื้อ มากกว่าส่วนต้นและส่วนกลางของหลังจากฝึกด้วยแรงต้าน (Diniz et al., 2022; Narici et al., 1996) จึงเป็นไปได้ว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขนาดของกล้ามเนื้อในกลุ่มตัวอย่างของการศึกษาในครั้งนี้ อาจมีความแตกต่างกันที่ส่วนปลายของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า การศึกษาครั้งต่อไปควรใช้เครื่องมือที่มีความเฉพาะเจาะจงในการวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อทั้งส่วนต้น ส่วนกลาง และส่วนปลาย หลังจากฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจ

3. ผลต่อคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นด้านหน้า

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบพื้นผิว (surface electromyography) เพื่อทดสอบการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ พบว่า ช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 1 และช่วงฝึกสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมีค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า มากกว่ากลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มฝึกด้วยรูปแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลดังกล่าว สามารถอธิบายผ่านสมมติฐานการจำกัดการกระทำ (constrain action hypothesis) เมื่อบุคคลใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในไปที่การเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือเฉพาะเจาะจงไปยังมัดกล้ามเนื้อ จะสร้างเสียงรบกวนภายในระบบประสาทสั่งการ (Zachry et al., 2005) ซึ่งระงับการสั่งการโดยอัตโนมัติของระบบประสาทมายังกล้ามเนื้อ ทำให้การรับรู้การเคลื่อนไหวเพ่งไปที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ส่งผลให้กล้ามเนื้อมัดหลักในการเคลื่อนไหวมีการทำงานมากขึ้นกว่าปกติ (Kal et al., 2013, Wulf & Lewthwaite, 2016, Wulf et al., 2001) และเป็นที่ทราบได้จากการศึกษาเกี่ยวกับการจินตภาพทั่วไปว่า การจินตภาพเกร็งกล้ามเนื้อมัดใดมัดหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว จะสามารถกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อมัดนั้น แม้จะไม่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายจริงๆ ก็ตาม (Ranganathan et al., 2004) ซึ่งเป็นไปได้ว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในไปยังมัดกล้ามเนื้อที่ใช้จะเพิ่มคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อมัดนั้นมากกว่า การเคลื่อนไหวตามปกติของกล้ามเนื้อมัดดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Calatayud และคณะ (2017) ที่เปรียบเทียบการทำงานของกล้ามเนื้อในท่าฝึกวิดพื้น (push-up) ระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน กับเงื่อนไขปกติ (กลุ่มควบคุม) พบว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น 9% เมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขปกติ และการศึกษาของ Marchant และ Greig (2017) ในท่าฝึก isokinetic knee extension พบว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายในสามาระกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ามากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกถึง 8%

อย่างไรก็ตาม ผลในการศึกษาครั้งนี้ขัดแย้งกับสมมติฐานของ Schonenfeld และ Contreras (2016) ซึ่งกล่าวว่า การทำงานของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นมีผลต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ เนื่องจากไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ

ต้นขาด้านหน้าระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม ซึ่งในปัจจุบันยังไม่พบหลักฐานที่สนับสนุนว่า การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบพื้นผิวสามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ หลังจากฝึกด้วยแรงต้านได้ (Halperin et al., 2018; Vigotsky et al., 2018) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nóbrega และคณะ (2018) ที่พบว่า การฝึกด้วยน้ำหนักต่ำมีค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อน้อยกว่าการฝึกด้วยน้ำหนักสูง แต่สามารถพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อได้ไม่แตกต่างกัน (Nóbrega et al., 2018) และการศึกษาของ Wakahara และคณะ (2017) ที่พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าทั้ง 4 มัด มีค่าการทำงานใกล้เคียงกัน แต่กล้ามเนื้อ rectus femoris สามารถพัฒนาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อได้มากกว่ากล้ามเนื้อมัดอื่น นอกจากนั้นแล้ว การวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อในการศึกษาครั้งนี้ ทำการวัดขณะที่กลุ่มตัวอย่างกำลังฝึกด้วยแรงต้านในเซ็ตที่ 1 ด้วยจำนวนครั้งถึงจุดล้มเหลว หรือใกล้เคียงกับจุดล้มเหลว ซึ่งการฝึกดังกล่าวมีผลต่อการสะสมความล้าของกล้ามเนื้อ ทำให้รูปแบบการระดมหน่วยยนต์ขนาดใหญ่มีจำนวนลดน้อยลง เพื่อคงที่ระดับของแรงให้สามารถกระทำกิจกรรมต่อได้ (Vigotsky et al., 2017) ซึ่งสาเหตุดังกล่าว อาจทำให้กล้ามเนื้อมีคุณสมบัติไม่เพียงพอที่จะตอบสนองต่อกระแสประสาทสั่งการ และไม่สามารถพัฒนาความแข็งแรงให้สัมพันธ์กับค่าคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ

จากผลการวิจัยในครั้งนี้จึงอาจสรุปได้ว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน ส่งผลต่อการพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาได้ไม่แตกต่างกัน และไม่พบความแตกต่างระหว่างการเพ่งความตั้งใจทั้งสองรูปแบบกับการฝึกด้วยรูปแบบปกติ และยังสรุปได้ว่า คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อไม่มีผลโดยตรงต่อการพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ ดังนั้นแล้วการฝึกด้วยแรงต้านเพื่อพัฒนาขนาด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อควรให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านการฝึก ได้แก่ น้ำหนักที่ใช้ในการฝึก (60 – 80% 1RM) จำนวนครั้งถึงจุดล้มเหลว หรือใกล้เคียงกับจุดล้มเหลว จำนวนเซ็ตระหว่าง 12 - 28 เซ็ตต่อกลุ่มกล้ามเนื้อ และปัจจัยด้านโภชนาการ กับการพักฟื้นของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่พบความแตกต่างต่อค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าระหว่างทั้ง 3 กลุ่ม แต่เมื่อพิจารณาจากค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงพบว่า การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากฝึกที่ 22% มากกว่าการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการฝึกในรูปแบบปกติ (14%, 17% ตามลำดับ) เนื่องจากการทดสอบความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า เป็นลักษณะการทดสอบที่มีการเคลื่อนไหว และมีรูปแบบเฉพาะเจาะจงตรงกับรูปแบบการฝึก (Grgic et al., 2020) สำหรับนักกีฬาที่ต้องการเพิ่มศักยภาพทางการกีฬา เช่น เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสามารถใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อเพื่อตอบสนองต่อการสร้างแรง (Wulf, 2013) ถ้าการกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยหลักของการฝึก เช่น นักกีฬาเพาะกายที่ต้องการเพิ่มการหดตัวของมัด

กล้ามเนื้อ สามารถใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายในร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน เพื่อกระตุ้นการทำงานของมัดกล้ามเนื้ออย่างเฉพาะเจาะจง

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้วัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าจากสูตรสมการของ Housh et al. (1995) ซึ่งคำนวนจากเส้นรอบวงของต้นขา และความหนาของไขมันบริเวณต้นขาด้านหน้า จึงเป็นไปได้ว่าหลังจากฝึกด้วยแรงต้าน กลุ่มตัวอย่างมีความหนาของไขมันบริเวณต้นขาลดลง จึงทำให้การคำนวนพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อตามสูตรสมการมีขนาดลดลง

2. การศึกษาครั้งนี้ ทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจะทดสอบในช่วงสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 6 และทดสอบเพียงแค่จำนวนหนึ่งเซ็ต จากจำนวนการฝึกทั้งหมด 12 เซ็ตต่อหนึ่งสัปดาห์ จึงไม่สามารถทราบได้ว่าการทำงานของกล้ามเนื้อระหว่างกลุ่มการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก และกลุ่มฝึกด้วยรูปแบบปกติมีความเปลี่ยนแปลงและแตกต่างอย่างไร ขณะฝึกในเซ็ตอื่นและช่วงการฝึกสัปดาห์ที่เหลือ

3. ในช่วงกระบวนการฝึก ผู้วิจัยได้ให้คำแนะนำในการเพ่งความตั้งใจกับกลุ่มตัวอย่างเป็นระยะในทุกๆ เซ็ต และผู้วิจัยได้ควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน ได้แก่ การแยกช่วงเวลาการฝึกของทั้ง 3 กลุ่ม การสอบถามการเพ่งความตั้งใจหลังจากฝึก และใช้การวัดคลื่นไฟฟ้าเพื่อประเมินการเพ่งความตั้งใจ ซึ่งไม่สามารถยืนยันได้อย่างแน่ชัดว่ากลุ่มตัวอย่างได้เพ่งความตั้งใจตามคำแนะนำ จึงเป็นไปได้ว่ามีกลุ่มตัวอย่างที่ไม่สามารถเพ่งความตั้งใจตามคำแนะนำได้ในบางเซ็ต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระเวลาการฝึกมากกว่า 6 สัปดาห์สำหรับการฝึกด้วยแรงต้านร่วมกับการเพ่งความตั้งใจที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

2. ควรมีการศึกษาความเข้มข้นของแลคเตส (Lactic acid) ในเลือด เปรียบเทียบระหว่างการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน และการเพ่งความตั้งใจแบบภายนอกร่วมกับการฝึกด้วยแรงต้าน

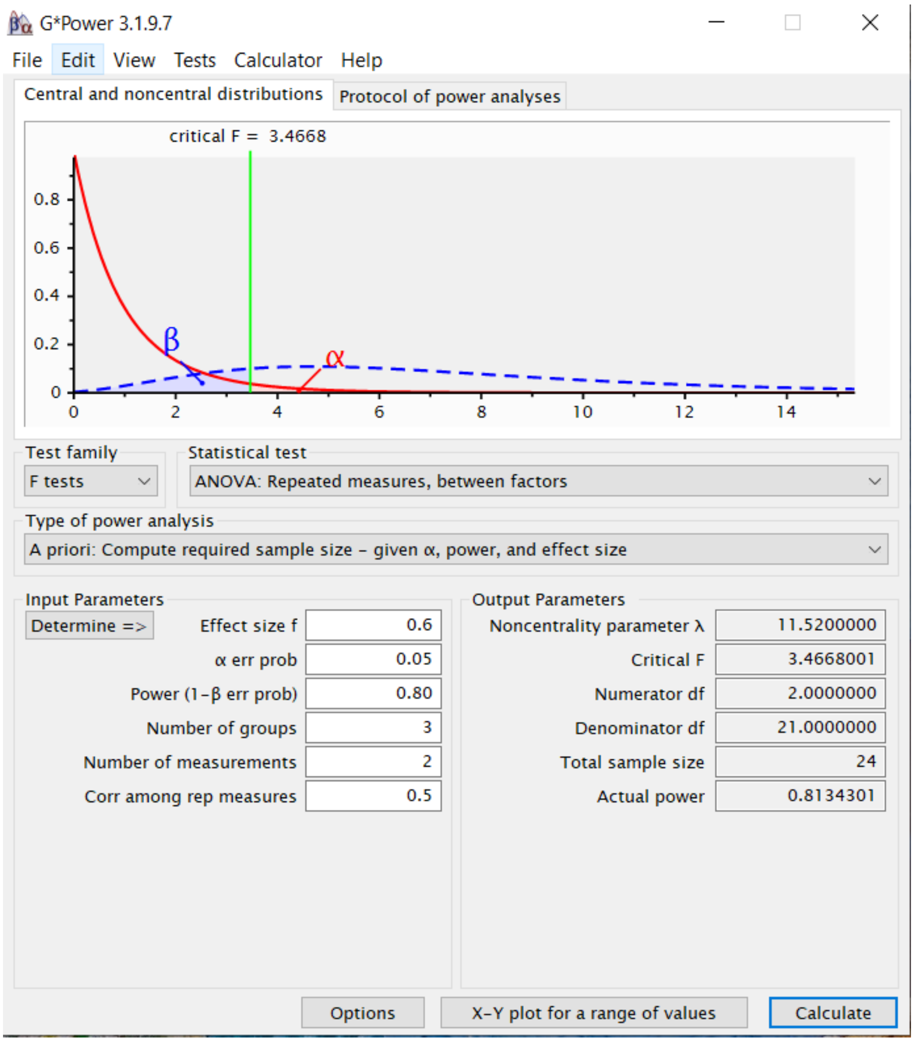
ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ G*Power เวอร์ชั่น 3.1.9.7

กำหนดให้ขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.60 ซึ่งคำนวณจากขนาดอิทธิพลของ Schoenfeld et al. (2018) ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และอำนาจการทดสอบ (Power of statistical) เท่ากับ 0.80 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 24 คน เพื่อป้องกันการถอนตัวจากการวิจัย ผู้วิจัยได้เพิ่มจำนวนของกลุ่มตัวอย่างอีกร้อยละ 20 เป็น 30 คน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 คน



ภาคผนวก ข

โปรแกรมการฝึก วิธีการปฏิบัติท่าฝึก ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ

โปรแกรมการฝึกด้วยเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น

	สัปดาห์ที่ 1	**สัปดาห์ที่ 2**	**สัปดาห์ที่ 3**	**สัปดาห์ที่ 4**	**สัปดาห์ที่ 5**	**สัปดาห์ที่ 6**
จำนวนครั้ง	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12
น้ำหนัก (%1RM)	60%	60%	65%	65%	70%	70%
จำนวนเซ็ต	4	4	4	4	4	4
เวลาพักต่อเซ็ต	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที

คำแนะนำที่แต่ละกลุ่มได้รับก่อนฝึก

กลุ่ม	**คำแนะนำ**
การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน	เกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยเหยียดขาให้ตรงที่สุด
การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก	ให้ดันเบาะรองขึ้นจนขนานพื้น
ควบคุม	ทำให้เต็มที่ตามจำนวนครั้งที่กำหนด

Machine Leg extension ยี่ห้อ Technogym

เครื่องมือ

แมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ยี่ห้อ Technogym รุ่น selection ประเทศอิตาลี

วิธีการฝึก

1. ผู้ฝึกอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งเหยาะๆ บนลู่วิ่ง และยืดเหยียดกล้ามเนื้อช่วงล่างแบบมีการเคลื่อนไหว 2 ท่า ท่าละ 10 ครั้ง 2 เซ็ต และอบอุ่นร่างกายแบบเฉพาะเจาะจงด้วยท่าแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น น้ำหนัก 20-30% ของ 1RM เป็นจำนวน 10 ครั้ง 1 เซ็ต

2. ผู้ฝึกนั่งบนเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ด้วยท่าทางที่ถูกต้อง เลือกน้ำหนักการฝึก

3. ให้เหยียดขาขึ้นจนเข่าและขาเหยียดตรง จากนั้นผ่อนขากลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้น กำหนดความเร็วในการปฏิบัติคือ จังหวะเหยียดขาขึ้น 2 วินาที จังหวะที่ขาเหยียดตรงสุด 1 วินาที จังหวะลงกลับสู่ท่าเริ่มต้น 2 วินาที

4. ปฏิบัติจำนวนครั้งที่ 12 ครั้ง พักระหว่างเซ็ต 90 วินาที ปฏิบัติทั้งหมด 4 เซ็ต

5. ผู้ฝึกคลายอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า เป็นจำนวน 15 วินาที 2 รอบต่อข้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีปฏิบัติท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น (Brown, 2017)

แสดงการเคลื่อนไหวขณะอยู่ในท่าเริ่มต้น

การจัดลักษณะท่านั่งกับเครื่อง

1. จัดตำแหน่งของเบาะพิงหลังให้ตำแหน่งของข้อเข่าอยู่ในแนวเดียวกับแกนหมุนของเครื่อง
2. ปรับตำแหน่งของเบาะรองขาให้อยู่เหนือข้อเท้า หรืออยู่เหนือหน้าแข็งเมื่อเข่างอ 90 องศา
3. เลือกน้ำหนักที่เหมาะสมในช่องน้ำหนัก
4. นั่งตัวตรงโดยที่หลังพิงกับพนักรองหลัง ศีรษะตั้งตรงปกติ มือจับที่จับด้านข้างตลอดการฝึก

แสดงการเคลื่อนไหวขณะอยู่ในท่าสิ้นสุด

การปฏิบัติ

5. เหยียดเข่าโดยควบคุมให้ราบรื่นจนกระทั่งขาเหยียดตรงสุด
6. กลับสู่ท่าเริ่มต้นโดยควบคุมความเร็วอย่างค่อยเป็นค่อยไป อย่าให้รอกแรงต้านกลับสู่จุดเริ่มต้นในช่องน้ำหนักระหว่างฝึก

ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อ

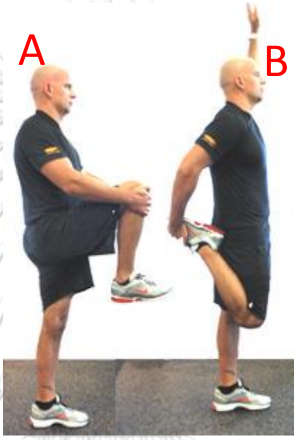
ท่าที่ 1 Knee pull & Quad pull

วิธีปฏิบัติ

1. ผู้ฝึกยืนตัวตรง ดึงเข่ามาด้านหน้าของลำตัว ใช้มือทั้งสองข้างประกบตรงหัวเข่าแล้วดึงเข้าหาตัว ตามตัวอักษระ A

2. พับข้อเข่าไปด้านหลัง ใช้มือฝั่งเดียวกับขาดึงปลายเท้าไปยังทิศทางของศีรษะ ตามตัวอักษร B

3. ทำซ้ำตามข้อ 1 ปฏิบัติข้างละ 10 ครั้ง



Knee pull & Quad pull

ท่าที่ 2 Quad pull and bent over

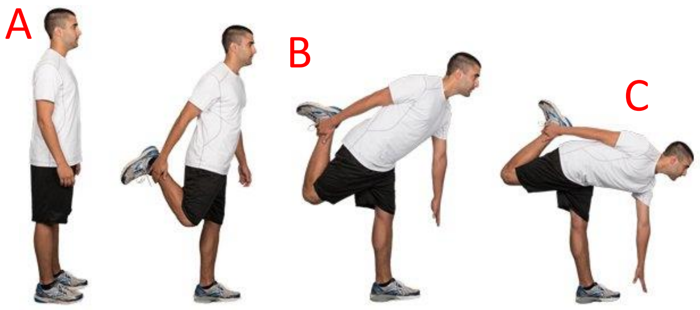
วิธีปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. ผู้ฝึกยืนตัวตรงเอง พับเข่าไปด้านหลังพร้อมกับใช้มือฝั่งเดียวกับขาข้างที่พบดึงเข้าหาตัว ตามตัวอักษร A

2. ผู้ฝึกก้มตัวไปด้านหน้าและเหยียดแขนลงแตะพื้น ตามตัวอักษร B และ C

3. ผู้ฝึกกลับมายืนตรงโดยไม่ต้องเหยียดขากลับ ปฏิบัติข้างละ 10 ครั้ง



Quad pull and bent over

ภาคผนวก ค
การทดสอบตัวแปรทางสรีรวิทยา

การวัดองค์ประกอบของร่างกาย

เครื่องมือ

เครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย รุ่น ACCUNIQ BC510 ผลิตโดยบริษัท ACCUNIQ ประเทศเกาหลีใต้

ACCUNIQ BC510

วิธีการวัด

1. ให้กลุ่มตัวอย่างถอดรองเท้าและถุงเท้า ยืนตัวตรงบนเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย

2. กลุ่มตัวอย่างใช้มือจับที่แขนของเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย หน้ามองตรง ยืนนิ่ง จนกว่าจะได้ยินเสียงสัญญาณ ถือว่าเป็นอันเสร็จสิ้น

3. บันทึกผลที่ได้จากเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย คือ น้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ส่วนสูง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ดัชนีมวลกาย และเปอร์เซ็นต์ไขมันใต้ผิวหนัง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวัดเส้นรอบวงของต้นขา และความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง

เครื่องมือ

1. สายวัด
2. เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง (Lange Skinfold Caliper)
3. ปากกามาร์คเกอร์

Lange Skinfold

สายวัด

วิธีการวัด

1. การวัดเส้นรอบวง และความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง จะวัดขาด้านถนัดของกลุ่มตัวอย่าง

2. ให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง ผ่อนคลาย ผู้วิจัยกำหนดตำแหน่งการวัดจากกึ่งกลางระหว่าง greater trochanter กับ popliteal crease ใช้ปากกามาร์คตำแหน่ง

3. ผู้วิจัยใช้สายวัดรอบต้นขาของกลุ่มตัวอย่าง โดยไม่รัดสายวัดให้แน่นจนเกินไป

4. บันทึกค่าที่ได้เป็นเซนติเมตร และทำการวัดซ้ำ 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย

5. การวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง จะวัดตำแหน่งต้นขาด้านหน้าที่ผู้วิจัยได้ใช้ปากกามาร์คเกอร์ไว้

6. ผู้วิจัยใช้มือข้างที่ว่าง หนีบลงบนต้นขาด้านหน้าของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แค่นิ้วชี้กับนิ้วโป้ง และใช้เครื่องวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง หนีบลงบนตำแหน่งด้านล่างของนิ้วชี้กับนิ้วโป้ง

7. บันทึกค่าที่ได้เป็นมิลลิเมตร และทำการวัดซ้ำ 3 รอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย

8. นำค่าที่ได้จากการวัดเส้นรอบวงของต้นขา และความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง มาคำนวนตามสมการของ Housh et al. (1995) เพื่อหาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวัดความแข็งแรงแบบ Isometric knee extension strength

เครื่องมือ

เครื่องไอโซคิเนติก ยี่ห้อ Physiomed รุ่น CON-TREX multiple joint system pro 3 ผลิตโดยบริษัท physiomed AG ประเทศเยอรมนี

Isokinetic dynamometer รุ่น CON-TREX multiple joint system pro 3

วิธีการวัด

1. ผู้วิจัยทำการตั้งค่าเครื่องโดยเลือกเมนู Find absolute zero และตั้งองศาของ dynamometer

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. กลุ่มตัวอย่างนั่งหลังพิงกับพนัก ให้สะโพกทำมุม 85 องศา การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จะวัดขาข้างถนัดของกลุ่มตัวอย่าง

3. จัดตำแหน่งกกึ่งกลางของ lateral femoral condyles ขนานกับรอกหมุนของเครื่อง

4. ติดตั้งอุปกรณ์การทดสอบ โดยปรับแกนหมุนข้อต่อของเครื่องให้มุมเข่าทำมุมที่ 90 องศา

5. กำหนดให้กลุ่มตัวอย่างจับที่จับด้านข้างของเครื่องเพื่อความมั่นคง ป้องกันการเคลื่อนไหวอื่นๆ ด้วยการรัดเข็มขัดช่วงลำตัว และต้นขาด้านหน้า ติดตั้งแกนล็อคข้อเท้าข้างที่ไม่ได้ทำการทดสอบ

7. เริ่มการทดสอบ ให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงเหยียดขาสูงสุดเป็นเวลา 5 วินาที ทำทั้งหมด 2 รอบ แต่ละรอบพัก 60 วินาที ระหว่างการทดสอบกลุ่มตัวอย่างจะได้รับคำแนะนำว่า “ออกแรงเตะขาให้ได้มากที่สุด”

8. เก็บข้อมูลจากค่า torque ที่ได้จากาการทดสอบ เลือกค่าสูงสุด มีหน่วยเป็นนิวตัน

การวัดความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

เครื่องมือ

Machine Leg extension รุ่น Selection ยี่ห้อ Technogym ประเทศอิตาลี

วิธีการทดสอบ

การทดสอบจะใช้เครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น เพื่อหาน้ำหนักที่ยกได้สูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง โดยอ้างอิงการทดสอบของ Haff and Triplett (2015) ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายด้วยการวิ่งบนลู่วิ่งเป็นระยะเวลา 5 นาที ความเร็ว 9 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากนั้นให้ยืดเหยียดกล้ามเนื้อช่วงล่าง 3 นาที

2. ให้กลุ่มตัวอย่างอบอุ่นร่างกายแบบเฉพาะเจาะจง โดยขึ้นนั่งบนเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น และเหยียดเข่า เป็นจำนวน 2 เซ็ต โดยพัก 1 นาทีระหว่างเซ็ต

- เซ็ตที่ 1 ให้ทำจำนวน 10 ครั้ง ด้วยน้ำหนักประมาณ 50% ของ 1RM
- เซ็ตที่ 2 ให้ทำจำนวน 5 ครั้ง ด้วยน้ำหนักประมาณ 70% ของ 1RM

3. เริ่มทำการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างขึ้นนั่งบนเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น โดยนั่งเอนหลังพิงกับเบาะพิงด้านหลัง ยึดร่างกายให้มั่นคงด้วยการใช้มือจับบริเวณด้านข้างของที่นั่ง

4. การทดสอบจะวัดความสมบูรณ์ของการทดสอบ จากการเหยียดขาเต็มระยะการเคลื่อนไหว คือจุดเริ่มต้นจากการงอเข่าที่มุม 90 องศาถึงมุมที่ขาเหยียดสุดที่ 0 องศา

5. การทดสอบจะใช้การประเมินจำนวนครั้งเพื่อหาค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง ตามสูตรการคำนวณของ Brzycki (1993) ผู้วิจัยจะกำหนดน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างทำในช่วงจำนวน 5 – 10 จนไม่สามารถยกน้ำหนักต่อด้วยท่าทางที่ถูกต้อง

6. ทดสอบเป็นจำนวน 2 ครั้ง พักระหว่างการทดสอบเป็นเวลา 3 นาที เลือกค่าน้ำหนักที่กลุ่มตัวอย่างสามารถยกได้เยอะที่สุดด้วยท่าทางที่ถูกต้อง และคำนวณเป็นค่าความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

เครื่องมือ

1. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Wave wireless EMG miniwave waterproof: Cometa 5 channel ผลิตที่ประเทศอิตาลี
2. ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าที่ผิวหนัง (Surface electrodes)
3. แผ่นกาวกันน้ำ
4. แอลกอฮอล์และสำลี
5. มีดโกน

เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

วิธีการวัด

1. ผู้วิจัยจะโกนขนบริเวณผิวที่ติดขั้วรับสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อป้องกันการคลาดเคลื่อนของข้อมูล ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด จากนั้นระบุตำแหน่งที่ต้องการวัดด้วยปากกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ติดตั้งขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าที่ผิวหนังบนตำแหน่งของกล้ามเนื้อ Rectus femoris และ Vastus lateralis โดยติดบริเวณกึ่งกลางของกล้ามเนื้อและติดตามแนวยาวของกล้ามเนื้อ ติดตั้งบนขาข้างที่ถนัดของกลุ่มตัวอย่าง
3. ทำการวัด Maximal Voluntary Contraction ในท่าที่กล้ามเนื้อทำงาน ด้วยวิธีของ Konrad (2005) โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเครื่อง Leg extension งอเข่าระหว่าง 70-90 องศา ในท่าเริ่มต้นของท่าฝึก โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อ 10 วินาทีต้านกับเบาะรองขาของเครื่อง Leg extension
4. ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเครื่อง Leg extension จากนั้นปฏิบัติท่าฝึกอย่างน้อย 3 ครั้งเพื่อตรวจความเรียบร้อยของข้อมูล ถ้าข้อมูลถูกต้องให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยปฏิบัติตามโปรแกรมฝึก
5. บันทึกข้อมูลลงในคอมพิวเตอร์

ภาคผนวก ง

ตารางบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลการฝึก

กลุ่ม.. รหัส...				
ความแข็งแรงสูงสุด (1RM)				
สัปดาห์ที่............ น้ำหนัก...........%RM				
รอบการฝึกที่ 1				
	เซ็ตที่ 1	เซ็ตที่ 2	เซ็ตที่ 3	เซ็ตที่ 4
จำนวนครั้ง				
น้ำหนัก(kg)				
รอบการฝึกที่ 2				
	เซ็ตที่ 1	เซ็ตที่ 2	เซ็ตที่ 3	เซ็ตที่ 4
จำนวนครั้ง				
น้ำหนัก(kg)				
รอบการฝึกที่ 3				
	เซ็ตที่ 1	เซ็ตที่ 2	เซ็ตที่ 3	เซ็ตที่ 4
จำนวนครั้ง				
น้ำหนัก (kg)				

แบบบันทึกข้อมูลการสอบถามหลังการฝึก

คำถาม	คำตอบ
ขณะฝึก ท่านได้ทำตามคำแนะนำของผู้วิจัยหรือไม่	
ขณะฝึก ท่านเพ่งความตั้งใจไปยังสิ่งใด	
ขณะฝึก ท่านให้รู้สึกถึงระดับความหนักเท่าใด โดยนับจากระดับ 0 – 10	
ช่วงระยะเวลาการเข้าร่วมการทดลอง ท่านได้ฝึกร่างกายเพิ่มเติมหรือไม่	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบบันทึกข้อมูลตัวแปรทางสรีรวิทยา

กลุ่ม...	**รหัส**...
ก่อนการฝึก วันที่......../......../........	**หลังการฝึก** วันที่......../......../........
น้ำหนัก..กิโลกรัม **ส่วนสูง**...เซนติเมตร **ดัชนีมวลกาย (BMI)** ....% **เปอร์เซ็นต์ไขมัน**...% **เส้นรอบวงของต้นขา**...................................เซนติเมตร **ความหนาไขมันต้นขาด้านหน้า**......................มิลลิเมตร **ตำแหน่งกลางระหว่าง greater trochanter กับ popliteal crease**....................................เซนติเมตร	**น้ำหนัก**..กิโลกรัม **ส่วนสูง**...เซนติเมตร **ดัชนีมวลกาย (BMI)** ....% **เปอร์เซ็นต์ไขมัน**...% **เส้นรอบวงของต้นขา**...................................เซนติเมตร **ความหนาไขมันต้นขาด้านหน้า**......................มิลลิเมตร **ตำแหน่งกลางระหว่าง greater trochanter กับ popliteal crease**.......................................เซนติเมตร
ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง น้ำหนัก...................................กิโลกรัม	**ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้ง** น้ำหนัก...................................กิโลกรัม
พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ Quadricep CSA...............................ตารางเซนติเมตร	**พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ** Quadricep CSA...............................ตารางเซนติเมตร
ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Isometric knee extension strength ....นิวตัน	**ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ** Isometric knee extension strength ....นิวตัน
คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Rectus femoris EMG...................................... Vastus lateralis EMG.....................................	**คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ** Rectus femoris EMG...................................... Vastus lateralis EMG.....................................

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ
แบบคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัย

แบบสอบถามเบื้องต้นเพื่อคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่ : ..../........../..........

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย...

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย

อายุ....................ปี

น้ำหนัก....................กิโลกรัม

ส่วนสูง....................เซนติเมตร

ส่วนที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาพและการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมการวิจัย

2.1 ท่านมีอาการบาดเจ็บกล้ามเนื้อหรือข้อต่อหรือไม่? (ถ้ามีโปรดระบุ)

☐มี ☐ไม่มี (โปรดระบุ...)

2.2 ท่านเคยได้รับการบาดเจ็บจนต้องเข้ารับการผ่าตัดจากอาการเจ็บกล้ามเนื้อและข้อต่อหรือไม่?

☐มี ☐ไม่มี (โปรดระบุ...)

2.3 ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา ท่านได้มีการฝึกด้วยแรงต้านหรือไม่?

☐มี ☐ไม่มี

2.4 ท่านเคยใช้สารกระตุ้นประเภทสเตียรอยด์ที่ส่งผลต่อฮอร์โมน ซึ่งมีส่วนช่วยพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อมาก่อนหรือไม่?

☐มี ☐ไม่มี

2.5 ท่านถนัดขาข้างไหน (ให้ตอบโดยอิงจากคำถามว่า “ถ้าให้เลือกเตะบอลจะใช้ขาข้างไหนเตะ?”)

☐ขวา ☐ซ้าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบสอบถามเกี่ยวกับความพร้อมในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป

PAR-Q+

แบบสอบถามนี้จะทำให้ท่านทราบว่าท่านมีความจำเป็นต้องปรึกษาแพทย์ หรือผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกายก่อนการออกกำลังกายหรือไม่

คำถามด้านสุขภาพทั่วไป		
โปรดอ่านคำถาม 7 ข้อด้านล่างอย่างละเอียด และตอบคำถามตามความเป็นจริง **: ทำเครื่องหมาย ✓ ในช่อง 'ใช่' หรือ 'ไม่ใช่'**	**ใช่**	**ไม่ใช่**
1) แพทย์เคยบอกหรือไม่ ว่าท่านมีความผิดปกติของหัวใจหรือภาวะความดันโลหิตสูง?	☐	☐
2) ท่านรู้สึกเจ็บหรือแน่นบริเวณหน้าอกระหว่างทำกิจกรรมประจำวัน หรือขณะออกกำลังกายหรือไม่?	☐	☐
3) ท่านสูญเสียการทรงตัวเนื่องจากอาการวิงเวียน หรือท่านเป็นลมหมดสติในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมาหรือไม่? (โปรดเลือก **ไม่ใช่** หากอาการวิงเวียนเกิดจากอาการหายใจเร็วกว่าปกติ รวมถึงระหว่างออกกำลังกายในระดับหนัก)	☐	☐
4) ท่านเคยได้รับวินิจฉัยว่าเป็นโรคเรื้อรังอื่นๆ (นอกเหนือจากโรคหัวใจ หรือความดันโลหิตสูง) หรือไม่? **โปรดระบุอาการในช่องนี้**______________________________	☐	☐
5) ในปัจจุบันท่านกำลังทานยาเพื่อรักษาโรคเรื้อรังหรือไม่? **โปรดระบุอาการและยาที่ใช้รักษาตอนนี้**________________________	☐	☐
6) ในปัจจุบันท่านกำลังมี (หรือเคยมีในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา) ปัญหาที่กระดูก ข้อต่อ หรือเนื้อเยื่ออ่อน (กล้ามเนื้อ เอ็นกระดูก หรือเอ็นกล้ามเนื้อ) ซึ่งจะมีอาการแย่ลงหากออกกำลังกายที่หนักขึ้นหรือไม่? โปรดเลือก **ไม่ใช่** หากไม่มีปัญหาดังกล่าวแล้ว และปัญหาดังกล่าวไม่ได้จำกัดศักยภาพในการออกกำลังกาย ณ ปัจจุบันของท่าน **โปรดระบุอาการในช่องนี้**______________________________	☐	☐
7) แพทย์เคยบอกหรือไม่ว่า ท่านควรออกกำลังกายที่เป็นไปตามคำแนะนำของแพทย์เท่านั้น?	☐	☐

หากท่านตอบว่า ***'ไม่ใช่'*** ในทุกๆ ข้อด้านบน ท่านสามารถเข้าร่วมการออกกำลังกายได้
หากท่านตอบว่า ***'ใช่'*** ในข้อใดข้อหนึ่งจากด้านบน ท่านต้องตอบแบบสอบถามต่อเพื่อประเมินเพิ่มเติม

ลงชื่อ________________________

วันที่________________________

สรุปผลแบบสอบถาม

☐ สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้ ☐ ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบคัดกรองโรคโควิด-19 สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่ : ………./………./……….

รหัสผู้เข้าร่วมการวิจัย……………………………………………………….

1. ท่านมีไข้มากกว่า 37.5 องศาหรือไม่

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

2. ท่านมีอาการดังต่อไปนี้หรือไม่

ไอ	☐ ใช่	☐ ไม่ใช่
เจ็บคอ	☐ ใช่	☐ ไม่ใช่
น้ำมูกไหล	☐ ใช่	☐ ไม่ใช่
เหนื่อยหอบ	☐ ใช่	☐ ไม่ใช่

3. ท่านมีประวัติประวัติใกล้ชิดสัมผัสกับผู้ป่วยที่ต้องสงสัยโรคติดเชื้อโควิด-19 หรือไม่

☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่

<u>หมายเหตุ</u> หากพบว่าคุณมีไข้มากกว่า 37.5 C หรือมีอาการอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ระบุไว้ หรือมีประวัติสัมผัสใกล้ชิดกบผู้ป่วยที่ต้องสงสัยการติดเชื้อ COVID-19 ขอให้คุณปฏิบัติตามคำแนะนำของกอง ควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

Chulalongkorn University

ภาคผนวก ช
แบบประเมิน IOC ความตรงเชิงเนื้อหาของโปรแกรมการฝึกและการทดสอบ

คำชี้แจง

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินและแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อโปรแกรมการฝึกและการทดสอบ จากโครงร่างวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา โดยใส่เครื่องหมาย (/) ลงในช่องการประเมินพร้อมเขียนข้อเสนอแนะเพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบโปรแกรมการฝึกและการทดสอบ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย บุญรอด — ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา
2. อาจารย์ ดร.พิชิต เมืองนาโพธิ์ — อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลมาศ ประชากุล — อาจารย์ประจำภาควิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา และสุขภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. อาจารย์ ดร.อัชรัฐ ยงทวี — นักพัฒนาการกีฬาชำนาญการพิเศษ สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา
5. อาจารย์ ดร.นาทรพี ผลใหญ่ — อาจารย์ประจำภาควิชาพลศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เนื้อหาของโปรแกรมการฝึก	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน				
1. ท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น (Machine leg extension)	5	0	0	1
2. น้ำหนักที่ใช้ในการฝึก - 70% ของ 1RM สัปดาห์ที่ 1 – 2 - 72.5% ของ 1RM สัปดาห์ที่ 3 – 4 - 75% ของ 1RM สัปดาห์ที่ 5 – 6	4	1	0	0.8
3. จำนวนครั้งในการฝึก 12 ครั้ง	5	0	0	1

4. จำนวนเซ็ตในการฝึก 4 เซ็ต	5	0	0	1
5. เวลาพักระหว่างเซ็ต 90 วินาที	5	0	0	1
6. ความถี่ในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์	5	0	0	1
7. ระยะเวลาในการฝึก 6 สัปดาห์	4	1	0	1
คำแนะนำในการใช้การเพ่งความตั้งใจของ 3 กลุ่มขณะฝึกด้วยแรงต้าน				
1. กลุ่มที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน "ให้เหยียดขาให้ตรงที่สุดแล้วเกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า"	3	2	0	0.6
2. กลุ่มที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายนอก "ให้ดันเบาะรองขึ้นจนขนานพื้น"	5	0	0	1
3. กลุ่มควบคุม "ทำให้เต็มที่ตามจำนวนครั้งที่กำหนด"	5	0	0	1
การทดสอบตัวแปรก่อน และหลังการฝึก				
1. พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยใช้สมการการถดถอยพหุคูณของ Housh et al. (1995) คำนวณจากการวัดเส้นรอบวงของต้นขาตำแหน่งตรงกลางของขา และความหนาของไขมันใต้ผิวหนังของต้นขาด้านหน้า	5	0	0	1
2. วัดความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ด้วยเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น	5	0	0	1
3. วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง โดยใช้เครื่องไอโซคิเนติก (Isokinetic dynamometer) ให้ออกแรงเหยียดขาสูงสุดเป็นเวลา 5 วินาที ทำทั้งหมด 2 รอบ แต่ละรอบพัก 3 นาที	5	0	0	1
ค่าเฉลี่ย				**0.95**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้ทรงคุณวุฒิ	การแก้ไขของผู้วิจัย
การปรับความหนัก ให้พิจารณาการปรับทุก 2 สัปดาห์โดยอิงจากความหนัก 70% ของ 1 RM โดยพิจารณาการปรับความหนักที่ 2 – 3 สัปดาห์หนึ่งครั้งตามระดับความสามารถของผู้ฝึก	ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขความหนักในการฝึกด้วยแรงต้านให้เหลือ 60% ของ 1RM และเพิ่มความหนักทุกสองสัปดาห์ที่ 65% ของสัปดาห์ที่ 3 – 4 และ 70% ของสัปดาห์ที่ 5 - 6
การฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ คือ Until Failure ดังนั้นจำนวนครั้งเป็นเพียงข้อแนะนำ	ผู้วิจัยได้กำหนดจำนวนครั้งตามคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการฝึกเพื่อเพิ่มกล้ามเนื้อ จากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่า การฝึกใกล้เคียงกับจุด Failure สามารถเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อได้ (Lacerda et al., 2020, Terada et al., 2020, Lasevicius et al.,2019)
การติดตามเงื่อนไข การเพ่งความตั้งใจของผู้ฝึกควรมีการตรวจสอบผู้ฝึก	ผู้วิจัยจะให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการเพ่งความตั้งใจหลังการฝึกทุกครั้ง
พิจารณาการเพิ่มความหนักที่ใช้ในโปรแกรมการฝึก สำหรับผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อย 6 เดือน ว่าเหมาะสมหรือไม่	ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขความหนักเริ่มต้นในการฝึกด้วยแรงต้านให้เหลือ 60% ของ 1RM
พิจารณาการคำแนะนำสำหรับกลุ่มที่ใช้การเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ให้เพ่งความตั้งใจไปที่การหดตัวของกลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและเปลี่ยนประโยคเป็น “เกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าให้ขาตรงที่สุด”	ผู้วิจัยเปลี่ยนคำแนะนำในการเพ่งความตั้งใจแบบภายใน ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ
พิจารณาการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์	ผู้วิจัยได้ศึกษาระยะเวลาการฝึกเพื่อเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ พบว่าระยะเวลา 6 สัปดาห์สามารถเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Boone et al., 2015, Santos et al., 2018)
พิจารณากลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัย ที่ระบุไว้ “ไม่เคยเข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านอย่างน้อย 6 เดือน”	ผู้วิจัยได้ปรับแก้ไขเกณฑ์การรับกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมในการวิจัยเป็น “ไม่ได้ฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำอย่างน้อย 6 เดือน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ซ

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย	ผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการเพ่งความตั้งใจในรูปแบบที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา
ชื่อผู้วิจัยหลัก	นายพศวัต ศรีทอง นิสิตบัณฑิตศึกษา แขนงเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย	คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระรามที่ 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์มือถือ	089 – 4407440
E-mail Address	podsawat_007@hotmail.com

เรียน ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ขอเรียนเชิญเข้าร่วมการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย โปรดทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับอะไรและทำเพราะเหตุใด กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างรอบคอบ หากมีข้อความใดที่อ่านแล้วไม่เข้าใจหรือไม่ชัดเจน โปรดสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการใช้การเพ่งความตั้งใจที่แตกต่างกันที่มีต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชาย อายุระหว่าง 18 – 30 ปี
กลุ่มตัวอย่าง คือ นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชายที่ไม่ได้เข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำอย่างน้อย 6 เดือน

ผู้สมัครเข้าร่วมการวิจัยต้องมีคุณสมบัติดังนี้

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

1. ไม่ได้เข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านอย่างเป็นประจำอย่างน้อย 6 เดือน
2. ไม่มีอาการบาดเจ็บเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อที่อาจส่งผลต่อการเข้าร่วมการวิจัย
3. ไม่เคยใช้สารกระตุ้นประเภทสเตรียรอยด์ซึ่งมีผลต่อการช่วยพัฒนาขนาดของกล้ามเนื้อ

4. ผ่านการประเมินแบบสอบถามเกี่ยวกับความพร้อมในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป (PAR-Q)

เกณฑ์การคัดกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อไปได้ เช่น การบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ อาการเจ็บป่วย เป็นต้น

2. เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกน้อยกว่า 16 ครั้ง จากทั้งหมด 18 ครั้ง ตลอดช่วงระยะเวลาในการฝึก

3. ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าร่วมการฝึกด้วยแรงต้านเพิ่มเติมนอกเหนือจากโปรแกรมการฝึก

4. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการเชิญชวนผู้เข้าร่วมการวิจัยด้วยตนเอง โดยขออนุญาตทางคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อติดตั้งใบประชาสัมพันธ์เข้าร่วมโครงการวิจัย และประชาสัมพันธ์ผ่านเฟซบุ๊ค (Facebook) โดยชี้แจงรายละเอียดการวิจัยให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบ ทั้งวัตถุประสงค์ของการวิจัย กระบวนการวิจัยตั้งแต่การทดลองก่อนและหลังการฝึก โปรแกรมการฝึก ตลอดจนประโยชน์ที่จะได้รับและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยรับทราบรายละเอียดของโครงการวิจัยแล้ว ให้ตอบแบบคัดกรองผู้เข้าร่วมการวิจัย และแบบสอบถามเกี่ยวกับความพร้อมในการออกกำลังกายสำหรับบุคคลทั่วไป (PAR-Q) โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 10 นาที ผู้วิจัยจะตรวจแบบสอบถามและประเมินข้อมูลของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยว่ามีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้าตามที่กำหนด จึงจะสามารถเข้าร่วมในการวิจัยได้ จากนั้นให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการดูแลสุขภาพและข้อควรปฏิบัติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กระบวนการวิจัยที่กระทำต่อผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

1. ผู้วิจัยดำเนินการนัดหมายกับผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยติดต่อผ่านทางโทรศัพท์ เพื่อเข้ารับการทดสอบก่อนการฝึกที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยจะนัดแนะให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยสวมชุดออกกำลังกายกับกางเกงกีฬาขาสั้น และต้องละเว้นจากการออกกำลังกายทุกชนิดอย่างน้อย 2 วัน โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบประมาณ 60 นาที โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- การวัดองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนัก ส่วนสูง เปอร์เซ็นต์ไขมัน เส้นรอบวงของต้นขา ความหนาไขมันของต้นขาด้านหน้า

- ความแข็งแรงสูงสุดเพียงหนึ่งครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า ด้วยเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น

- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบเกร็งค้าง ด้วยเครื่องไอโซคิเนติก

2. ผู้วิจัยจะนัดหมายให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เวลา 10.00 – 12.00 น. ผู้วิจัยนัดแนะให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยสวมชุดออกกำลังกาย กับกางเกงกีฬาขาสั้นทุกครั้งที่เข้ารับการฝึก และให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับประทานอาหารก่อนช่วงเวลาที่นัดหมายไว้

2.1 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะทำการฝึกด้วยแรงต้านด้วยเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น ซึ่งมีรายละเอียดการฝึกดังต่อไปนี้

การจัดลักษณะท่านั่งกับเครื่อง

1. จัดตำแหน่งของเบาะพิงหลังให้ตำแหน่งของข้อเข่าอยู่ในแนวเดียวกับแกนหมุนของเครื่อง
2. ปรับตำแหน่งของเบาะรองขาให้อยู่เหนือข้อเท้า หรืออยู่เหนือหน้าแข็งเมื่อเข่างอ 90 องศา
3. เลือกน้ำหนักที่เหมาะสมในช่องน้ำหนัก
4. นั่งตัวตรงโดยที่หลังพิงกับพนักรองหลัง ศีรษะตั้งตรงปกติ มือจับที่จับด้านข้างตลอดการฝึก

การปฏิบัติ

5. เหยียดเข่าโดยควบคุมให้ราบรื่นจนกระทั่งขาเหยียดตรงสุด

6. กลับสู่ท่าเริ่มต้นโดยควบคุมความเร็วอย่างค่อยเป็นค่อยไป อย่าให้รอกแรงต้านกลับสู่จุดเริ่มต้นในช่องน้ำหนักระหว่างฝึก

2.2 ก่อนเริ่มต้นการฝึก ผู้วิจัยจะนัดหมายให้ผู้เข้าร่วมการทำความคุ้นเคยกับท่าฝึกแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น เป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ จำนวน 2 รอบ โดยมีการใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยมองเห็นการทำงานของกล้ามเนื้อ

2.3 ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะฝึกตามโปรแกรมการฝึกที่ความหนัก 60% - 70% ของ 1RM จำนวน 3 วัน/สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ ศุกร์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ รวมการฝึกทั้งหมด 18 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลาการฝึกประมาณ 15 นาที

2.4 ขณะฝึก ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับการเพ่งความตั้งใจแบบภายในว่า “เกร็งกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าโดยเหยียดขาให้ตรงที่สุด”

	สัปดาห์ที่ 1	**สัปดาห์ที่ 2**	**สัปดาห์ที่ 3**	**สัปดาห์ที่ 4**	**สัปดาห์ที่ 5**	**สัปดาห์ที่ 6**
จำนวนครั้ง	12	12	12	12	12	12
น้ำหนัก (% 1RM)	60%	60%	65%	65%	70%	70%
จำนวนเซ็ต	4	4	4	4	4	4
เวลาพักต่อเซ็ต	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที	90 วินาที

(โปรแกรมการฝึกด้วยแรงต้าน)

2.5 ขั้นตอนการฝึกจะประกอบด้วย

- การอบอุ่นร่างกายและยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นระยะเวลา 5 – 10 นาที
- การฝึกด้วยเครื่องแมชชีนเลคเอ็กเทนชั่น โดยกำหนดให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเหยียดขาในจังหวะขึ้น 2 วินาที จังหวะตอนเหยียดขาสุด 1 วินาที และจังหวะผ่อนขาลงกลับสู่ท่าเริ่มต้น 2 วินาที เป็นจำนวน 8 - 12 ครั้ง 4 เซ็ต พักระหว่างเซ็ต 90 วินาที
- การผ่อนคลายร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ เป็นระยะเวลา 5 นาที
- ระหว่างเข้าร่วมการฝึก ถ้าผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถเข้าร่วมตามวันเวลาที่กำหนด ผู้วิจัยจะกำหนดให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้ารับการฝึกในวันถัดไปเพื่อให้รอบการฝึกของสัปดาห์นั้นๆ และทำการนัดหมายตามวันเวลาเดิมในสัปดาห์ถัดไป
- สำหรับการฝึกสัปดาห์ที่ 1 และสัปดาห์ที่ 6 ผู้วิจัยจะใช้เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อประเมินการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้ากับผู้เข้าร่วมการวิจัย

- ผู้วิจัยจะแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยรับประทานอาหารตามปกติขณะเข้าร่วมการฝึก และหลีกเลี่ยงการรับประทานอาหารเสริม เช่น เวย์โปรตีน ตลอดการเข้าร่วมการฝึก ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องบันทึกรายละเอียดการรับประทานอาหารด้วยตนเองผ่านโปรแกรม MyFitnesspal โดยบันทึกเฉพาะวันที่ได้รับการฝึกเท่านั้น ซึ่งผู้วิจัยจะเป็นผู้ให้คำแนะนำด้วยตนเอง

3. หลังการฝึกครบ 6 สัปดาห์ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบหลังการฝึกตามรายละเอียดในข้อ 1.

อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงใดๆ ต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย ซึ่งกระบวนการฝึกและการทดสอบที่ผู้วิจัยได้กำหนด เป็นรูปแบบที่มีความปลอดภัยซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาและตรวจสอบอย่างรอบคอบ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกกำลังกาย และผู้เชี่ยวชาญการใช้เครื่องมือการทดสอบ เพื่อป้องกันมิให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย กระบวนการฝึกอาจมีการปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อ ซึ่งอาการดังกล่าวถือเป็นเรื่องปกติของการฝึกด้วยแรงต้าน และอาการดังกล่าวจะทุเลาลงในระยะเวลาอันสั้น เพื่อบรรเทาอาการดังกล่าว ผู้วิจัยจะแนะนำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยยืดเหยียดกล้ามเนื้อ อบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายร่างกาย หลังสิ้นสุดการฝึก หากพบว่าขณะที่ทำการฝึกและการทดลองมีอาการเจ็บปวดเกิดขึ้น ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยแจ้งให้ผู้วิจัยทราบโดยทันที ซึ่งทางผู้วิจัยจะประเมินความรุนแรงของอาการ และพิจารณาการรักษาตามความเหมาะสม โดยผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่ารักษาพยาบาล

กระบวนการฝึกและการทดลองจะใช้ระยะเวลาประมาณ 8 สัปดาห์ ซึ่งผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องสละเวลาส่วนตัว 3 วันต่อสัปดาห์เพื่อเข้าร่วมการฝึก หากผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สะดวกตามวันเวลาที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ ขอให้แจ้งต่อผู้วิจัยเพื่อหาวันเวลาที่เหมาะสมที่สามารถเข้าร่วมได้

มาตรการป้องกันโรคโควิด-19 (COVID-19)

- ก่อนเข้าร่วมการทดสอบและการฝึก ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องตอบแบบสอบถามประเมินความเสี่ยงโรคโควิด-19 หากพบว่ามีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ ผู้วิจัยจะเลื่อนการทดสอบและการฝึกของผู้เข้าร่วมการวิจัยท่านนั้นออกไป
- วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการวิจัยจะไม่มีการใช้ซ้ำ สำหรับเครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยจะทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ หรือน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนนำไปใช้กับผู้เข้าร่วมการวิจัยลำดับต่อไป
- ผู้วิจัย ผู้ช่วยการวิจัย และผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาที่เข้าร่วมกระบวนการวิจัย
- จัดเตรียมแอลกอฮอล์เจลล้างมือให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยขณะเข้าร่วมกระบวนการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัย

ประโยชน์จากโครงการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ทางวิชาการสำหรับการพัฒนาสมรรถภาพทางร่างกาย ซึ่งผลประโยชน์ดังกล่าวมุ่งเน้นให้มีการนำองค์ความรู้ทางด้านจิตวิทยามาประยุกต์ใช้ร่วมกับการฝึกซ้อมและการออกกำลังกาย

การพิทักษ์สิทธิ์ของกลุ่มตัวอย่าง

การเข้าร่วมในการวิจัยของผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นโดย**สมัครใจ** และสามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ **โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงจะได้รับ** การถอนตัวจากการวิจัยครั้งนี้จะไม่มีผลต่อผู้เข้าร่วมการทดลอง ข้อมูลทุกอย่างของผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ การนำเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุตัวตนของผู้เข้าร่วมการวิจัยจะไม่ปรากฏในรายงาน เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิจัยแล้ว ข้อมูลของผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย

หากมีข้อสงสัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ทราบอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้รับค่าชดเชยการเสียเวลาครั้งละ 50 บาท เป็นจำนวน 22 ครั้ง ประกอบด้วยการฝึก 20 ครั้ง และการทดสอบ 2 ครั้ง

หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ 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

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย **และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ** และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

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

ลงชื่อ...

(..)

พยาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ฉ

ใบรับรองโครงการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์: 02-218-3202, 02-218-3049 Email: eccu@chula.ac.th

COA No. 068/65

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 650004 : ผลของการฝึกด้วยแรงต้านควบคู่กับการใช้การเพ่งความตั้งใจที่แตกต่างกันที่มีผลต่อขนาดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

ผู้วิจัยหลัก : นาย พศวัต ศรีทอง

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 (ค.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม [signature]	ลงนาม [signature]
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ ปรีดา ทัศนประดิษฐ)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์)
ประธาน	กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 17 มีนาคม 2565

วันหมดอายุ : 16 มีนาคม 2566

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1.เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย
2.โครงการวิจัย
3.ผู้วิจัย
4.เครื่องมือวิจัย
5.ใบประชาสัมพันธ์

เงื่อนไข

1. [illegible]
2. [illegible]
3. [illegible]
4. [illegible]
5. [illegible]
6. [illegible]
7. [illegible]
8. [illegible]
9. [illegible]
10. [illegible]
11. [illegible]

เลขที่โครงการวิจัย 650004
วันที่รับรอง 17 มี.ค. 2565
วันที่หมดอายุ 16 มี.ค. 2566

Digital Certificate

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European journal of applied physiology*, *89*(6), 555-563.

Boone, C. H., Stout, J. R., Beyer, K. S., Fukuda, D. H., & Hoffman, J. R. (2015). Muscle strength and hypertrophy occur independently of protein supplementation during short-term resistance training in untrained men. *Appl Physiol Nutr Metab*, *40*(8), 797-802. https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0027

Brzycki, M. (1993). Strength testing—predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of physical education, recreation & dance*, *64*(1), 88-90.

Calatayud, J., Vinstrup, J., Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Brandt, M., Jay, K., Colado, J. C., & Andersen, L. L. (2016). Importance of mind-muscle connection during progressive resistance training. *European journal of applied physiology*, *116*(3), 527-533.

Calatayud, J., Vinstrup, J., Jakobsen, M. D., Sundstrup, E., Colado, J. C., & Andersen, L. L. (2017). Mind-muscle connection training principle: influence of muscle strength and training experience during a pushing movement. *European journal of applied physiology*, *117*(7), 1445-1452.

DeFreitas, J. M., Beck, T. W., Stock, M. S., Dillon, M. A., Sherk, V. D., Stout, J. R., & Cramer, J. T. (2010). A comparison of techniques for estimating training-induced changes in muscle cross-sectional area. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(9), 2383-2389.

Diniz, R. C., Tourino, F. D., Lacerda, L. T., Martins-Costa, H. C., Lanza, M. B., Lima, F. V., & Chagas, M. H. (2022). Does the muscle action duration induce different regional muscle hypertrophy in matched resistance training protocols? *Journal of strength and conditioning research*, *36*(9), 2371-2380.

Ghanati, H. A., Letafatkar, A., Almonroeder, T. G., & Rabiei, P. (2022). Examining the influence of attentional focus on the effects of a neuromuscular training

program in male athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *36*(6), 1568-1575.

Grgic, J., Lazinica, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–retest reliability of the one-repetition maximum (1RM) strength assessment: a systematic review. *Sports medicine-open*, *6*(1), 1-16.

Grgic, J., Mikulic, I., & Mikulic, P. (2021). Acute and long-term effects of attentional focus strategies on muscular strength: A meta-analysis. *Sports*, *9*(11), 153.

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

Hakkinen, K., Kallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, H., Malkia, E., Kraemer, W., Newton, R., & Alen, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of applied physiology*, *84*(4), 1341-1349.

Halperin, I., Vigotsky, A. D., Foster, C., & Pyne, D. B. (2018). Strengthening the practice of exercise and sport-science research. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(2), 127-134.

Halperin, I., Williams, K. J., Martin, D. T., & Chapman, D. W. (2016). The effects of attentional focusing instructions on force production during the isometric midthigh pull. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *30*(4), 919-923.

Henneman, E., Somjen, G., & Carpenter, D. O. (1965). Excitability and inhibitibility of motoneurons of different sizes. *Journal of neurophysiology*, *28*(3), 599-620.

Herbert, R., Dean, C., & Gandevia, S. (1998). Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contractions. *Acta Physiologica Scandinavica*, *163*(4), 361-368.

Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, J. P., Weir, L. L., Johnson, G. O., & Stout, J. R. (1995). Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *27*(5), 784-791.

Kal, E., Van der Kamp, J., & Houdijk, H. (2013). External attentional focus enhances movement automatization: A comprehensive test of the constrained action hypothesis. *Human movement science*, *32*(4), 527-539.

Kauranen, K., & Vanharanta, H. (1996). Influences of aging, gender, and handedness on motor performance of upper and lower extremities. *Perceptual and Motor Skills*, *82*(2), 515-525.

Kawakami, Y., Abe, T., Kuno, S.-Y., & Fukunaga, T. (1995). Training-induced changes in muscle architecture and specific tension. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *72*(1), 37-43.

Konrad, P. (2005). The abc of emg. *A practical introduction to kinesiological electromyography*, *1*(2005), 30-35.

Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., & French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Current sports medicine reports*, *1*(3), 165-171.

Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International journal of environmental research and public health*, *16*(24), 4897.

Lacerda, L. T., Marra-Lopes, R. O., Diniz, R. C., Lima, F. V., Rodrigues, S. A., Martins-Costa, H. C., Bemben, M. G., & Chagas, M. H. (2020). Is performing repetitions to failure less important than volume for muscle hypertrophy and strength? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(5), 1237-1248.

Lasevicius, T., Schoenfeld, B. J., Silva-Batista, C., Barros, T. d. S., Aihara, A. Y., Brendon, H., Longo, A. R., Tricoli, V., Peres, B. d. A., & Teixeira, E. L. (2022). Muscle failure promotes greater muscle hypertrophy in low-load but not in high-load resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, *36*(2), 346-351.

Marchant, D. C., & Greig, M. (2017). Attentional focusing instructions influence quadriceps activity characteristics but not force production during isokinetic knee extensions. *Human movement science*, *52*, 67-73.

Marchant, D. C., Greig, M., Bullough, J., & Hitchen, D. (2011). Instructions to adopt an external focus enhance muscular endurance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *82*(3), 466-473.

Marchant, D. C., Greig, M., & Scott, C. (2009). Attentional focusing instructions influence force production and muscular activity during isokinetic elbow flexions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(8), 2358-2366.

Moritani, T. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American journal of physical medicine*, *58*(3), 115-130.

Nadzalan, A. M., Lee, J. L. F., Azzfar, M. S., Muhammad, N. S., Shukri, E. W. M. C., & Mohamad, N. I. (2019). The effects of resistance training with different focus attention on muscular strength: Application to teaching methods in physical conditioning class. *Age (years)*, *21*, 1.00.

Narici, M. V., Hoppeler, H., Kayser, B., Landoni, L., Claassen, H., Gavardi, C., Conti, M., & Cerretelli, P. (1996). Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiologica Scandinavica*, *157*(2), 175-186.

Neumann, D. L. (2019). A systematic review of attentional focus strategies in weightlifting. *Frontiers in sports and active living*, *1*, 7.

Nóbrega, S. R., Ugrinowitsch, C., Pintanel, L., Barcelos, C., & Libardi, C. A. (2018). Effect of resistance training to muscle failure vs. volitional interruption at high-and low-intensities on muscle mass and strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(1), 162-169.

Ranganathan, V. K., Siemionow, V., Liu, J. Z., Sahgal, V., & Yue, G. H. (2004). From mental power to muscle power—gaining strength by using the mind. *Neuropsychologia*, *42*(7), 944-956.

Santos, R., Valamatos, M., Mil-Homens, P., & Armada-da-Silva, P. (2018). Muscle thickness and echo-intensity changes of the quadriceps femoris muscle during a strength training program. *Radiography*, *24*(4), e75-e84.

Schmidt, R. A., Lee, T. D., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H. N. (2018). *Motor control and learning: A behavioral emphasis*. Human kinetics.

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

Schoenfeld, B. J. (2020). *Science and development of muscle hypertrophy*. Human Kinetics.

Schoenfeld, B. J., & Contreras, B. (2016). Attentional focus for maximizing muscle development: The mind-muscle connection. *Strength & Conditioning Journal*, *38*(1), 27-29.

Schutts, K. S., Wu, W. F., Vidal, A. D., Hiegel, J., & Becker, J. (2017). Does focus of attention improve snatch lift kinematics? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(10), 2758-2764.

Snyder, B. J., & Fry, W. R. (2012). Effect of verbal instruction on muscle activity during the bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(9), 2394-2400.

Sperry, R. W., & Schmitt, F. O. (1976). The problem of central nervous reorganization after nerve regeneration and muscle transposition. *The Quarterly review of biology*, *51*, 125-185.

Stone, M. H., Stone, M., & Sands, W. A. (2007). *Principles and practice of resistance training*. Human Kinetics.

Suchomel, T. J., Nimphius, S., Bellon, C. R., & Stone, M. H. (2018). The importance of muscular strength: training considerations. *Sports medicine*, *48*(4), 765-785.

Taylor, L. (2017). *The impact of attentional focus cueing within a training intervention on back squat and deadlift performance in team sport athletes* St Mary's University, Twickenham].

Terada, K., Kikuchi, N., Burt, D., Voisin, S., & Nakazato, K. (2022). Low-load resistance training to volitional failure induces muscle hypertrophy similar to volume-matched, velocity fatigue. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *36*(6), 1576-1581.

Tracy, B. L., Mehoudar, P. D., & Ortega, J. D. (2007). The amplitude of force variability is correlated in the knee extensor and elbow flexor muscles. *Experimental brain research*, *176*(3), 448-464.

van Melick, N., Meddeler, B. M., Hoogeboom, T. J., Nijhuis-van der Sanden, M. W., & van Cingel, R. E. (2017). How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PloS one*, *12*(12), e0189876.

Vance, J., Wulf, G., Töllner, T., McNevin, N., & Mercer, J. (2004). EMG activity as a function of the performer's focus of attention. *Journal of motor behavior*, *36*(4), 450-459.

Vigotsky, A. D., Beardsley, C., Contreras, B., Steele, J., Ogborn, D., & Phillips, S. M. (2017). Greater electromyographic responses do not imply greater motor unit recruitment and 'hypertrophic potential'cannot be inferred. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*(1), e1-e4.

Vigotsky, A. D., Halperin, I., Lehman, G. J., Trajano, G. S., & Vieira, T. M. (2018). Interpreting signal amplitudes in surface electromyography studies in sport and rehabilitation sciences. *Frontiers in physiology*, 985.

Wakahara, T., Ema, R., Miyamoto, N., & Kawakami, Y. (2017). Inter-and intramuscular differences in training-induced hypertrophy of the quadriceps femoris: association with muscle activation during the first training session. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *37*(4), 405-412.

Wakahara, T., Fukutani, A., Kawakami, Y., & Yanai, T. (2013). Nonuniform muscle hypertrophy: its relation to muscle activation in training session. *Med Sci Sports Exerc*, *45*(11), 2158-2165.

Wakahara, T., Miyamoto, N., Sugisaki, N., Murata, K., Kanehisa, H., Kawakami, Y., Fukunaga, T., & Yanai, T. (2012). Association between regional differences in muscle activation in one session of resistance exercise and in muscle hypertrophy after resistance training. *European journal of applied physiology*, *112*(4), 1569-1576.

Warburton, D., Jamnik, V., Bredin, S., Shephard, R., & Gledhill, N. (2021). The 2021 physical activity readiness questionnaire for everyone (PAR-Q+) and electronic physical activity readiness medical examination (ePARmed-X+): 2021 PAR-Q+. *The Health & Fitness Journal of Canada*, *14*(1), 83-87.

Whyte, G. P. (2006). *The physiology of training*. Churchill Livingstone/Elsevier.

Wulf, G. (2013). Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *International Review of sport and Exercise psychology*, *6*(1), 77-104.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Wulf, G., & Lewthwaite, R. (2016). Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning: The OPTIMAL theory of motor learning. *Psychonomic bulletin & review*, *23*(5), 1382-1414.

Wulf, G., McNevin, N., & Shea, C. H. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, *54*(4), 1143-1154.

Zachry, T., Wulf, G., Mercer, J., & Bezodis, N. (2005). Increased movement accuracy and reduced EMG activity as the result of adopting an external focus of attention. *Brain research bulletin*, *67*(4), 304-309.

ภูจันทร์, พ. (2547). การฝึกน้ำหนักเบื้องต้น. โอเดียรสโตร์.

รัตนจรัสโรจน์, บ. (2539). การ เปรียบเทียบการใช้ กุศโลบายเพ่งความตั้งใจ ของนักวิ่งมาราธอนเพศชายที่ประสบความสำเร็จ สูงและ ระสบความสำเร็จ ต่ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/30250

สีละมาด, ส., & สีละมาด, ด. (2560). การฝึกด้วยน้ำหนัก : การประยุกต์กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาสู่เทคนิคการปฏิบัติ. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พศวัต ศรีทอง
วัน เดือน ปี เกิด	17 พฤศจิกายน 2536
สถานที่เกิด	นนทบุรี
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศึกษาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาพลศึกษา ปี 2561
ที่อยู่ปัจจุบัน	101/61 ซอยสายไหม 85 แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University