เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ (EMG) และความรู้สึกล้าขณะออกกำลังกายในท่าดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายกับกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย

นายเกริก บุตรวงศ์โสภา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISON OF RELATION BETWEEN MUSCLE FATIGUE EMG MEASUREMENT AND SENSE OF FATIGUE DURING PUSH-UP EXERCISE IN WELL-TRAINED AND UN-TRAINED PERSON

Mr. Krerk Budhwongsopha

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports Medicine
FACULTY OF MEDICINE
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ (EMG) และความรู้สึกล้าขณะออกกำลังกายในท่าดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายกับกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย
โดย	นายเกริก บุตรวงศ์โสภา
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉันชาย สิทธิพันธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นายแพทย์ภาสกร วัธนธาดา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนต์ชัย โชติดาว)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เกริก บุตรวงศ์โสภา : เปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ (EMG) และความรู้สึกล้าขณะออกกำลังกายในท่าดันพื้นในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายกับกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย. (COMPARISON OF RELATION BETWEEN MUSCLE FATIGUE EMG MEASUREMENT AND SENSE OF FATIGUE DURING PUSH-UP EXERCISE IN WELL-TRAINED AND UN-TRAINED PERSON) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. นพ.สมพล สงวนรังศิริกุล

การออกกำลังกายท่าดันพื้นเป็นท่ามาตรฐานในการออกกำลังกายแบบ compound movement ของกล้ามเนื้อช่วงบน การประเมินความล้าของผู้ปฏิบัติให้รวดเร็วและแม่นยำจะช่วยป้องกันการบาดเจ็บได้ จุดประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อเปรียบเทียบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณกระแสประสาทและการรับรู้ขณะเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้าขณะออกกำลังกายท่าดันพื้นในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ออกกำลังกายในท่าดันพื้น (Well-trained) และกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ออกกำลังกายในท่าดันพื้น (Un-trained) เพศชายอายุ 20-35 ปี โดยแบ่งกลุ่มละ 30 คน ทำการดันพื้นจนเกิดอาการล้าไม่สามารถดันพื้นต่อได้ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม Well-trained มีจำนวนครั้งที่ดันพื้นมากกว่ากลุ่ม Un-trained อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ย 27.3±6.3 ครั้ง และ 18.2±4.3 ครั้ง ($p=0.001$) ตามลำดับ โดยในกลุ่ม Well-trained ความล้าที่วัดได้จากการลดลงของค่าความถี่มัธยฐาน (Delta median frequency, ΔMDF) ในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major มีความสัมพันธ์กับ Visual numeric scale of fatigue (VNS-F) ในระดับสูง ($r=-0.98$, $p<0.05$) ส่วนกลุ่ม Un-trained การลดลงของ ΔMDF ในกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และกล้ามเนื้อ Upper Trapezius มีความสัมพันธ์กับ VNS-F ในระดับสูง $r = -0.93$, $p<0.05$ และ $r = -0.86$, $p<0.05$ ตามลำดับ โดยทั้ง 2 กลุ่มพบว่า ΔMDF ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อค่า VNS-F มากกว่า 6 สรุปว่าในการออกกำลังกายท่าดันพื้น ความสัมพันธ์ของภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากกระแสประสาทกล้ามเนื้อกับความรู้สึกล้ามีความสัมพันธ์ในระดับสูงทั้งสองกลุ่ม แต่จะแตกต่างกันที่กลุ่มกล้ามเนื้อ โดยกลุ่ม Well-trained วัดได้ที่กล้ามเนื้อหลักมัดใหญ่ที่ใช้ในท่าดันพื้น ส่วนกลุ่ม Un-trained วัดได้ที่กล้ามเนื้อหลักมัดเล็กและกล้ามเนื้อมัดรองในท่าดันพื้น ดังนั้นในกลุ่ม Un-trained ควรเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ Pectoralis Major ให้แข็งแรงก่อนเพื่อป้องกันการบาดเจ็บจากการใช้กล้ามเนื้อผิดมัดในการออกกำลังกายท่าดันพื้น

สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2565	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

6174003930 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORD: Push-up, Muscle Fatigue, Perception of Fatigue

Krerk Budhwongsopha : COMPARISON OF RELATION BETWEEN MUSCLE FATIGUE EMG MEASUREMENT AND SENSE OF FATIGUE DURING PUSH-UP EXERCISE IN WELL-TRAINED AND UN-TRAINED PERSON . Advisor: Assoc. Prof. PONGSAK YUKTANANDANA, M.D. Co-advisor: Assoc. Prof. SOMPOL SAGUANRUNGSIRIKUL, M.D.

Push-up is standard for compound movement exercise of upper body muscle. Fast and accurate assessment of muscle fatigue can early prevent the injury from this type of exercise. The purpose of this research was to measure fatigue using electromyography (EMG) and study correlation of EMG parameters with visual numeric scale of fatigue (VNS-F) comparing between Well-trained and Un-trained. Sixty males aged 20-35 years, divided into 2 groups (30 each groups) The study was found that Well-trained group had significantly push-up repetitions more than Un-trained group (27.3±6.3 times and 18.2±4.3 times, p=0.01), respectively. In the well-trained group, fatigue measured as a decreasing of delta median frequency (ΔMDF) in the pectoralis major muscle was correlated with the Visual numeric scale of fatigue (VNS-F) at a high level (r=-0.98, p<0.05). Whereas in Un-trained group, the reduction of ΔMDF in the Triceps Brachialis and Upper Trapezius muscles were correlated with VNS-F at high level (r = -0.93, p<0.05 and r = -0.86, p<0.05, respectively). The ΔMDF was significantly decreased when the VNS-F was greater than 6, similarly in both groups. The relationship between muscle fatigue as measured by neuromuscular impulse and feeling of fatigue was not different between both groups. However, the location of fatigue was found at major muscle in Well-trained but found at minor muscle in Un-trained persons. Accordingly, Un-trained person should strengthen Triceps Brachialis and Pectoralis to avoid injury from misuse muscle in Push-up exercise.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

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

Academic Year: 2022 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รศ.นพ. พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรศ.นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา มอบความรู้ ให้ข้อคิดเห็น และคำแนะนำช่วยเหลือ ตลอดจนเอาใจใส่การปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินการวิจัย จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ รศ.นพ.ดร. ภาสกร วัธนธาดาประธานคณะกรรมการสอบ รศ.ดร.มนต์ชัย โชติดาว กรรมการ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไขปรับปรุง และข้อคิดเห็นต่าง ๆที่มีประโยชน์มากระหว่างการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ Aspire Coaching อาคารจัสมิน ซอย สุขุมวิท 23 ที่เอื้ออำนวยสถานที่ในการทำวิจัย

ขอขอบคุณ นายกิตติกร สีหาบุตร รุ่นพี่และเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิด ในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 60 คน ที่ให้ความร่วมมือตลอดระยะเวลาเก็บข้อมูลวิจัย

ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้องและเพื่อนๆ นิสิตเวชศาสตร์การกีฬาทุกคนเสมอมา ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณและส่งความปรารถนาดีไปยังผู้ให้การช่วยเหลือ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างยิ่งตั้งแต่แรกจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินชีวิต พ่อแม่ ภรรยาและญาติพี่น้อง ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เกริก บุตรวงศ์โสภา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

..... ค

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 12

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย (Background and Rationale) 12

คำถามงานวิจัย (Research Question) 14

วัตถุประสงค์ในการวิจัย (Study objective) 14

สมมติฐานการวิจัย (Study hypothesis) 15

กรอบแนวความคิด (Conceptual framework) 15

ขอบเขตของการวิจัย 16

คำสำคัญ (Keywords) 16

ข้อตกลงเบื้องต้น 16

ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitation) 17

คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัย (Operational definition) 17

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย (Expected Benefit and Application) 18

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 19

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทบทวนวรรณกรรม (Literature review) 19
กล้ามเนื้อของท่าดันพื้น 20
การแบ่งประเภทของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย 20
กลศาสตร์ของท่าดันพื้น 21
การเกิดกล้ามเนื้อล้า 21
พารามิเตอร์ที่วัดกล้ามเนื้อล้า 22
สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม 28
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย 29
รูปแบบการวิจัย 29
ระเบียบวิธีวิจัย 29
เกณฑ์ในการคัดเข้าศึกษา (Inclusion criteria) 29
เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (Exclusion criteria) 31
การคำนวณขนาดตัวอย่าง 31
การเลือกกลุ่มตัวอย่าง 33
การเข้าถึงอาสาสมัคร 33
เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 33
ขั้นตอนการทดสอบ 34
การเก็บรวบรวมข้อมูล 38
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 38
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 39
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 39
ตอนที่ 1 คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย 40
ตอนที่ 2 ภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทกล้ามเนื้อขณะทำท่าดันพื้น ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม 41

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อแต่ละมัดขณะทำท่าดันพื้น ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2กลุ่ม 58
ตอนที่ 4 ความสัมพันธ์ของความรู้สึกล้า (VNS-F) กับการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้า ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม 63
บทที่5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 72
สรุปผลการวิจัย 72
อภิปรายผล 74
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 79
ภาคผนวก ก 80
ภาคผนวก ข 83
ภาคผนวก ค 93
ภาคผนวก ง 94
บรรณานุกรม 96
ประวัติผู้เขียน 101

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 60 คน 40

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดของการดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group).. 44

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า ΔMDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดของการดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group).. 47

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดตามการดันพื้น ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)..... 52

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า ΔMDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดตามการดันพื้น ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)..... 54

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า VNS-F แต่ละครั้งที่ดันพื้นได้ ในผู้ที่ออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่ม 57

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group) 66

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า ΔMDF กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group) 67

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (un-trained)... 70

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า ΔMDF กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (un-trained)... 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงถึงเกณฑ์การแบ่งกลุ่มความแข็งแรงในท่าดันพื้นตามเพศและอายุ จาก ACSM..... 18

ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มกล้ามเนื้อต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ในการดันพื้น 21

ภาพที่ 3 การวัดกล้ามเนื้อล้าโดยตรง (direct assessment of fatigue) วัดจาก maximal voluntary contraction กราฟด้านบนแสดงให้เห็นว่าแม้ว่าการหดตัวลดลงมาอยู่ที่ submaximal contraction แต่ความสามารถของกล้ามเนื้อก็ยังรักษา target intensity ไว้ได้ดังนั้นตามคำจำกัดความของกล้ามเนื้อล้าจากกราฟด้านล่างจะเห็นว่าเมื่อเวลามาถึงจุดที่ไม่สามารถรักษา target force ไว้ได้ก็จะเห็นว่า maximal force ค่อยๆลดลง Modified after Vøllestad (1995)..... 23

ภาพที่ 4 แสดงค่า Peak power ในการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละครั้งของอาสาสมัคร โดยการปั่นจักรยานแบบ high intensity ด้วยความเร็วที่คงที่ (120 รอบต่อนาที) โดยที่จุดวงกลมขาวคือตอนที่ยังไม่มีอาการล้า จุดวงกลมดำคือตอนที่อาการล้าเกิดขึ้นหลังออกกำลังกายไปแล้ว 6 นาที Beelen and Sargeant (1991). 23

ภาพที่ 5 จากรูปเป็น ค่า MDF และ RMS ในช่วง Concentric phase อาสาสมัครนำร่อง ที่บ่งบอกถึงจำนวนครั้งที่มากขึ้นทำให้ ค่าMDF ค่อย ๆ ลดลง ส่วนค่า RMS ก็เริ่มจะมีค่าที่เพิ่มขึ้น..... 25

ภาพที่ 6 แสดง Visual numeric scale และระดับของความล้าที่สัมพันธ์กับตัวเลข(35)..... 26

ภาพที่ 7 การจัดท่าดันพื้นตามวิธีทดสอบของ ACSM (A) ทางด้านหน้า, (B) ทางด้านข้าง..... 30

ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย %MVIC และ ΔMDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดต่อจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)..... 42

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของค่า %MVIC และ ΔMDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดต่อจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)..... 50

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของค่า VAS-F กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ (Well-trained) และขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)..... 56

ภาพที่ 11 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Pectoralis Major ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 12 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) 60

ภาพที่ 13 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Serratus Anterior ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการ Serratus Anterior ออกกำลังกาย (เส้นประ)..... 61

ภาพที่ 14 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) 62

ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของค่า %MVIC และ ΔMDF กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)..... 64

ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ของค่า %MVIC และ ΔMDF กับ VAS-F score ของแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (un-trained) 68

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย (Background and Rationale)

การออกกำลังกายในท่าดันพื้นเป็นรูปแบบการออกกำลังที่มุ่งเน้นในการเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อส่วนบนโดยใช้น้ำหนักของตัวเอง (Body weight resistance training) ซึ่งท่าดันพื้นนี้เป็นที่นิยมสำหรับกลุ่มนักกีฬา หรือแม้แต่คนที่ออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายฟิตเนส เนื่องจากเป็นท่าออกกำลังกายที่เสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับท่าออกกำลังกายชนิดอื่น ๆ และท่าดันพื้นมีการเคลื่อนไหวข้อต่อมากกว่าหนึ่งข้อ (Compound movement) จึงมีการใช้กล้ามเนื้อหลายมัดในคราวเดียว นอกจากนี้ท่าดันพื้นยังง่ายต่อการปฏิบัติ เพราะสะดวก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใด ๆ ในการออกกำลังกาย ไม่ต้องการพื้นที่มาก ไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถปรับระดับความยากง่ายของท่าให้สอดคล้องต่อความแข็งแรงของผู้ออกกำลังกาย(1) ท่าดันพื้นจึงถูกเลือกให้เป็นท่าออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมติดอันดับหนึ่งในสามของ มาตรฐานการออกกำลังกายซึ่งแนะนำโดยวิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (American College of Sport Medicine หรือ ACSM) ในปี 2015-2016 (2) คนที่มีความมั่นคงของกล้ามเนื้อรอบสะบักและหัวไหล่ (Scapula stabilizer group) ระหว่างที่ทำท่าดันพื้นจะต้องใช้กล้ามเนื้อหลัก ได้แก่ กล้ามเนื้อ Pectoralis major กล้ามเนื้อ Triceps brachialis และกล้ามเนื้อ Anterior deltoid โดยที่กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ช่วยกล้ามเนื้อมัดหลักคือกล้ามเนื้อ Serratus anterior และกล้ามเนื้อที่ช่วยในการรักษาสมดุลของการเคลื่อนไหว คือ Upper trapezius ในขณะที่ทำท่าดันพื้นนั้นกล้ามเนื้อ Serratus anterior และ กล้ามเนื้อ Upper trapezius จะทำงานร่วมกันก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของสะบัก แต่ถ้าเกิดความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อทั้งสองนี้ กล้ามเนื้อ Serratus anterior ก็ถูกใช้งานน้อยลง ในขณะที่กล้ามเนื้อ Upper trapezius จะถูกใช้งานมากกว่าที่ควรจะเป็นส่งผลให้เกิดการเคลื่อนตัวยกขึ้นของกระดูกสะบักส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บของหัวไหล่ (3)

คนที่มีกล้ามเนื้อช่วงบนที่แข็งแรงทนทานก็จะออกกำลังกายท่าดันพื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถออกกำลังกายในรูปแบบอื่นที่ยากขึ้นหรือสามารถเพิ่มน้ำหนักในการออกกำลังกายได้มากขึ้นโดยที่ไม่บาดเจ็บ ทั้งนี้ ACSM ได้แบ่งกลุ่มความแข็งแรงของคนที่ออกกำลังกายท่าดันพื้นโดยนับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตามจำนวนครั้งที่ผู้ออกกำลังกายทำได้ แยกตามเพศ อายุ ซึ่งก็พบว่ายังมีบางคนที่ไม่สามารถออกกำลังกายท่าดันพื้นได้เนื่องด้วยปัญหาของความล้าที่เกิดขึ้น

โดยภาวะกล้ามเนื้อล้า คือ แรงหรือกำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อ maximal voluntary มีไม่เพียงพอ เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดการจำกัดศักยภาพของผู้ออกกำลังกายในการที่จะออกกำลังกายให้หนักหรือออกกำลังกายในระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งปกติภาวะกล้ามเนื้อล้าเกิดขึ้นได้ในช่วงที่ออกกำลังกายเนื่องจากกล้ามเนื้อเองขาดพลังงาน หรือระบายการคั่งของของเสียเช่น กรดแลคติกไม่ทัน แต่ก็อาจเกิดจากปัญหาทางระบบประสาท โครงสร้างกล้ามเนื้อ จนกระทั่งระบบหัวใจและหลอดเลือดได้ นอกจากนี้ยังมีเรื่องของความรู้สึกล้าที่เป็นกลไกระหว่างจิตใจและร่างกายที่เกิดขึ้นเมื่อใช้พลังงานมากเกินไปแล้วรู้สึกเหนื่อยล้า(4) จึงเป็นที่มาของการคิดค้นเครื่องมือต่าง ๆ ที่วัดความล้าและสามารถแยกได้ว่าความล้าเกิดจากกลไกที่บริเวณใดตามเส้นทางตั้งแต่ระบบประสาทส่วนกลางจนถึงเส้นใยกล้ามเนื้อ ไม่ว่าจะเป็นการวัด power output หรือ force generation การวัดโดย Electromyography การเจาะเลือดเพื่อดู biomarker ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคั่งของเสียในกล้ามเนื้อ และการประเมินความล้าโดยใช้สเกลต่าง ๆ เช่น numeric rating scale, visual analog scale เป็นต้น

Electromyography (EMG) เป็นวิธีการนำเอาความรู้ทางไฟฟ้ามาใช้ในการตรวจวัดกระแสประสาทของกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการวัดการหดตัวของกล้ามเนื้อและเป็นวิธีการวัดความล้าของกล้ามเนื้อในรูปแบบ Non-invasive ดังนั้นจึงสามารถแปรผลเรื่องความล้าของกล้ามเนื้อจากค่ากระแสสัญญาณประสาท (magnitude) ซึ่งพารามิเตอร์ที่นิยมใช้ในการวัดความล้า คือ การหาค่ารากของค่าเฉลี่ยของกำลังสองของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Root mean square (RMS) ซึ่งใช้วิธีวัดลักษณะเด่นของสัญญาณบนแกนเวลา (Time domain) เมื่อค่า RMS มีค่าที่เท่าเดิมและเริ่มจะมากขึ้น ในขณะที่พารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ Median frequency (MDF) หรือค่ากลางของความถี่ของกระแสสัญญาณประสาททั้งหมดโดยที่ค่า MDF เริ่มลดลง จะบ่งบอกถึงการเริ่มต้นของภาวะความล้า (4),(5)

ในส่วนของการวัดความล้าจากความรู้สึก (perception of fatigue) เครื่องมือวัดที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ Visual numeric scale for fatigue (VNS-F) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินความล้าที่เข้าใจง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เยอะหรือซับซ้อน ไม่มีปัญหาทำให้ความล้าของคนที่ล้าอยู่แล้วมีมากขึ้น โดยปกติ VNS-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

F ใช้มากในผู้ป่วยเพื่อวัดความล้าในเชิงจิตวิทยาที่ไม่ได้มุ่งเน้นว่ากลไกเกิดที่ตรงไหน (central หรือ peripheral fatigue) (6),(7),(8),(9)

นอกจากนี้มีการศึกษาที่หาความสัมพันธ์ระหว่าง VNS-F กับภาวะกล้ามเนื้อล้า โดยวัดเทียบกับพารามิเตอร์ของ EMG ในขณะออกกำลังกาย แล้วพบว่ามีความสัมพันธ์กัน แต่ในการศึกษานั้นใช้การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อในรูปแบบ isometric contraction และกล้ามเนื้อที่ทำการศึกษาเป็นมัดเดียว ไม่ซับซ้อน (10), (11)

นอกจากนี้ยังไม่พบการศึกษาใดที่วัดสัญญาณไฟฟ้าของการเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้า ณ ขณะที่ออกกำลังกายในท่าดันพื้น แล้วหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่บ่งชี้กับความรู้สึกล้าที่เป็น subjective complaint

จุดประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาสัญญาณไฟฟ้าขณะเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้าในการออกกำลังกายท่าดันพื้นที่ถือว่าเป็นท่ามาตรฐานการออกกำลังกายแบบ compound movement ของกล้ามเนื้อช่วงบน โดยหาความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้กับการรับรู้ความล้าของผู้ออกกำลังกาย (VNS-F) ว่าจะมีความแตกต่างกันตามประสบการณ์ของผู้ออกกำลังกายหรือไม่ และเพื่อที่จะหาว่าความล้าที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการใช้กล้ามเนื้อที่ไม่ถูกมัดหรือเป็นผลจากโครงสร้างกล้ามเนื้อหลักที่ไม่แข็งแรงทำให้บางคนไม่สามารถออกกำลังกายท่าดันพื้นอย่างได้มีประสิทธิภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามงานวิจัย (Research Question)

ในขณะออกกำลังกายท่าดันพื้นกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายจะมีความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้าและสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้าแตกต่างจากกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายหรือไม่?

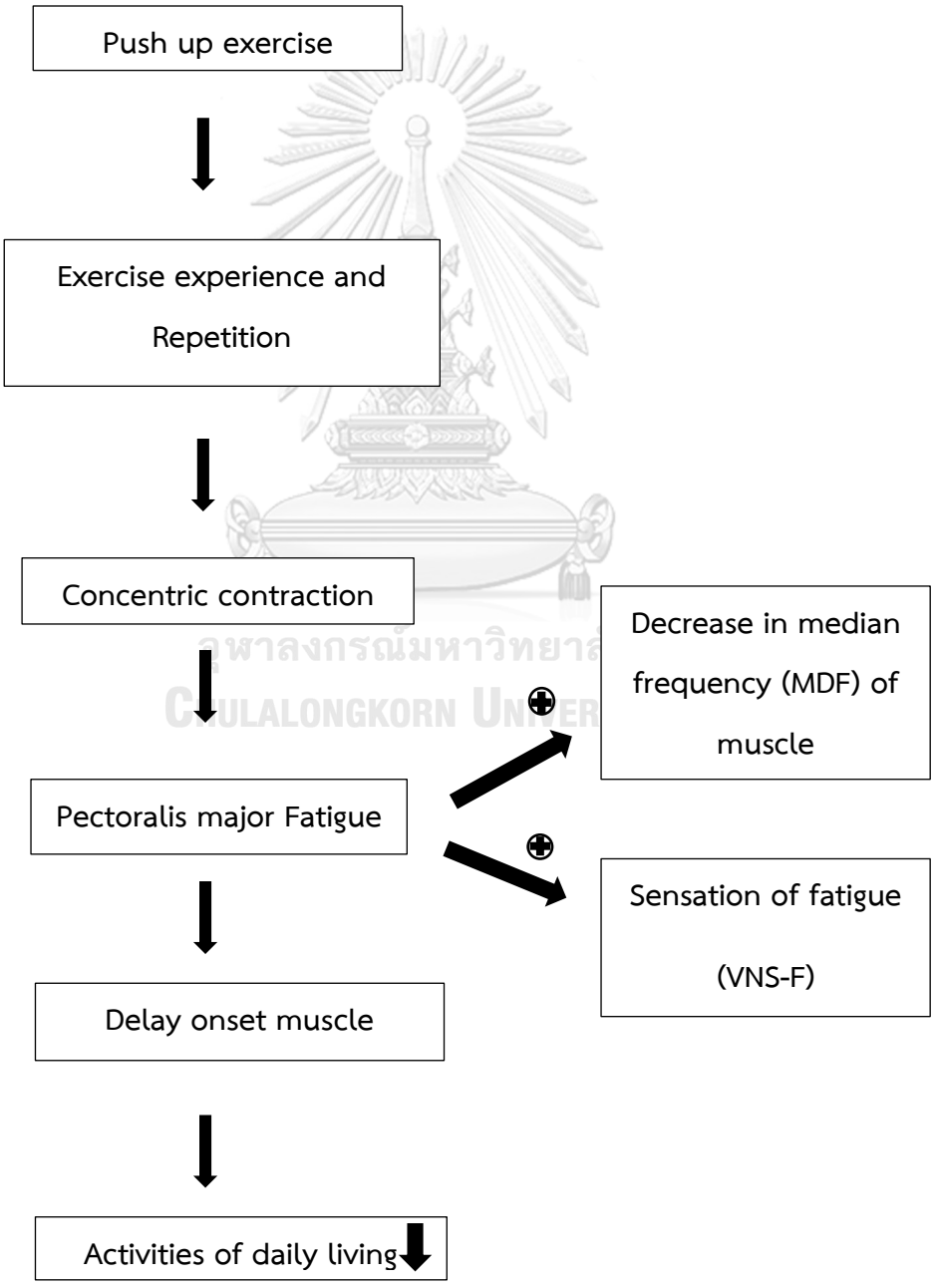
วัตถุประสงค์ในการวิจัย (Study objective)

เพื่อเปรียบเทียบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้าและสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายกับกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ในขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

สมมติฐานการวิจัย (Study hypothesis)

ในกลุ่มคนที่ฝึกฝนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนดี จะมีค่าความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้าและสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้าสูงกว่าคนที่ฝึกฝนปานกลาง ในขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

กรอบแนวความคิด (Conceptual framework)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอบเขตของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross sectional study)

   ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นสมาชิกสถานออกกำลังกายเพศชายสัญชาติไทย อายุ 20-35 ปี มีดัชนีมวลกาย 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร^2 มีสุขภาพดี แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บ บริเวณข้อต่อโอบไหล่ ข้อศอก ข้อมือ มาก่อนการเข้าร่วม ในระยะเวลา 2 เดือน ไม่มีความผิดปกติเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อของรยางค์แขน

2. การวิจัยครั้งนี้ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากเป็นการวิจัยในมนุษย์ ดังนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งสามารถขอถอนตัวจากงานวิจัยได้ทุกเมื่อ ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลอะไรก็ตาม
3. ผู้วิจัยทำการสอบเทียบเครื่องมือวิจัย (Calibration) ในครั้งแรกของวันที่เริ่มต้นเก็บข้อมูล

คำสำคัญ (Keywords)

Push-up, Muscle Fatigue, Perception of Fatigue

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องเป็นสมาชิกในสถานออกกำลังกายประเภทยิมชายไทย อายุ 20-35 ปี
2. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องลงลายมือชื่อให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมงานวิจัยก่อนทำการเก็บข้อมูล
3. หากตรวจประเมินแล้วพบว่ามีคุณสมบัติไม่ตรงกับเงื่อนไขที่ผู้วิจัยกำหนดจะถูกคัดออกจากการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยกเลิกการทำวิจัยในช่วงที่ทำการเก็บข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลแก้ผู้วิจัย
5. ข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ
6. หากเกิดอุบัติเหตุกับผู้เข้าร่วมวิจัยในขณะที่เก็บข้อมูล จะไม่นำข้อมูลที่ได้มาใช้วิเคราะห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดในการวิจัย (Limitation)

1. ประชากรที่เข้าร่วมการวิจัย นั้นคือสมาชิกในสถานออกกำลังกายเพศชายที่มีอายุอยู่ในช่วง 20 – 35 ปี ทำให้เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกลุ่มประชากรในช่วงอายุอื่น ๆ รวมถึงความแตกต่างของเพศ อาจจะทำให้เกิดผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน
2. ประชากรที่เข้าร่วมการวิจัยเป็นสมาชิกของสถานออกกำลังกายในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งไม่สามารถเป็นตัวแทนของประชากรชายไทยที่ออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายประเภทยิมทั่วทั้งประเทศได้

คำนิยามเชิงปฏิบัติการที่ใช้ในการวิจัย (Operational definition)

1. **Muscle fatigue** หมายถึง ภาวะกล้ามเนื้อล้าโดยในวิจัยนี้ใช้พารามิเตอร์ ความถี่มีเดียน (Median- frequency; MDF) ของกล้ามเนื้อและค่ากำลังสองของค่าเฉลี่ยสัญญาณ (Root mean square; RMS) เป็นตัวชี้วัด Peripheral fatigue หากสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้ที่กล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงทั้งกำลัง (Power spectrum) และความถี่ (Frequency) จะแสดงว่ามีภาวะความล้าของกล้ามเนื้อ
2. **Median Frequency (MDF)** หมายถึง ค่าความถี่กลางของกระแสประสาทกล้ามเนื้อมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz)
3. **ΔMDF** หมายถึง การหาค่ามาตรฐานโดยนำค่า MDF ครั้งที่ 1 ของการดันพื้นลบด้วยค่า MDF ครั้งที่ศึกษา
4. **Root mean square (RMS)** หมายถึง ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยแอมปลิจูดยกกำลังสอง มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ (μV)
5. **Maximum Voluntary Isometric Contraction (MVIC)** หมายถึง ความสามารถสูงสุดของกล้ามเนื้อในขณะตั้งใจออกแรงอยู่นิ่งกับที่
6. **%MVIC** หมายถึง ค่าร้อยละของ RMS ต่อ MVIC โดยให้ค่า MVIC เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของกระแสสัญญาณไฟฟ้าสูงสุดขณะหดตัวแบบนิ่งอยู่กับที่
7. **Visual numeric scale for fatigue (VNS-F)** หมายถึง การประเมินความรู้สึกล้า โดยเป็นเส้นที่ขีดจากจุดเริ่มต้นทางด้านซ้ายไปจนถึงจุดสิ้นสุดทางด้านขวามีตัวเลข 1-10 โดยที่หมายเลข 1 บ่งบอกระดับความล้าต่ำที่สุดและหมายเลข 10 บ่งบอกระดับความล้าสูงสุด
8. **ผู้มีประสบการณ์การในการออกกำลังกายในท่าดันพื้น (Well-trained)** ได้แก่ ผู้เข้าร่วมวิจัยเพศชายที่สามารถทำการทดสอบ ACSM Push-up test ได้จำนวนครั้งติดต่อกัน 29 ครั้งขึ้นไป ในช่วงอายุระหว่าง 20-29ปี และ 22 ครั้งขึ้นไป ในช่วงอายุระหว่าง 30-35ปี โดยเป็น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คนที่มีประสบการณ์ในการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบนมาก่อนจึงทำท่าดันพื้นอยู่ในระดับที่ดีมาก (Very good) จนถึงยอดเยี่ยม (Excellent) ดังภาพที่ 1

9. **ผู้ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายในท่าดันพื้น (Un-trained)** ได้แก่ ผู้เข้าร่วมวิจัยเพศชายที่สามารถทำการทดสอบ ACSM Push-up testได้จำนวนครั้งติดต่อกัน 17-28 ครั้ง ในช่วงอายุระหว่าง 20-29ปี และ 12-21 ครั้ง ในช่วงอายุระหว่าง 30-35ปีโดยเป็นคนที่ยังขาดประสบการณ์ในการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบน ความแข็งแรงในการดันพื้นจึงอยู่ในระดับดีลงมา ดังภาพที่ 1

TABLE 4.11

Fitness Categories for the Push-up by Age and Sex

Category	Age (yr) 20–29		30–39		40–49		50–59		60–69	
Sex	**M**	**W**	**M**	**W**	**M**	**W**	**M**	**W**	**M**	**W**
Excellent	≥36	≥30	≥30	≥27	≥25	≥24	≥21	≥21	≥18	≥17
Very good	29–35	21–29	22–29	20–26	17–24	15–23	13–20	11–20	11–17	12–16
Good	22–28	15–20	17–21	13–19	13–16	11–14	10–12	7–10	8–10	5–11
Fair	17–21	10–14	12–16	8–12	10–12	5–10	7–9	2–6	5–7	2–4
Poor	≤16	≤9	≤11	≤7	≤9	≤4	≤6	≤1	≤4	≤1

ภาพที่ 1 แสดงถึงเกณฑ์การแบ่งกลุ่มความแข็งแรงในท่าดันพื้นตามเพศและอายุ จาก ACSM

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลหรือประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย (Expected Benefit and Application)

เพื่อให้ทราบถึงความรู้สึกล้า เมื่อเปรียบเทียบกับ ความล้าของสัญญาณกระแสประสาทกล้ามเนื้อของผู้ที่มีประสบการณ์ และขาดประสบการณ์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการฝึกสอนลูกค้าและนักกีฬา เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการล้าที่มากเกินไป นำไปสู่โอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อซึ่งส่งผลต่อแรงจูงใจในการมาออกกำลังกายของลูกค้าและความต่อเนื่องของโปรแกรมการฝึก

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนวรรณกรรม (Literature review)

การออกกำลังกายโดยใช้น้ำหนักตัวเองเป็นแรงต้านและประโยชน์ของท่าดันพื้น การออกกำลังกายโดยใช้น้ำหนักตัวเองเป็นแรงต้าน (Body weight resistance training) สามารถป้องกันความเสื่อมหรือความอ่อนแอของกล้ามเนื้อ และเนื่องจากเป็นการออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อหลายมัดและมีการเคลื่อนไหวข้อต่อหลายจุดจึงเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยหากทำเป็นประจำจะช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีนและเร่งการสร้างเส้นใยกล้ามเนื้อ เนื่องจากการออกกำลังกายโดยใช้น้ำหนักตัวเองเป็นแรงต้านมีการใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ให้ได้มากที่สุดจึงช่วยเพิ่มความแข็งแรงของระบบไหลเวียนโลหิตได้อย่างมากอีกด้วย มีการศึกษาพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแปรผกผันกับการแข็งตัวของหลอดเลือดแดงและโอกาสเกิดหลอดเลือดแดงอุดตันโดยศึกษาในคนที่ออกกำลังกายโดยใช้น้ำหนักตัวเองเป็นแรงต้านเช่น การทำท่าดันพื้น(12) โดยการออกกำลังกายโดยการทำท่าดันพื้นเป็นการออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบนที่ใช้น้ำหนักตัวเองเป็นแรงต้านที่ได้รับความนิยมสำหรับกลุ่มนักกีฬา หรือแม้แต่คนที่ออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายฟิตเนส เนื่องจากเป็นท่าออกกำลังกายที่เสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับท่าออกกำลังกายชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ท่าดันพื้นยังง่ายต่อการปฏิบัติเพราะสะดวก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใด ๆ ในการฝึก ไม่ต้องการพื้นที่มาก ไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถปรับระดับความยากง่ายของท่าให้สอดคล้องต่อความแข็งแรงของผู้ฝึก(1) และเนื่องจากท่าดันพื้นเป็นท่าที่ใช้อยู่เป็นประจำในการฝึกออกกำลังกาย และเป็นท่าที่ถูก สอดแทรกอยู่ในโปรแกรมการออกกำลังกายไม่ว่าจะเป็นในนักกีฬาหรือในผู้เริ่มต้นฝึกออกกำลังกาย(2) เพื่อให้มีการพัฒนาทางด้านสรีรวิทยาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ผลิตแรงได้มากขึ้น รวมถึงความทนทานของระบบไหลเวียนเลือด ซึ่งจะนำไปสู่ท่าออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบนที่ยากขึ้น หรือนำไปสู่ท่าออกกำลังกายที่ต้องใช้อุปกรณ์เช่น Barbell Bench press Push sled เป็นต้น ท่าดันพื้นจึงถูกเลือกให้เป็นท่าออกกำลังกายที่ใช้น้ำหนักที่ได้รับความนิยมติดอันดับหนึ่งในสามของ มาตรฐานการออกกำลังกายซึ่งแนะนำโดยวิทยาลัยแพทย์เวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (American College of Sport Medicine หรือ ACSM) ในปี 2015-2016.(2)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กล้ามเนื้อของท่าดันพื้น

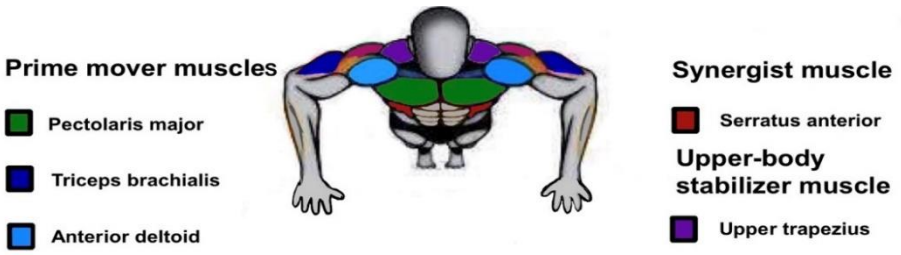
กล้ามเนื้อที่ใช้ออกแรงในท่าดันพื้นคือ Pectoralis major Triceps brachialis และ Anterior deltoid ส่วนกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ช่วยในการสร้างความมั่นคงให้กับกล้ามเนื้อส่วนบนของร่างกายและเป็นตัวช่วยในการกระตุ้นการเกร็งตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ คือ Latissimus dorsi Biceps brachialis Posterior deltoid Upper trapezius Middle trapezius Lower trapezius และ Serratus anterior กล้ามเนื้ออื่นที่ช่วยเสริมความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัว คือ Psoas External oblique Internal oblique Transverse abdominis Rectus abdominis Rectus femoris และ Erector spinae (13) ในขณะทำท่าดันพื้น (ภาพที่ 2) กล้ามเนื้อหลัก ได้แก่ กล้ามเนื้อ Pectoralis major กล้ามเนื้อ Triceps brachialis และกล้ามเนื้อ Anterior deltoid ส่วนกล้ามเนื้อมัดรองได้แก่ Serratus anterior และ Upper trapezius ซึ่งจะทำงานร่วมกันก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของสะบักแบบสมดุล หากกล้ามเนื้อ Serratus anterior ถูกใช้งานน้อยลงในขณะที่กล้ามเนื้อ Upper trapezius ถูกใช้งานมากขึ้น จะก่อให้เกิดกล้ามเนื้อล้าได้มากขึ้น(14),(15) แต่อย่างไรก็ตามท่าดันพื้นก็อาจก่อให้เกิดอาการปวดและล้าของกล้ามเนื้อได้มาก โดยเฉพาะหากทำไม่ถูกต้องหรือทำหนักมากเกินไปก็อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บเสียหายต่อกระดูก ข้อต่อ เส้นเอ็น และเส้นประสาทได้(16),(17)

การแบ่งประเภทของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย

1.กล้ามเนื้อที่ใช้ในการรักษาท่าทาง (Tonic muscles) และธำรงโครงสร้าง การเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อประเภทนี้จึงเป็นแบบพับหรืองอเข้าหาลำตัวเท่านั้น แต่มีความคงทนจึงสามารถเคลื่อนไหวซ้ำได้จำนวนครั้งที่มากกว่ากล้ามเนื้ออีกประเภท ตัวอย่างเช่น Pectoralis Major และ Upper Trapezius

2.กล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนไหว (Phasic muscles) ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็วหลังจากที่มนุษย์เกิดขึ้นมา การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อประเภทนี้ประกอบไปด้วย รูปแบบการเหยียดและการเคลื่อนไหวรูปแบบที่กล้ามเนื้อหดตัวในขณะที่เหยียดออกเพื่อต้านกับแรงโน้มถ่วง เช่น Triceps Brachialis และ Serratus Anterior(18)

จากการศึกษากล้ามเนื้อของผู้ชาย อายุ 18-30 ปี พบว่ากล้ามเนื้อ Trapezius มีสัดส่วนของใยกล้ามเนื้อ ประเภทที่ 1 อยู่ที่ 53.7 % กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis มีสัดส่วนของใยกล้ามเนื้อประเภทที่ 2 67.5% (19)



ภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงกลุ่มกล้ามเนื้อต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่ในการดันพื้น
ดัดแปลงมาจาก https://www.pinterest.com/pin/685462005772387591/

กลศาสตร์ของท่าดันพื้น

ในท่าดันพื้นจะมี Relative load ของน้ำหนักตัวจะอยู่ที่ 69% ในขณะอยู่ในท่า เหยียดแขนตรง ส่วนในขณะที่ลำตัวลดต่ำลงใน Eccentric phase Relative load ของน้ำหนักตัวอยู่ที่ 75% (13) และเนื่องจากต้องใช้กล้ามเนื้อหลายมัดในขณะทำท่าดันพื้น พบว่าคนที่ฝึกท่าดันพื้นเป็นประจำกล้ามเนื้อ Serratus anterior ถูกกระตุ้นอย่างสม่ำเสมอส่งผลให้กล้ามเนื้อ Upper trapezius ไม่ถูกกระตุ้นมากเกินไปจึงป้องกันการบาดเจ็บของหัวไหล่ได้(3),(14) แต่ก็ยังมีคนที่ไม่สามารถก้าวข้ามท่าฝึกดันพื้นนี้ไปได้ และปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากการที่ผู้ฝึกบอกว่ามีความรู้สึกล้า ซึ่งความล้าที่เกิดขึ้นเกิดจากการที่ผู้ฝึกไม่ได้ใช้กล้ามเนื้อมัดหลักขณะทำท่าดันพื้นแต่เป็นกล้ามเนื้อมัดรอง หรือเป็นความล้าที่เกิดขึ้นจริงที่ตัวกล้ามเนื้อมัดหลักของผู้ออกกำลังกายเนื่องจากโครงสร้างของกล้ามเนื้อช่วงบนที่ขาดความแข็งแรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเกิดกล้ามเนื้อล้า

เมื่อกล้ามเนื้อลายเกิดการหดตัว ระบบประสาทส่วนกลางจะส่งสัญญาณประสาทผ่าน Nerve ending มาที่ Motor end plate จนมากระตุ้นให้เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้ Sarcoplasmic reticulum(SR) ปล่อยแคลเซียมออกมามากขึ้นไปจับกับโปรตีน Troponin บนเส้นใย Actin และโปรตีน Tropomyosin เคลื่อนออกจาก Active site ทำให้ Myosin มาจับกับ Actin ได้ เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Excitation-contraction coupling (20),(21) หากกล้ามเนื้อยังคลายตัวไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเวลาไม่พอที่ SR จะสูบแคลเซียมกลับเข้าไปหมด ทำให้ยังมีแคลเซียมอยู่ในเซลล์เมื่อเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้ามากระตุ้นอีกครั้ง จะเกิดการเสริมกำลังของการหดตัวมากขึ้นจนเกิดภาวะ Tetany และหากเกิดการคลายตัวของกล้ามเนื้อไม่ทันก็จะก่อให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ (Muscle

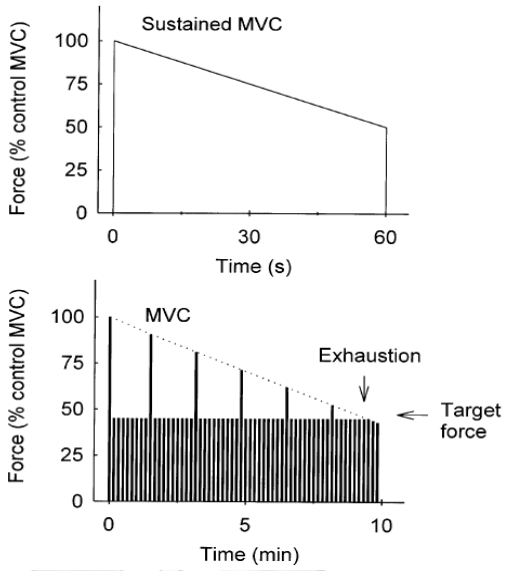
fatigue)(20) ภาวะกล้ามเนื้อล้าอาจเกิดได้จากการถูกกระตุ้นจนถี่เกินไป เกิดการสะสมของโพแทสเซียมในเซลล์กล้ามเนื้อ จนทำให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าถูกกระตุ้นได้ยากและความแรงของศักย์ไฟฟ้าที่เกิดได้ก็ลดลงด้วย(22) นอกจากนี้ ATP ก็เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อ โดยไกลโคเจนเป็นแหล่งของ ATP ในกล้ามเนื้อลายขณะที่มีการออกกำลังกาย โดยพบพบว่า Glycogen oxidation เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญกับการออกกำลังกายชนิด High-intensity intermittent นอกจากนี้กลไกการกระตุ้น ATPases และ Glycolysis จะนำไปสู่การผลิตของเสียเช่น ไฮโดรเจนไอออน (H^+) กรดแลคเตต อนุมูลอิสระ (ROS) ซึ่งส่งผลกระทบต่อ Cross-bridge cycling นอกจากนี้ในขณะที่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อ การไหลเวียนของเลือดมาที่กล้ามเนื้อมีหน้าที่ลำเลียง Oxygen กับ ATPและนำของเสียไปขับทิ้ง ขณะที่กล้ามเนื้อหดตัวความดันในหลอดเลือดจะสูงขึ้น ทำให้เลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อลดลง(23) ถ้าหากมีการอุดตันของเส้นเลือดจากสาเหตุต่าง ๆ ก็มีผลทำให้กล้ามเนื้อล้าเร็วขึ้นในขณะออกกำลังกาย ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากลไกการเกิดการล้าของกล้ามเนื้อ เป็นผลจากปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อ Cross-bridge cycling ที่เกิดขึ้นในเซลล์

พารามิเตอร์ที่วัดกล้ามเนื้อล้า

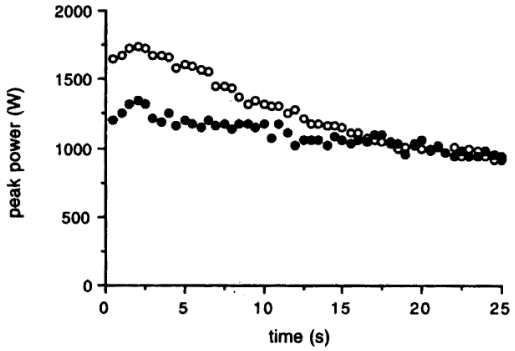
ขณะเกิดการล้าจะมีการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อที่ปรากฏออกมาในรูปแบบที่ (1) อัตราการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลดลง(2) งานหรือกำลัง (Force or power) ที่ใช้เพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวแรงที่สุด (Maximal contraction) มีค่าลดลง และการลดลงของความเร็วในการทำท่าออกกำลังกายต่อเนื่อง (ภาพที่ 3) (3) สัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้ที่กล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงทั้งกำลัง (Power spectrum) และความถี่ (Frequency)(4) การวัด peak power (ภาพที่ 4) และ (ภาพที่ 5) การวัดระดับ Biomarker ที่แสดงถึงภาวะกรดและของเสียคั่งในร่างกาย(4)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การวัดกล้ามเนื้อล้าทางตรงที่สุดได้แก่การวัดแรงหรือกำลังการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ตอบสนองต่อ Maximal voluntary ค่าที่วัดได้แก่ Maximal voluntary contraction (MVC) force, Peak power, Tetanic force, Low frequency output เป็นต้น ตัวอย่างของค่าที่วัดได้อยู่ในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของการวัดแรงโดยตรงคือต้องใช้วัดการออกแรงของกล้ามเนื้อที่ไม่ซับซ้อนเช่น Knee extensors หรือกล้ามเนื้อแขนขา หรือใช้ในการออกกำลังกายแบบ Isometric contraction, Isokinetic movement เพื่อตัดปัจจัยที่อาจทำให้ผลแปรปรวน เช่น ทิศทางของ Agonist และ Antagonist ความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ไม่เท่ากัน เป็นต้น(24),(25)



ภาพที่ 3 การวัดกล้ามเนื้อล้าโดยตรง (direct assessment of fatigue) วัดจาก maximal voluntary contraction กราฟด้านบนแสดงให้เห็นว่าแม้ว่าการหดตัวลดลงมาอยู่ที่ submaximal contraction แต่ความสามารถของกล้ามเนื้อก็ยังรักษา target intensity ไว้ได้ดังนั้นตามคำจำกัดความของกล้ามเนื้อล้าจากกราฟด้านล่างจะเห็นว่าเมื่อเวลามาถึงจุดที่ไม่สามารถรักษา target force ไว้ได้ก็จะเห็นว่า maximal force ค่อยๆลดลง Modified after Vøllestad (1995)



ภาพที่ 4 แสดงค่า Peak power ในการหดตัวของกล้ามเนื้อแต่ละครั้งของอาสาสมัคร โดยการปั่นจักรยานแบบ high intensity ด้วยความเร็วที่คงที่ (120 รอบต่อนาที) โดยที่จุดวงกลมขาวคือตอนที่ยังไม่มีอาการล้า จุดวงกลมดำคือตอนที่อาการล้าเกิดขึ้นหลังออกกำลังกายไปแล้ว 6 นาที Beelen and Sargeant (1991).

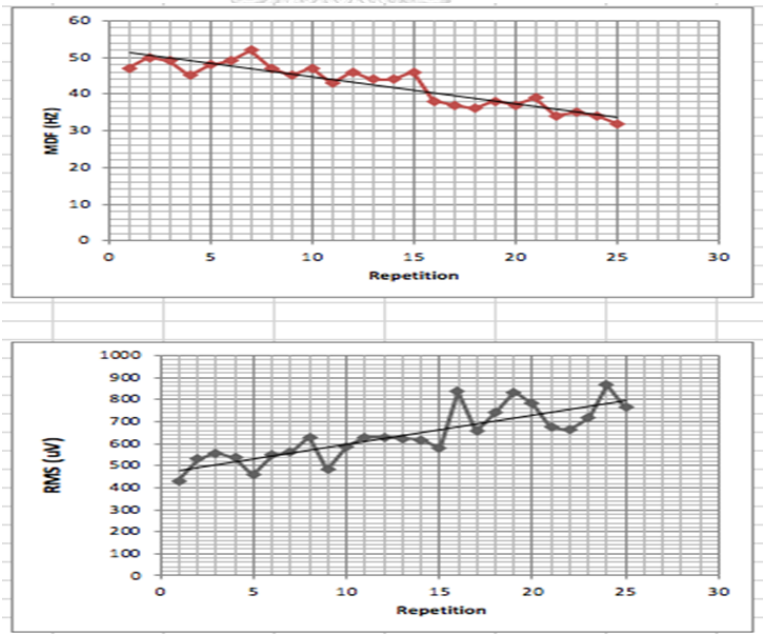
การที่ไม่สามารถรักษาระดับของแรงที่ทำให้เกิด Target force สามารถเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้า (Electrical activity) ของกล้ามเนื้อ วิธีการวัดสัญญาไฟฟ้าโดยใช้ Electromyography (EMG) เป็นวิธีการนำเอาความรู้ทางไฟฟ้ามาใช้ในการตรวจวัดกระแสประสาทของกล้ามเนื้อเพื่อวัดการหดตัวของกล้ามเนื้อ สัญญาณของ EMG วัดได้จากกล้ามเนื้อที่หดตัวด้วยตัวเอง (Voluntary contraction) หรือมาจากการกระตุ้นกล้ามเนื้อด้วยไฟฟ้า (Electrically elicit EMG signal)(26) โดยขนาดสัญญาณไฟฟ้า (Amplitude) ชี้วัดการหดตัวของกล้ามเนื้อ ดังนั้นจึงสามารถแปรผลเรื่องความล้าของกล้ามเนื้อจากการเปลี่ยนแปลงค่าสัญญาณไฟฟ้า เนื่องจากในช่วงก่อนที่จะเกิดการล้าจะมี Amplitude มากขึ้นจากการที่ Motor units ทำงานมากขึ้น แต่เมื่อเริ่มเกิดการล้า Motor units จะเริ่มทำงานลดลง (27)

วิธีการวัดด้วย EMG มี 2 วิธี

1. Intramuscular Electromyography คือการใช้ เข็มเจาะเข้าไปในชั้นกล้ามเนื้อ (Dwelling needle) ซึ่งจะเป็นแบบที่มีความแม่นยำและเฉพาะเจาะจงต่อกล้ามเนื้อเป้าหมายที่ต้องการศึกษา และกระแสสัญญาณประสาทมีความชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับการวัด EMG บนพื้นผิวที่มีคลื่นรบกวน (Crosstalk) แต่จะมีข้อเสียที่เป็นการสร้างความเสียหายให้กับกล้ามเนื้อของผู้ที่ได้รับการตรวจวัด (21)
2. Surface Electromyography เป็นการวัดกระแสประสาทบนพื้นผิว ซึ่งไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือการบาดเจ็บ เป็นการใช้อิเล็กโทรดติดไปบนผิวหนังในบริเวณที่เราสนใจมีความสะดวกในการติดตั้ง ถึงแม้ว่าจะมีข้อเสียในเรื่องคลื่นรบกวน (Cross talk) เนื่องจากกิจกรรมในการเคลื่อนไหวจะใช้กล้ามเนื้อมากกว่าหนึ่งมัด หรือเรียกอีกอย่างว่า มีการสอดประสานของการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อ จึงทำให้เกิดคลื่นรบกวน รวมถึงความหนาของไขมันบริเวณระหว่างชั้นผิวหนังและกล้ามเนื้อ (Subcutaneous fat) เนื่องจากเพิ่มระยะทางระหว่างเป้าหมายที่ต้องการศึกษากับตัวรับสัญญาณอิเลกโทรด รวมถึงไขมันเป็นตัวต้านทานไฟฟ้าส่งผลทำให้เกิดการลดลงของขนาดสัญญาณ และความถี่ของกระแสไฟฟ้าในกล้ามเนื้อ(28) แต่มีวิธี Bypass Filter ที่ช่วยในการกรองนำเอาคลื่นรบกวนออก ดังนั้น EMG จึงถือได้ว่าเป็นวิธีการที่เหมาะสมต่อการทดสอบเกี่ยวกับ Muscle electrical activity (21),(29),(30)

ค่าสัญญาณของ EMG ที่จะนำไปใช้ประเมินภาวะกล้ามเนื้อล้าจะวัด Amplitude ในส่วนของ Time domain โดยใช้ค่า Root mean square (RMS) ซึ่งเป็นสัญญาณที่สั่งการมาจากสมอง

สัญญาณจะแสดงบนแกนเวลาและข้อมูล RMS ที่ได้ จะต้องนำไป normalized จากค่า RMS ที่วัดได้ระหว่างทำ Maximal voluntary Isometric contraction (MVIC) โดยหาค่าออกมาเป็นร้อยละ (%) ของ RMS ที่วัดได้ต่อค่า Amplitude ที่ MVIC (%MVIC)(31) ค่า%MVICที่สูงขึ้นบ่งชี้แรงของกล้ามเนื้อที่หดตัวมากขึ้น ในทางกลับกัน %MVIC ที่ลดลงจะสัมพันธ์กับแรงที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลงสัมพันธ์กับการเริ่มเกิดภาวะล้าของ ในส่วนของข้อมูล Frequency domain ค่า Median frequency (MDF) เป็น Gold standard ที่ใช้ประเมินกล้ามเนื้อล้า(32) โดยเป็นการวัดความถี่ของกระแสสัญญาณประสาทของกล้ามเนื้อที่ถูกหารออกเป็นสองส่วนโดยมี Amplitude เท่ากัน และเนื่องจาก MDF เกิดจากระบบประสาทส่วนปลายบริเวณ Motor units ดังนั้นในช่วงแรกของการออกกำลังจะเห็นได้ถึงความถี่ของ Motor unit มากขึ้นเนื่องจากความพยายามใช้งานกล้ามเนื้อให้ได้มากขึ้น แต่เมื่อทำการออกแรงจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง ปรากฏว่าค่า MDF จะเริ่มลดลง แสดงให้เห็นว่าเริ่มเกิดภาวะล้าขึ้นที่กล้ามเนื้อ ซึ่งจะสอดคล้องกับขนาดของแอมพลิจูดที่สูงขึ้นของค่า RMS ดังภาพที่ 5 อย่างไรก็ตามการใช้ค่า MDF เพื่อประเมินความล้า ส่วนใหญ่จะทำในการออกแรงแบบ isometric contraction การออกแรงที่เป็น Dynamic movement จำเป็นจะต้องนำค่า MDF มา Normalized และวัดความล้าจากการเปลี่ยนแปลงของ Normalized MDF (32)

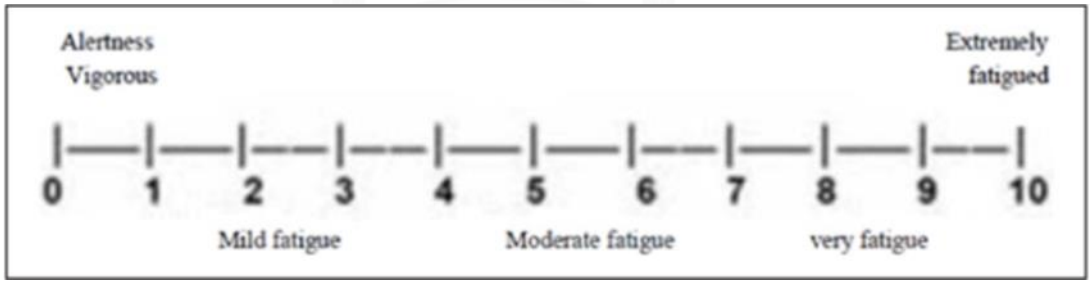


ภาพที่ 5 จากรูปเป็น ค่า MDF และ RMS ในช่วง Concentric phase อาสาสมัครนำร่อง ที่บ่งบอกถึงจำนวนครั้งที่มากขึ้นทำให้ ค่าMDF ค่อย ๆ ลดลง ส่วนค่า RMS ก็เริ่มจะมีค่าที่เพิ่มขึ้น

มีการศึกษาที่ออกแรงแบบ Dynamic movement ด้วยการปั่นจักรยาน แล้วทำการ Normalized ค่า MDF โดยลบค่า MDF ขณะที่ออกแรงกับค่า MDF ที่เริ่มต้นออกแรงออกมาเป็นค่า **Δ**MDF (33)

นอกจากนี้มีการศึกษากระแสประสาทกล้ามเนื้อในท่ากำมือ (Grip strength) ขณะออกแรงสูงสุด พบว่า MDF Slope ใช้เป็น Fatigue index เพื่อวัดการเกิดกล้ามเนื้อล้าบริเวณกล้ามเนื้อ Rotator cuff ซึ่งกล้ามเนื้อที่มีความล้าจะมีค่าความชันของกราฟเป็นค่าลบ และกล้ามเนื้อที่มีความล้ามากกว่าค่า MDF จะเกิดการลดลงที่เร็วกว่าและมีความชันของกราฟที่เป็นลบมากกว่าในกล้ามเนื้อที่ความล้าที่น้อยกว่า(34)

การประเมินความล้าอีกประเภทหนึ่งคือการวัดความรู้สึกล้า (Perception of fatigue) ซึ่งได้จากการบอกหรือการแสดงออกของผู้ถูกประเมิน เครื่องมือที่ใช้วัดจะต้องง่ายต่อการให้คะแนน และมีความต่อเนื่องของคะแนน ใช้ระยะเวลาในการวัดสั้น ไม่มีอุปสรรคในเรื่องของภาษา ไม่ต้องใช้ความคิดหรือใช้กำลังในการถูกประเมิน เพราะจะทำให้อาการล้าที่เป็นอยู่แล้วหนักขึ้น จึงเป็นที่มาของ Visual numeric scale (VNS) มีตัวเลขจาก1-10 ผู้ถูกวัดสามารถทำแบบประเมินได้ภายในเวลาไม่กี่วินาที Visual numeric scale of fatigue (VNS-F) สามารถใช้วัดความล้าเปรียบเทียบกับเวลาหรือวัดเปรียบเทียบในแต่ละกลุ่มประชากร(9),(35)



ภาพที่ 6 แสดง Visual numeric scale และระดับของความล้าที่สัมพันธ์กับตัวเลข(35)

VNS-F ถูกใช้อย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นการประเมินความเจ็บปวดหรือความล้าโดยเฉพาะการประเมินความล้าของโรคที่เกิดจากการอักเสบเรื้อรัง ตัวอย่างเช่น โรค systemic lupus erythematosus (SLE) โรค Rheumatoid arthritis และ multiple sclerosis ที่สำคัญคือภาวะปวดกล้ามเนื้อเรื้อรัง (fibromyalgia) เนื่องจากโรคเหล่านี้มีปัญหากับร่างกายในหลายระบบและ

ความล้าที่เกิดขึ้นอาจเกิดจากปัจจัยทั้งด้านจิตใจ (mental fatigue) และทางด้านร่างกาย (7),(8) อย่างไรก็ตามมีการศึกษาพบว่า Visual analog scale of fatigue มีความสัมพันธ์แบบ linear relationship กับ median frequency shift และการเปลี่ยนแปลงของ amplitude ที่แสดงถึงภาวะล้าของกล้ามเนื้อ masseter และกล้ามเนื้อ temporalis (11) นอกจากนี้มีการศึกษาความล้าที่กล้ามเนื้อหัวไหล่แบบ isometric contraction และพบความสัมพันธ์ของ VAS-F กับ % maximal load ของกล้ามเนื้อ(10)

เพื่อที่จะใช้ประโยชน์การออกกำลังกายด้วยท่าดันพื้นมาเป็นส่วนหนึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มสมรรถทางกายโดยไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บนั้น การประเมินภาวะกล้ามเนื้อล้าจะต้องได้ตัวแปรที่มีความแม่นยำ การตรวจวัดกระแสประสาทที่กล้ามเนื้อสามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่บ่งชี้ภาวะกล้ามเนื้อล้าได้ขณะกำลังออกกำลังกายท่าดันพื้น ค่าที่ใช้ในการประเมินภาวะกล้ามเนื้อล้ามีหลากหลายทั้ง Time domain และ Frequency domain และค่าที่เป็นที่นิยมวัดได้แก่ RMS และ MDF(36) สำหรับการประเมินความล้าจากความรู้สึก (Perception of fatigue) เครื่องมือวัดที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ VNS-F เนื่องจากเป็นวิธีการประเมินความล้าที่เข้าใจง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ซับซ้อน มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่าง VNS-F กับค่ากระแสประสาทที่กล้ามเนื้อ ในการประเมินความล้าของกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายมีความสัมพันธ์กัน โดยศึกษาเหล่านั้นมักศึกษากล้ามเนื้อในรูปแบบ isometric contraction(10)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรม

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ท่าออกกำลังกายที่ใช้น้ำหนักตัวเองเป็นแรงต้าน โดยเฉพาะการออกแรงดันพื้นเป็นท่าที่ได้รับความนิยม และใช้กลุ่มกล้ามเนื้อมัดหลักคือ Pectoralis Major และ Triceps Brachialis และการประเมินความล้าของกล้ามเนื้อจะได้จากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณกระแสประสาทที่วัดได้เมื่อออกแรงไปเรื่อย ๆ ต่อเนื่อง โดยจะพบค่าขนาด Compound action potential ที่เพิ่มขึ้นขณะที่ความถี่มัธยฐานของสัญญาณที่ลดลง นอกจากนี้ VNS-F สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินความล้าได้ในการออกกำลังกายรูปแบบ Isometric contraction

ดังนั้นจึงเป็นที่มาที่จะศึกษาผลของความสัมพันธ์ระหว่างความล้าที่วัดได้จากสัญญาณกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ (EMG) กับการรับรู้ความล้าที่วัดด้วย VNS-F ในขณะที่ออกกำลังกายท่าดันพื้นที่เป็นการเคลื่อนไหวแบบ Dynamic movement ในกลุ่มคนที่ออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายประเภทยิม ที่ออกกำลังกายเป็นประจำโดยจำแนกเป็นกลุ่มที่มีและไม่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีดำเนินงานวิจัย

รูปแบบการวิจัย

เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross sectional study) ในผู้ออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายโดยเป็นเพศชาย อายุ 20-35 ปี จำนวน 60 คน

ระเบียบวิธีวิจัย

ประชากรเป้าหมาย (Target population) คือ สมาชิกเพศชายในสถานออกกำลังกาย Aspire private club อายุระหว่าง 20-35 ปี

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (Study population) คือ อาสาสมัครเพศชายที่มีความแข็งแรง อายุระหว่าง 20-35 ปี ที่ผ่านเกณฑ์ในการคัดเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือ คนที่ผ่านเกณฑ์วิธีการทำท่าดันพื้นของ ACSM protocol โดยจะแบ่งเป็นกลุ่ม Well-trained ประกอบด้วยอาสาสมัครเพศชายที่มีประสบการณ์ในการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบนมาก่อนจึงทำท่าดันพื้นอยู่ในระดับที่ดีมาก (Very good) จนถึงยอดเยี่ยม (Excellent) และกลุ่ม Trained ประกอบด้วยอาสาสมัครเพศชายที่ยังขาดประสบการณ์ในการฝึกออกกำลังกายกล้ามเนื้อช่วงบน ความแข็งแรงในการดันพื้นจึงอยู่ในระดับดีลงมา และลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เกณฑ์ในการคัดเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

กลุ่มผู้ที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Trained)

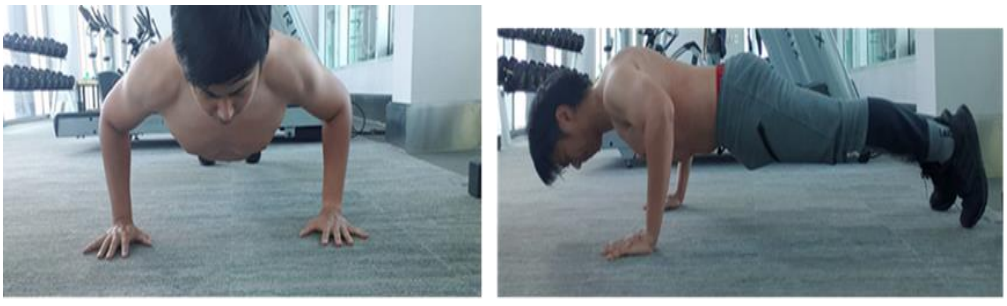
1) ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบดันพื้นตามหลัก ACSM ได้ผลดี (Good) หรือ พอใช้ (Fair)
2) มีดัชนีมวลกาย (Body mass Index; BMI) 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร^2 (kg/m^2)
3) มีสุขภาพดี แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บ บริเวณข้อต่อโอบไหล่ ข้อศอก ข้อมือ มาก่อนการเข้าร่วม ในระยะเวลา 2 เดือน

กลุ่มผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained)

1) ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการทดสอบดันพื้น แล้วอยู่ในเกณฑ์ มากกว่ามาตรฐานขึ้นไป (above-average)
2) ออกกำลังกายเป็นประจำอย่างน้อย 3 วัน/ สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 2 ปีขึ้นไป
3) มีดัชนีมวลกาย (Body mass Index; BMI) 18.5-24.9 กิโลกรัมต่อเมตร^2 (kg/m^2)
4) มีสุขภาพดี แข็งแรงสมบูรณ์ ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บ บริเวณข้อต่อโอบไหล่ ข้อศอก ข้อมือ มาก่อนการเข้าร่วม ในระยะเวลา 2 เดือน

เกณฑ์วิธีการทำท่าดันพื้นของ ACSM protocol (ภาพที่ 7) (2)

1. ท่าทดสอบดันพื้นเริ่มจากลำตัวอยู่ใกล้กับพื้น ผู้ทำการทดสอบวางผ่ามือและนิ้วมือลงที่พื้นและชี้ไปทางด้านหน้าโดยที่ฝ่ามืออยู่ทางด้านล่างของตำแหน่งหัวไหล่ ลำตัวตรง ยกศีรษะขึ้น วางนิ้วเท้าไปที่พื้นเพื่อใช้เป็นจุดหมุน
2. ผู้ทำการทดสอบต้องทำการดันลำตัวขึ้น ด้วยการเหยียดข้อศอกจากท่าเริ่มต้นที่งอศอกให้แขนตรงหลังจากนั้นผู้ฝึกทำการย่อลำตัวลงกลับไปในท่าเริ่มต้น
3. ผู้ทดสอบจะต้องรักษาแกนกลางของร่างกายให้อยู่ในท่าที่หลังตรงตลอดระยะเวลาในการทดสอบ และในจังหวะที่ดันลำตัวขึ้นในจังหวะสุดท้าย แขนจะต้องอยู่ในท่าที่เหยียดออกเป็นเส้นตรง
4. จำนวนสูงสุดที่ทำการดันพื้น คือจำนวนครั้งที่ดันพื้นอย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดพัก
5. ถ้าผู้ฝึกไม่สามารถรักษาท่าทางของร่างกายตามที่กล่าวมาข้างต้นได้มากกว่า 2 ครั้งเป็นต้นไป จะถือว่าเป็นการสิ้นสุดการทดสอบในท่าดันพื้นโดยทันที



(A) (B)

ภาพที่ 7 การจัดท่าดันพื้นตามวิธีทดสอบของ ACSM (A) ทางด้านหน้า, (B) ทางด้านข้าง

เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (Exclusion criteria)

1) มีประวัติการบาดเจ็บของข้อต่อกระดูกโอบไหล่และรยางค์ส่วนบน ในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา
2) ได้รับการผ่าตัดของข้อต่อกระดูกโอบไหล่ และรยางค์ส่วนบน
3) ดัชนีมวลกายมากกว่า 30 เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีชั้นของ ไขมันใต้ผิวหนังหนาทำให้รับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวรับ สัญญาณไฟฟ้าชนิดผิวได้น้อยกว่าปกติ เพราะมีความต้านทานสูงขึ้น
4) ผู้เข้าร่วมทำการวิจัยทำการดันพื้นตามหลัก ACSM แล้วได้ผลระดับต่ำ (Poor)
5) ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิเสธหรือขอถอนตัว
6) ผู้เข้าร่วมทำการวิจัยไม่ให้ความร่วมมือในการปฏิบัติตามคำแนะนำในการออกกำลังกายสูงสุดจนล้า

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

จากการทำ Pilot study กลุ่ม Well-trained และ Un-trained กลุ่มละ 3 คน เพื่อนำมาหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกล้า (VNS-F) กับ MDF ของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายท่าดันพื้นช่วง Concentric phase โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของกล้ามเนื้อ Pectoralis major และ Triceps brachialis ของแต่ละกลุ่มมาคำนวณหาค่าขนาดตัวอย่าง โดยใช้สูตรการคำนวณขนาดตัวอย่างในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

$$\text{Total sample size} = N = \left[\frac{(Z\alpha + Z\beta)}{\left[F(Z_0) + F(Z_1)\right]} \right] + 3$$

กลุ่ม Well-trained

เมื่อ $Z\alpha$ = ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ เมื่อกำหนด α-error ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α

กำหนด α-error เท่ากับ 0.05 (two-tail); $Z_{0.025}$=1.9600)

เมื่อ $Z\beta$ = ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ เมื่อกำหนด β-error (อำนาจการทดสอบ 1-β)

กำหนด β-error เท่ากับ 0.05 (one-tail); $Z_{0.20}$=0.8416)

เมื่อ F(Z) = 0.5 * ln[(1+r)/(1-r)] = 0.5 * ln[(1+0.822) / (1-0.822)] = 1.1599

r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต้องการทดสอบนัยสำคัญ

ค่าที่ได้จากกลุ่ม Well-trained

ซึ่งค่าเฉลี่ยของ r = 0.822

$$\left(\frac{1.96+0.8416}{1.1599}\right)^2 + 3 = 9 \text{ คน}$$

กลุ่ม Un-trained

เมื่อ $Z\alpha$ = ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ เมื่อกำหนด α-error ที่ระดับความเชื่อมั่น 1-α

กำหนด α-error เท่ากับ 0.05 (two-tail); $Z_{0.025}$=1.9600)

เมื่อ $Z\beta$ = ค่ามาตรฐานใต้โค้งปกติ เมื่อกำหนด β-error (อำนาจการทดสอบ 1-β)

กำหนด β-error เท่ากับ 0.05 (one-tail); $Z_{0.20}$=0.8416)

เมื่อ F(Z) = 0.5 * ln[(1+r)/(1-r)] = 0.5 * ln[(1+0.534) / (1-0.534)] = 0.6416

r = ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต้องการทดสอบนัยสำคัญ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กลุ่ม Trained ซึ่งค่าเฉลี่ยของ r = 0.534

$$\left(\frac{1.96+0.8416}{0.6416}\right)^2 + 3 = 25$$

จากสูตรในการคำนวณขนาดตัวอย่าง จะใช้ขนาดตัวอย่าง ตามกลุ่มที่มีค่า r น้อยที่สุด r =0.534 คือ 25 คน และเพิ่มจำนวนอีก 20% เพื่อป้องกันการขาดหาย

$$\frac{25\times20}{100} = 5$$

เพราะฉะนั้นจะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 25+5 = 30 คน รวมทั้งสิ้น 60 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

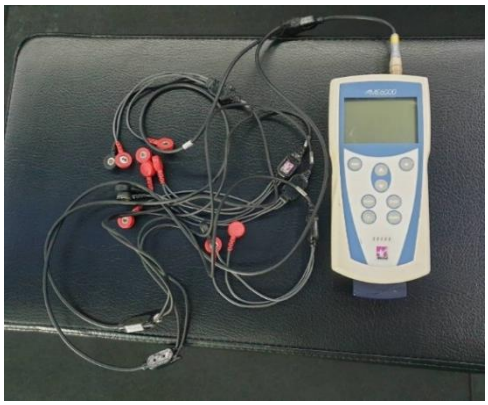
ใช้วิธีการเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) คือ คัดเลือกเฉพาะสมาชิกเพศชายในสถานออกกำลังกายฟิตเนส Aspire private club และผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะต้องอยู่ในเกณฑ์

การเข้าถึงอาสาสมัคร

ผู้วิจัยนัดอาสาสมัครมาคัดกรองที่ห้องปฏิบัติการทางเวชศาสตร์การกีฬา ชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ , สถานออกกำลังกาย Aspire private studio อาคารจัสมิน ชั้น 3 อโศกมนตรี สุขุมวิท 23 กรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยจะให้ข้อมูล คำอธิบาย ขั้นตอนการการวิจัย ความเสี่ยงประโยชน์ รวมถึงตอบข้อสงสัยของอาสาสมัคร จนอาสาสมัครเข้าใจ และให้เวลาอย่างอิสระ ก่อนลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1. เอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัย (ภาคผนวก ก) และเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย (ภาคผนวก ข)
2. แบบสอบถามข้อมูลเพื่อคัดกรองเบื้องต้น (ภาคผนวก ค) และแบบบันทึกข้อมูลของการวิจัย (ภาคผนวก ง)
3. เครื่องบันทึกการทำงานของกล้ามเนื้อ Surface Electromyography (Wireless EMG; Biomonitor ME 6000) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 Surface Electromyography (Wireless portable 16-channel EMG; Biomonitor ME 6000) Model Muscle Tester Kuopio Finland และ Megawin 3.0 Software

4. Electric metronome
5. Visual numeric scale for fatigue board
6. แบบบันทึกข้อมูล
7. ขั้วบันทึกคลื่นสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electrode) Bipolar Ag/AgCl disc-surface electrode เส้นผ่าศูนย์กลาง 34 มิลลิเมตร เครื่องหมายการค้า Ambu® Blue sensor P
8. แอลกอฮอล์ 70% สำลี

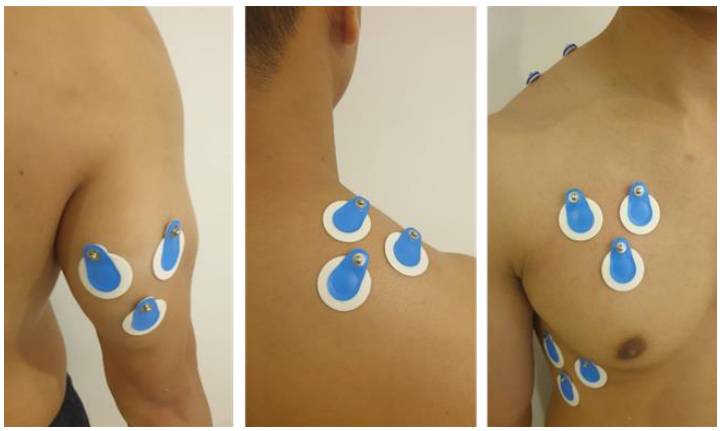
ขั้นตอนการทดสอบ

ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านเกณฑ์คัดเข้าได้รับข้อมูล รายละเอียด และจุดประสงค์ของงานวิจัย โดยผู้เข้าร่วมวิจัย สามารถสอบถามข้อมูลจากผู้ทำวิจัยได้ พร้อมลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัยโดยผู้ทำวิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการขอความยินยอม ผู้เข้าร่วมวิจัยที่คัดเข้าถูกขอร้องให้ งดการออกกำลังกายอย่างหนักหรืองดท่าออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อ เกี่ยวกับการดันพื้น อย่างน้อย 48ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบดันพื้น และรับประทานอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบดันพื้น

ก่อนเริ่มการทดสอบ

1. ผู้วิจัยระบุนิยามของคำว่า “ล้า” หมายถึง ความสามารถของกล้ามเนื้อในการทำกิจวัตรใดกิจวัตรหนึ่ง ที่ทำซ้ำ ๆ แล้วเกิดงานที่ลดลง และเมื่อทำซ้ำต่อไปเรื่อย ๆ กลุ่มกล้ามเนื้อมัดที่ใช้ในการทำกิจกรรมนั้นจะไม่สามารถผลิตแรงออกมาได้ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจตรงกัน
2. ผู้วิจัยทำการอธิบายวิธีการวัดให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทราบและให้ผู้เข้าร่วมวิจัยบอกระดับความรู้สึกล้า โดยแบ่งระดับความรู้สึกล้าเป็นจากทางด้านซ้ายสุดคือ ไม่รู้สึกล้าไปจนถึงทางด้านขวาสุดหมายถึง ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความรู้สึกล้ามาจนไม่สามารถทำท่าดันพื้นต่อไปได้ และอธิบายความแตกต่างของการทดลอง Push-up จะใช้การกำหนดความเร็วที่ 48bpm
3. เพื่อเก็บบันทึกข้อมูล โดยก่อนที่จะติด electrode จะต้องใช้สำลีชุบแอลกอฮอล์ 70% ทำความสะอาดบริเวณผิวหนังก่อนเพื่อลดสัญญาณรบกวน
4. ติดขั้วรับสัญญาณ recording และ Ground ตามตำแหน่งที่กำหนดของกล้ามเนื้อ Pectoralis major, Serratus anterior, Triceps brachialis และ Upper trapezius
5. วัดตำแหน่งติดขั้วรับสัญญาณของกล้ามเนื้อ ที่บริเวณ Belly muscle ของกล้ามเนื้อ Pectoralis major, Serratus anterior, Triceps brachialis และ Upper trapezius และติด Electrode surface EMG ในบริเวณที่กำหนด ตามภาพที่ 7 (37)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 7 แสดงตำแหน่งขั้วรับสัญญาณ Surface EMG ที่บริเวณกล้ามเนื้อ A.Pectoralis major,B. Upper-trapezius และ C. Triceps brachialis

6. ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายแบบ Dynamic warmup เป็นเวลา 3 นาที

6.1 Shoulder Rolls Forward – Backward เพื่อเป็นการอบอุ่นกล้ามเนื้อรอบสะบัก (Gleno-humeral joint Rhomboid muscle group) 20วินาที หมุนไปด้านหน้าและอีก 20วินาที หมุนไปทางด้านหลัง รวม40วินาที

6.2 Chest Crossing opener อบอุ่นกล้ามเนื้ออก (Pectoralis major, Pectoralis minor) 20 วินาที

6.3 Static Shoulder stretching ยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Deltoid Anterior, lateralis &Posterior head) 20วินาที /ข้าง รวม40 วินาที

6.4 Wrist rolling อบอุ่นกล้ามและเอ็นรอบข้อมือ 20 วินาที ต่อข้าง (หมุนตามเข็มนาฬิกา10 วินาที หมุนทวนเข็มนาฬิกา10วินาที) รวม40 วินาที

6.5 Half push up เป็นท่าดันพื้นในขณะที่เข่าทั้งสองข้างสัมผัสอยู่ที่พื้นเพื่อ เป็นการเตรียมตัวก่อนปฏิบัติจริงในการทดสอบ 25วินาที/10ครั้ง เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถปรับความเร็วในการดันพื้นให้ไปตามจังหวะของ Electronic metronome

7. ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยสร้างความคุ้นเคยในการมองไปที่ VNS-F scale ตามภาพที่ 8 พร้อมกับฟังเสียงMetronomeในขณะที่ Push-up โดยให้ลองปฏิบัติ 20วินาที/8 ครั้ง เป็นจำนวน 2 เซต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

การทดสอบ

1. เริ่มการวัดค่าพื้นฐาน (baseline)

การประเมินคลื่นสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ อาสาสมัครเมื่อเริ่มต้นจะได้รับการติดเครื่องวัดกระแสประสาท (Electromyography;EMG) ชนิด Surface EMG (Wireless EMG; Biomonitor ME6000) ตัวรับสัญญาณจะถูกติดที่บริเวณกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด การประเมินคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อจะทำการทดสอบช่วงก่อนการดันพื้นตามจังหวะ Metronome (4 ครั้ง/10 วินาที) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการทดสอบการเกร็งกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum voluntary isometric contraction ; MVIC) ของกล้ามเนื้อ ทั้ง4 มัดทางด้านที่ถนัด

1.1 Pectoralis Major

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการนอนหงายลงที่พื้น ยกแขนข้างขวาขึ้นมาให้อยู่ในระดับเดียวกับช่วงหัวไหล่ โดยมีผู้วิจัยคอยออกแรกดันฝ่ามือของผู้เข้าร่วมวิจัยออกเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงได้เต็มที่ (38)

1.2 Serratus Anterior

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการนอนหงายลงที่พื้น ยกแขนข้างขวาขึ้นมาให้อยู่ในระดับเดียวกับช่วงหัวไหล่ พร้อมด้วยการกำหมัดและทำการเหยียดแขนตรงโดยที่หัวไหล่ยกลอยขึ้นจากพื้น โดยมีผู้วิจัยใช้จากฝ่ามือกดกำปั้นของผู้เข้าร่วมวิจัยลงเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงได้เต็มที่ (38)

1.3 Triceps Brachialis

ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการนอนหงาย กางแขนตั้งฉาก 90° บริเวณระหว่างหัวไหล่ และข้อศอกผู้เข้าร่วมวิจัยวางไว้บนโต๊ะ ผู้วิจัยวางฝ่ามือไว้ที่ระหว่างแขนใกล้ขอศอกของผู้ร่วมวิจัย ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการเหยียดข้อศอกในมุมที่ข้อศอกเกือบตรง โดยผู้วิจัยใช้มืออีกข้างกดลงบริเวณกำปั้นของผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อให้ผู้วิจัยออกแรงได้เต็มที่ (38)

1.4 Upper Trapezius

ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านั่งตรง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการยักหัวไหล่ และพับไปด้านข้างทางด้านเดียวกับหัวไหล่ที่ยัก ผู้วิจัยใช้มือกดลงที่หัวไหล่ และที่ศีรษะของผู้เข้าร่วมวิจัยเพื่อให้ผู้วิจัยออกแรงได้เต็มที่ (38) ให้ค้างไว้ 10 วินาที การทำ Maximum voluntary isometric contraction (MVIC) เพื่อใช้เปรียบเทียบกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดระหว่างการดันพื้นตามจังหวะ Metronome ใช้ Sampling rate ที่ 1000 Hz โดยปรับข้อมูลให้เป็น Full-wave-rectifiedโดยข้อมูลจากกล้ามเนื้อทุกมัดจะผ่านการกรองความถี่ต่ำกว่า 5Hz และที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สูงกว่า 500 Hz(24)และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงของ VNS-F

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเตรียมตัวทดสอบท่าดันพื้น โดยเริ่มจากการวางฝ่ามือไว้ที่พื้น เหยียดแขนตรงจากตำแหน่งของข้อมือถึงข้อต่อระหว่างหัวไหล่และสะบักเป็นมุมตรง ข้อต่อของหัวไหล่และสะบักอยู่ในท่าที่มั่นคง (ไหล่ไม่ห่อหรือสะบักไม่จมลง) นิ้วเท้าสัมผัสไปที่พื้น ส่วนลำตัวจะมีความแอ่นของกระดูกสันหลังเล็กน้อยตามลักษณะทางกายวิภาค ในช่วงที่ย่อตัวลง ข้อศอกจะงอทำมุมฉาก 90° นิ้วมือกางออก ฝ่ามือเหยียดออก และดันพื้นให้ลำตัวและข้อศอกกลับมาอยู่ในท่าเริ่มต้น(39) ในการทดลองดันพื้นจนถึงภาวะกล้ามเนื้อล้านั้น จะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการดันพื้นด้วยความเร็วที่ 2.5 วินาทีต่อ 1ครั้ง ตามจังหวะของ Electric-metronome(40)
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องบอกความรู้สึกล้า (VNS-F) ในขณะที่ดันพื้น จากการที่ผู้วิจัยจะทำการถามทุก ๆ 5-10 วินาที และใช้ปากกาลากไปตามตัวเลขบน VNS-F Scoreboard เมื่อถึงจุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัย เปล่งเสียงเป็นค่าตัวเลขออกมา ผู้ทำการวิจัยจะใช้ปากกาวงไปที่ตัวเลขนั้น(9)
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการดันพื้นให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุดตามจังหวะของ Electric-metronome ด้วยท่าทางที่ถูกต้อง
5. การทดสอบจะสิ้นสุดลงเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทำการดันพื้นด้วยท่าทางที่ถูกต้องได้ หรือไม่สามารถทำการดันพื้นตามจังหวะที่กำหนดไว้ได้โดยมีผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยเป็นผู้ตัดสิน
6. โดยตลอดการทดสอบดันพื้นจะทำการถ่ายวิดีโอเพื่อบันทึกจำนวนครั้งและความรู้สึกล้าเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไปวิดีโอที่บันทึกการทดสอบทั้งหมดจะไม่ถูกนำไปเผยแพร่ และจะถูกเก็บเป็นความลับ และไม่สามารถที่จะระบุตัวบุคคลได้ หลังจากที่โครงการวิจัยสิ้นสุดลงวิดีโอดังกล่าวจะถูกทำลายทันที
7. การทดลองครั้งนี้ ไม่มีการ Blind เนื่องจากผู้เข้าร่วมวิจัยได้ทราบอยู่แล้วว่าตนเองอยู่ในกลุ่มใด
8. หากเกิดเหตุการณ์ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเกิดการปวดเมื่อยกล้ามหรือบาดเจ็บกล้ามเนื้อ ผู้วิจัยจะปฏิบัติตามหลักของ ACSM โดยการใช้หลัก RICE โดยที่ให้ ผู้เข้าร่วมวิจัยยุติการทำวิจัยในทันที และใช้ Cold pack ในการประคบในบริเวณที่เกิดการบาดเจ็บ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ค่า Root mean square (RMS) ได้มาจากการนำค่า Raw EMG มาหาค่าเฉลี่ยของรากที่สอง มีหน่วยวัดเป็นไมโครโวลต์ (μV) จากภาพที่ 9 จากนั้นแอมปลิจูดที่วัดได้จะทำให้เป็นค่ามาตรฐาน (Normalization) โดยเทียบกับค่า MVIC ตอนเริ่มต้นเป็น %MVIC (31)

2. ค่า Median Frequency (MDF) ได้มาจาก Fast Fourier Transform (FFT) มีหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hz) จากภาพที่ 9 ค่า MDF ที่วัดได้จะถูกทำให้เป็นค่ามาตรฐาน (normalized) โดยทำเป็น ΔMDF (ΔMDF = MDF จุดที่ศึกษาMDF - MDF ดันพื้นครั้งที่ 1) (33)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

1. แสดงข้อมูลอายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย จำนวนครั้งในการดันพื้น MDF %MVIC และ VNS-F ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนเฉลี่ยมาตราฐาน (Standard deviation)
2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย %MVIC และค่าเฉลี่ย ΔMDF ต่อจำนวนครั้งในการดันพื้นของกล้ามเนื้อทั้ง 4มัด ระหว่างผู้เข้าร่วมทั้ง 2กลุ่มโดยใช้สถิติวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way Analysis of Variance with Repeated Measures) ถ้าพบค่าความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ตามวิธีของ Bonferroni Method test
3. ทดสอบสหสัมพันธ์ Pearson's Correlations (r) VNS-F กับ จำนวนครั้งในการดันพื้นระหว่างผู้เข้าร่วมทั้งสองกลุ่ม
4. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย %MVIC และค่าเฉลี่ย ΔMDF ต่อค่า VNS-F ระหว่างผู้เข้าร่วมทั้ง 2กลุ่มโดยใช้สถิติ (One-way Analysis of Variance with Repeated Measures) ถ้าพบค่าความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ ตามวิธีของ Bonferroni test
5. ใช้สถิติการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (40) ของค่า MDF เพื่อหาค่าดัชนีความล้า (Fatigue index) โดย MDF Slope เท่ากับดัชนีความล้า
6. ทดสอบสถิติโดยพิจารณาระดับนัยสัมพันธ์ทางสถิติที่ 0.05 โดยการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรม SPSS Version 22

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาครั้งนี้ ต้องการหาความสัมพันธ์ของสัญญาณไฟฟ้าขณะเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้าในการออกกำลังกายท่าดันพื้นกับการรับรู้ความล้าของผู้ออกกำลังกาย (VNS-F) ว่าจะมีความแตกต่างกันตามการฝึกฝนกล้ามเนื้อช่วงบนของผู้ออกกำลังกายหรือไม่ และเพื่อที่จะหาว่าความล้าที่เกิดขึ้นเป็นผลจากการใช้กล้ามเนื้อที่ไม่ถูกมัดหรือเป็นผลจากโครงสร้างกล้ามเนื้อหลักที่ไม่แข็งแรงทำให้ไม่สามารถออกกำลังกายท่าดันพื้นอย่างได้มีประสิทธิภาพ โดยในการวิจัยครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 60 คน

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทกล้ามเนื้อและภาวะล้าที่วัดได้ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดในขณะทำท่าดันพื้น ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม

ตอนที่ 3 ดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อแต่ละมัดขณะทำท่าดันพื้น ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2กลุ่ม

ตอนที่ 4 ความสัมพันธ์ของความรู้สึกล้า (VNS-F) กับภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาท ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์

ตอนที่ 1 คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถนำข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 60 คนมาวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติได้ มีคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 60 คน

คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มผู้เข้าร่วมงานวิจัย	**กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (30 คน)**	**กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (30 คน)**	**P-Value**
อายุ (ปี)	29.7 ± 3.7	28.2 ± 4.4	0.299
น้ำหนัก (กิโลกรัม;กก.)	75.3 ± 5.4	71.7 ± 5.8	0.074
ส่วนสูง (เซนติเมตร;ซม.)	177.4 ± 4.9	174.1 ± 5.3	0.059
ดัชนีมวลกาย (กก.ต่อซม.)	23.9 ± 1.0	23.6 ± 0.9	0.226
จำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ (ครั้ง)	27.3 ± 6.3	18.2 ± 4.3	< 0.001*

*ระดับความมีนัยสำคัญที่ $p < 0.5$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีอายุเฉลี่ย 29.7 ± 3.7 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 75.3 ± 5.4 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 177.4 ± 4.9 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 23.9 ± 1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

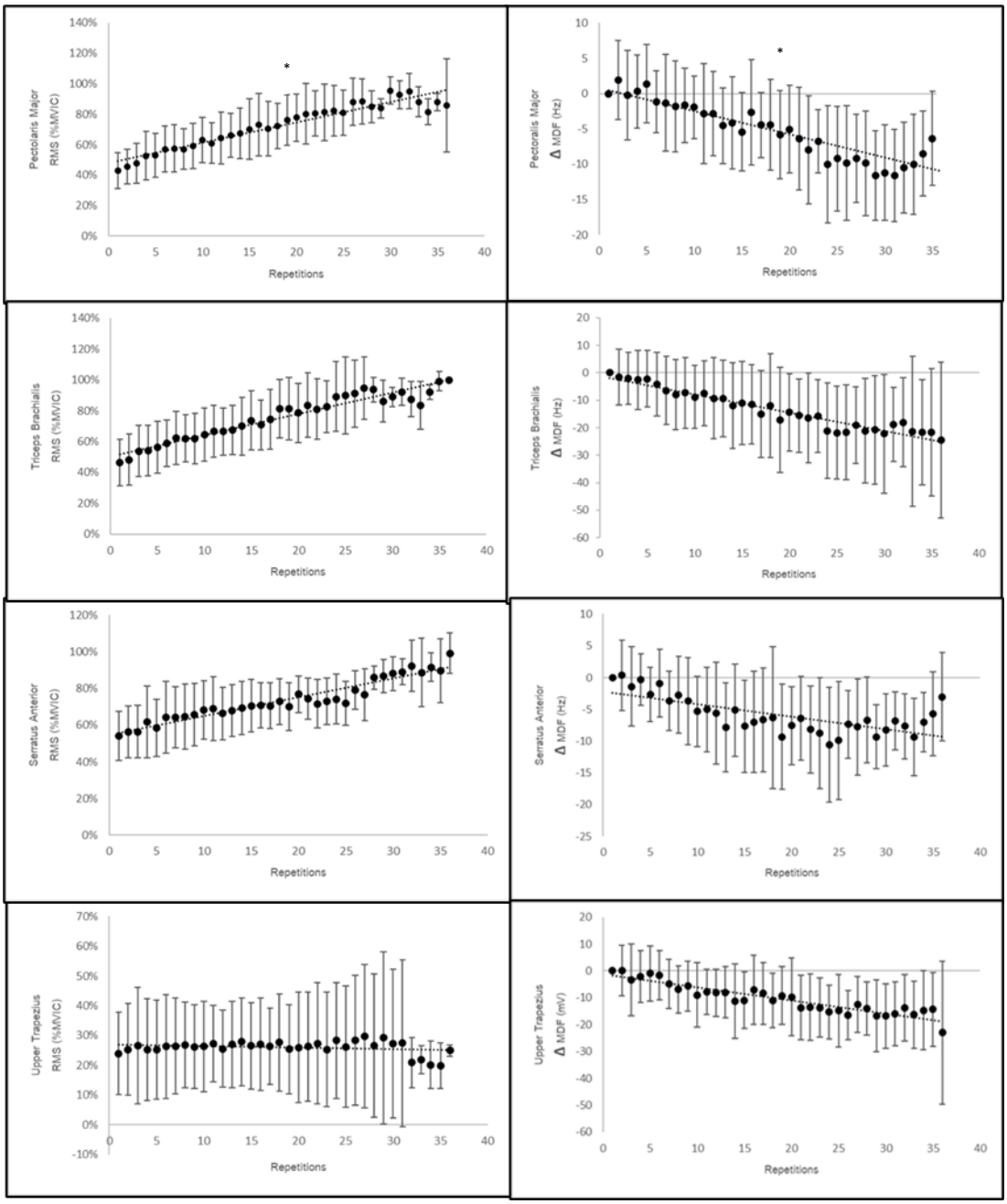
ผู้เข้าร่วมงานวิจัยกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีอายุเฉลี่ย 28.2 ± 4.4 ปี น้ำหนักเฉลี่ย 71.7 ± 5.8 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 174.1 ± 5.3 เซนติเมตร ดัชนีมวลกายเฉลี่ย 23.6 ± 0.9 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย เท่ากับ 27.3 ± 6.3 ครั้ง ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย เท่ากับ 18.2 ± 4.3 ครั้ง ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ตอนที่ 2 ภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทกล้ามเนื้อขณะทำท่าดันพื้น ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม

สัญญาณของกระแสประสาทที่วัดได้จากกล้ามเนื้อที่ใช้ออกกำลังกายท่าดันพื้นจะมีทั้งหมด 4 มัด ได้แก่ Pectoralis Major, Triceps Brachialis, Serratus Anterior และ Upper Trapezius โดยสัญญาณที่ใช้ในการประเมินภาวะกล้ามเนื้อล้าจะประกอบด้วยค่า 1.Root mean square (RMS) โดยเทียบกับ MVIC ตอนเริ่มต้นเพื่อทำให้เป็นมาตรฐาน (Normalization) หน่วยเป็น %MVIC และ 2.Median Frequency (MDF) มีหน่วยวัดเป็นเฮิรตซ์ (Hz) ค่า MDF ที่ได้จะหักลบจาก MDF ที่วัดได้ตอนเริ่มต้นเพื่อทำให้เป็นมาตรฐาน (normalization) โดยค่าที่นำมาใช้วิเคราะห์กำหนดสัญลักษณ์เป็น ΔMDF

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ย %MVIC และ **Δ**MDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดต่อจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

กราฟค่าเฉลี่ย %MVIC ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ภายในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่า %MVIC ครั้งแรกหลังจากดันพื้นไปได้ 19 ครั้ง

กราฟค่าเฉลี่ย ΔMDF ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ภายในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major ลดลงอย่างต่อเนื่องตามจำนวนครั้งที่ดันพื้นโดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญครั้งแรกของค่า ΔMDF หลังจากดันพื้นไปได้ 19 ครั้ง

กราฟค่าเฉลี่ย %MVIC ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ภายในกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ Serratus Anterior เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

กราฟค่าเฉลี่ย ΔMDF ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ภายในกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ Serratus Anterior ลดลงอย่างต่อเนื่องตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

กราฟค่าเฉลี่ย %MVIC และ ΔMDF ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ภายในกล้ามเนื้อ Upper Trapezius ไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามจำนวนครั้งในการดันพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดของการดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

		%MVIC (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
1	30	43±11.6	46.5±15	54.1±13.4	24±13.8
2	30	45.6±11.4	48.3±16.7	56.3±14.3	25.3±15.4
3	30	47.7±13.1	53.8±16.6	56.5±14.3	26.6±19.5
4	30	52.6±16	54.1±16.3	61.8±19.4	25.3±17.2
5	30	53.1±14.5	56.4±16.8	58.4±15.6	25.2±16.7
6	30	57.1±15	59±15.1	64.3±19.7	26.3±17.5
7	30	57.5±15.6	62.3±17.3	64.1±16.7	26.5±16.1
8	30	57.2±13.5	62.1±15.2	64.5±17.7	26.9±14.4
9	30	59.2±14.8	61.9±16.5	65.7±17	26.2±14.1
10	30	63±14.7	64.6±17.3	68.2±16.1	26.3±15.2
11	30	61.1±13.3	66.5±16.8	69±17.5	27.3±12.9
12	30	64.3±17	66.6±15.3	66.4±14.3	25.6±13
13	30	66.1±14.3	67.4±15.8	67.9±14.1	27±14.6
14	30	67.5±16.5	69.9±18.7	69.4±14.5	27.9±14.7
15	30	70.3±19.8	73.7±19.2	70.5±14.3	26.5±14.5
16	30	73.1±20.6	70.8±16.3	70.8±12.4	27.1±15.6
17	30	70.6±17.8	74.3±19.5	70.5±12.5	26.4±12.9
18	28	72.1±14.9	81.3±19	72.9±12.6	27.7±16.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดของการดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

		%MVIC (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
19	26	76±16.6	76±16.6	70.1±12.9	25.4±15
20	25	77.8±15.6	78.6±19.1	76.8±9.9	26±18.5
21	24	80.2±20	83.6±21	74.4±11.3	26.3±18.4
22	24	80.6±14.8	81±19.5	71.7±13.3	27.4±20.4
23	24	81.2±18.5	82.6±16.9	72.9±12.7	25.4±19.3
24	20	82.3±16.6	89.2±22.6	74.2±13.6	28.3±19.4
25	20	81.1±14.8	89.8±25.1	71.9±11.9	26.2±20.4
26	20	88.2±15.3	91.1±21.8	79.2±10.6	28.4±21.9
27	19	88.4±14.9	94.7±20.2	76.7±14.2	29.7±24
28	15	85±10.6	93.7±8	86±6.4	26.6±24
29	10	83.8±6.4	86.2±13.4	86.8±9.2	29.2±28.9
30	10	95.4±8.9	88.9±6.1	88.1±9.3	27.3±24.9
31	10	92.6±9.1	92.3±9	89±7.1	27.4±28
32	6	95.1±11.7	87.4±11.4	92.3±13.9	20.9±8.5
33	6	88.1±10	83.5±15.4	88.6±18.7	21.9±4.7
34	6	81.6±8.4	92.1±4.9	91.5±7.8	20.2±8
35	4	88±5.8	99.1±6.1	89.6±17.4	19.8±7.6
36	4	85.6±30.6	99.7±0.4	99.2±11.2	24.9±1.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 2 สามารถหาค่าเฉลี่ยของ %MVIC จากผู้ร่วมวิจัยที่มีประสบการณ์ทั้งหมด 30 คน เมื่อดันพื้นไปจนถึงครั้งที่ 17 ต่อจากนั้นจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่ดันพื้นได้เกิน 17 ครั้งจะลดลง

%MVIC ที่วัดได้จากกล้ามเนื้อ Pectoralis Major Triceps Brachialis และ Serratus Anterior จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งการดันพื้นตั้งแต่ครั้งที่ 1 จนถึงครั้งที่ 36 แต่กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ค่า %MVIC เพิ่มขึ้นน้อยมากตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น

ค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius ก็มีค่าน้อยกว่ากล้ามเนื้อมัดอื่น (Pectoralis Major, Triceps Brachialis และ Serratus Anterior)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า **Δ**MDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดของการดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

		ΔMDF (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
1	30	0	0	0	0
2	30	1.9±5.6	-1.5±10.2	0.3±5.5	0.1±9.4
3	30	-0.2±6.3	-2±9.3	-1.4±6.2	-3.3±13.3
4	30	0.3±5.2	-2.6±10.7	-0.2±4	-2±9.6
5	30	1.4±5.5	-2.2±10.2	-2.6±4.2	-1±10.2
6	30	-1.1±4.3	-4.1±11.6	-0.8±5.3	-1.6±9.1
7	30	-1.3±6.8	-6.4±12.3	-3.6±4.6	-4.8±9.1
8	30	-1.8±6.8	-7.9±12.7	-2.7±6	-6.9±8.7
9	30	-1.6±5.2	-7.2±12.8	-3.7±6.8	-5.6±9.2
10	30	-1.9±4.4	-8.76±11.4	-5.3±5.4	-8.9±12
11	30	-2.8±7	-7.4±11.8	-5±6.6	-7.8±8.4
12	30	-2.8±5.9	-9.2±14.7	-5.5±8	-8.1±8.8
13	30	-4.5±5.3	-9.3±14	-7.8±7	-8±9.54
14	30	-4.1±6.5	-11.9±15.5	-5.1±7.2	-11.3±13.7
15	30	-5.4±5.5	-11±15	-7.6±7.2	-10.9±10.5
16	30	-2.6±7.4	-11.4±14.4	-6.9±7.9	-7.1±12.8
17	30	-4.4±4.6	-15±15.8	-6.6±8.1	-8.4±11.4
18	28	-4.4±6.3	-11.9±18.9	-6.3±11.1	-11±10.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า **Δ**MDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดของการดันพื้น ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

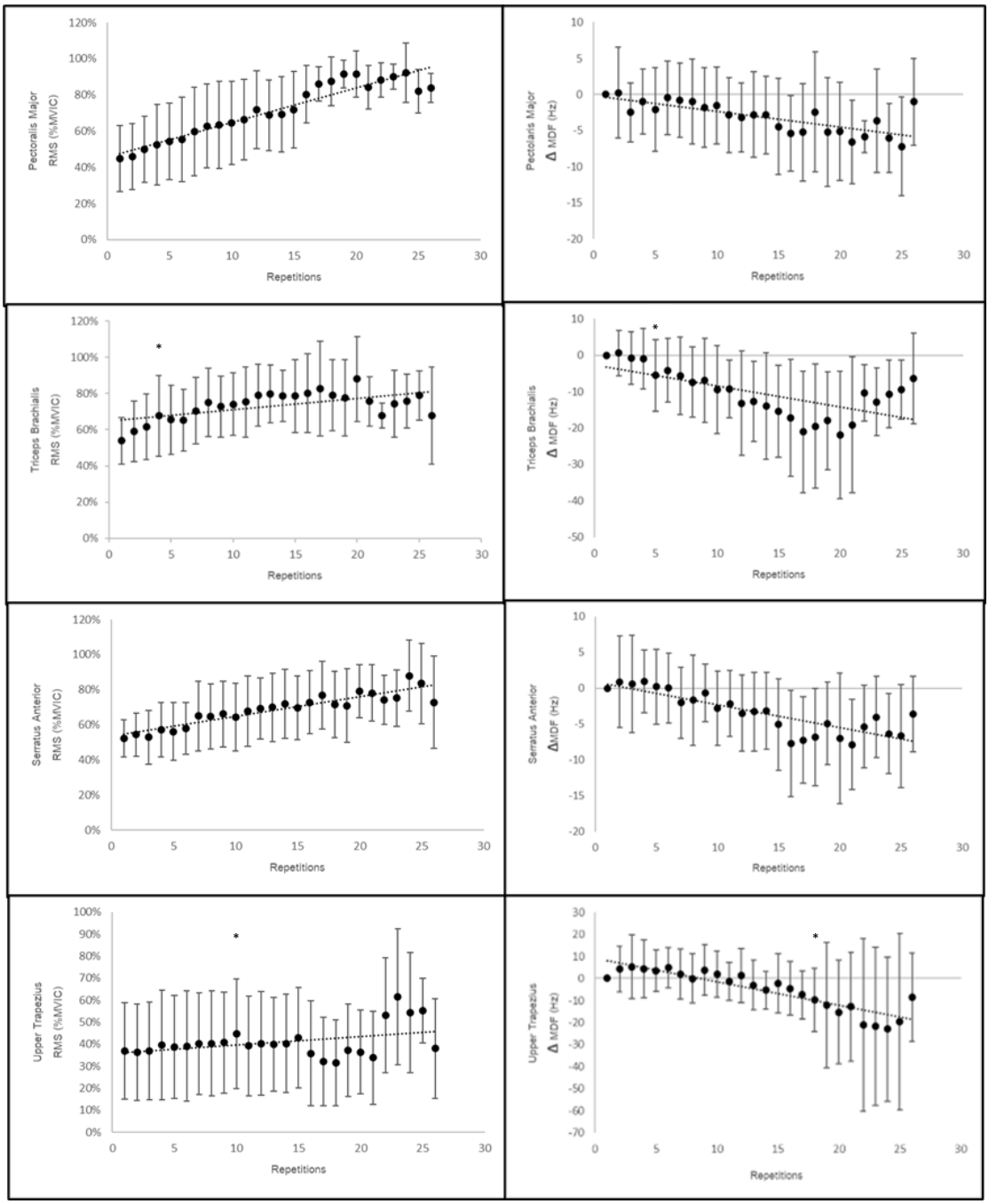
		ΔMDF (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
19	26	-5.8±6.2	-17.1±19.2	-9.2±8.2	-9.2±10.8
20	25	-5±6.2	-14.4±14.1	-7.5±6.1	-9.76±14.4
21	24	-6.3±7.2	-15.5±13.3	-6.4±6.6	-13.6±11.9
22	24	-7.9±7.6	-16.4±16.3	-8.1±6.8	-13.5±12.3
23	24	-6.7±4.4	-15.6±13.2	-8.7±8.7	-13.6±11
24	20	-10±8.2	-21.1±17.4	-10.5±9	-15.3±10
25	20	-9.2±7.4	-21.8±16.9	-9.9±9.2	-14.8±13.4
26	20	-9.8±8.1	-21.6±17.3	-7.3±5.3	-16.5±9
27	19	-9.1±6.2	-19.1±13.9	-7.7±7.5	-12.5±10.4
28	15	-9.8±7.3	-21±18.9	-6.6±6.7	-14±9.9
29	10	-11.6±6.3	-20.8±19.6	-9.3±4.9	-16.7±13.3
30	10	-11.2±6.7	-22.2±21.5	-8.2±5.6	-16.8±11.9
31	10	-11.6±6.4	-18.9±13.5	-6.8±4.5	-16±11.9
32	6	-10.5±6.4	-18±16.1	-7.6±5.1	-13.6±12.3
33	6	-10±7	-21.3±27.3	-9.3±6.1	-16.3±12.5
34	6	-8.5±6	-21.6±19.2	-7±4.6	-14.6±14.7
35	4	-6.3±6.6	-21.6±23.1	-5.6±6.5	-14.3±13.7
36	4	-3±5.7	-24.5±28.2	-3±6.9	-23±26.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 3 สามารถหาค่าเฉลี่ยของ ΔMDF จากผู้ร่วมวิจัยที่มีประสบการณ์ทั้งหมด 30 คน เมื่อดันพื้นไปจนถึงครั้งที่ 17 ต่อจากนั้นจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่ดันพื้นได้เกิน 17 ครั้งจะลดลง

ΔMDF ที่วัดได้จากกล้ามเนื้อ Pectoralis Major Triceps Brachialis และ Serratus Anterior จะลดลงตามจำนวนครั้งการดันพื้นตั้งแต่ครั้งที่ 1 จนถึงครั้งที่ 36 แต่กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ค่า ΔMDF ลดลงน้อยมากตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของค่า %MVIC และ **Δ**MDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดต่อจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)

ภาพที่ 9 จากกราฟ กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis มี %MVIC ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์เพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น โดยพบความแตกต่างหลังจากดันพื้นไปได้ 4 ครั้ง ($p < 0.01$) และ ΔMDF ลดลงอย่างต่อเนื่องและพบความแตกต่างหลังจากดันพื้นไปได้ 5 ครั้ง ($p = 0.01$)

จากกราฟ กล้ามเนื้อ Pectoralis Major มี %MVIC ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์มีค่าสูงขึ้นตามจำนวนครั้งในการดันพื้น ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละครั้งที่ดันพื้น เช่นเดียวกับ ΔMDF ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ที่พบแนวโน้มของกราฟลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากกราฟ กล้ามเนื้อ Serratus Anterior ค่าเฉลี่ย %MVIC ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งในการดันพื้น แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับค่าเฉลี่ย ΔMDF ที่ลดลงอย่างต่อเนื่องแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากกราฟ กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์มี %MVIC เพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น โดยพบความแตกต่างหลังจากดันพื้นไปได้ 10 ครั้ง ($p = 0.01$) และ ΔMDF ลดลงอย่างต่อเนื่องตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น โดยพบความแตกต่าง หลังจากดันพื้นไปได้ 18 ครั้ง ($p = 0.03$)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดตามการดันพื้น ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)

		%MVIC (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
1	30	44.8±18.1	53.8±12.8	52.3±10.6	36.9±21.9
2	30	45.9±18.3	59±16.6	54.4±12.3	36.3±21.8
3	30	50±18.3	61.6±18	52.9±15.3	37±22.2
4	30	52.4±22.2	67.7±22.2	57.1±15.5	39.7±24.9
5	30	54.5±21.2	65.4±19.1	56.2±16.3	38.7±23.3
6	30	55.4±23.5	65.2±17.1	57.9±14.6	39.1±25
7	30	60±24.5	70.4±18.4	65±19.8	40.3±23.1
8	30	62.9±23.1	74.9±18.8	64.7±18.4	40.3±23.8
9	30	63.5±24	72.7±16.9	66.2±18.7	40.7±22.9
10	30	64.5±23	74.1±17.3	64.4±19.2	44.6±24.9
11	30	66.5±22.2	75.2±19.5	67.9±20	39.2±22.5
12	30	71.8±21.4	79±17.1	69.4±17.3	40.3±23.4
13	30	68.8±19.4	79.7±16	69.9±19.5	39.9±21.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดตามการดันพื้น ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)

		%MVIC (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
14	30	69.3±20.8	78.6±14.2	71.8±19.5	40.3±22.3
15	28	72±21.1	78.5±20.1	69.7±18	43±22.7
16	19	80.4±15.8	79.9±21.7	72.8±17.9	35.8±23.8
17	14	86.1±9.5	82.6±25.9	76.8±19.3	32.2±20.1
18	13	87.5±13.4	79±19.5	71.5±18.7	31.5±19.5
19	10	91.5±7.7	77.6±21	70.9±20.9	37.2±20.8
20	9	91.7±12.7	88±23.3	79±15.2	36.4±19.1
21	7	84.3±11.9	75.6±13.6	78.1±16.1	33.8±21.2
22	6	88.2±9.4	67.7±6.9	74.2±13.9	53.1±26
23	6	90.1±7	74.3±18.4	75.2±16.1	61.5±30.8
24	6	92.4±16.3	75.7±14.7	87.9±20.3	54.4±27.3
25	6	82.1±12.1	78.9±13.5	83.5±22.7	55.2±14.6
26	4	84±7.9	67.7±2.6	72.8±26.2	38±22.7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4 สามารถหาค่าเฉลี่ยของ %MVIC จากผู้ร่วมวิจัยที่ขาดประสบการณ์ทั้งหมด 30 คน เมื่อดันพื้นไปจนถึงครั้งที่ 14 ต่อจากนั้นจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่ดันพื้นได้เกิน 14 ครั้งจะลดลง

%MVIC ที่วัดได้จากกล้ามเนื้อทุกมัด จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งการดันพื้นตั้งแต่ครั้งที่ 1 จนถึงครั้งที่ 26

ค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius มีค่าน้อยกว่ากล้ามเนื้อมัดอื่น (Pectoralis Major, Triceps Brachialis และ Serratus Anterior)

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า **Δ**MDF ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดตามการดันพื้น ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)

		ΔMDF (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
1	30	0	0	0	0
2	30	0.2±6.2	0.6±6.2	0.9±6.3	4.2±10.3
3	30	-2.4±4.1	-0.7±7.2	0.6±6.8	5.3±14.6
4	30	-0.9±4.4	-0.9±8.2	0.9±4.3	4.3±13.1
5	30	-2±5.8	-5.5±9.8	0.2±5.2	3.5±9.3
6	30	-0.4±5	-4.2±8.7	0.0±4.8	4.8±9
7	30	-0.7±5.1	-5.6±10.6	-2±4.9	1.9±11.4
8	30	-0.9±5.8	-7.4±9.7	-1.6±6.3	-0.1±11.1
9	30	-1.8±5.4	-6.9±11.5	-0.6±4	3.8±11.6
10	30	-1.5±5.2	-9.4±12	-2.8±5.1	1.8±10.4
11	30	-2.8±5.2	-9.2±7.9	-2.1±4.6	-1.3±8.6
12	30	-3.2±4.7	-13.2±14.2	-3.4±5.3	1.3±12.2
13	30	-2.7±5.9	-12.7±11	-3.2±5.4	-3±11.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

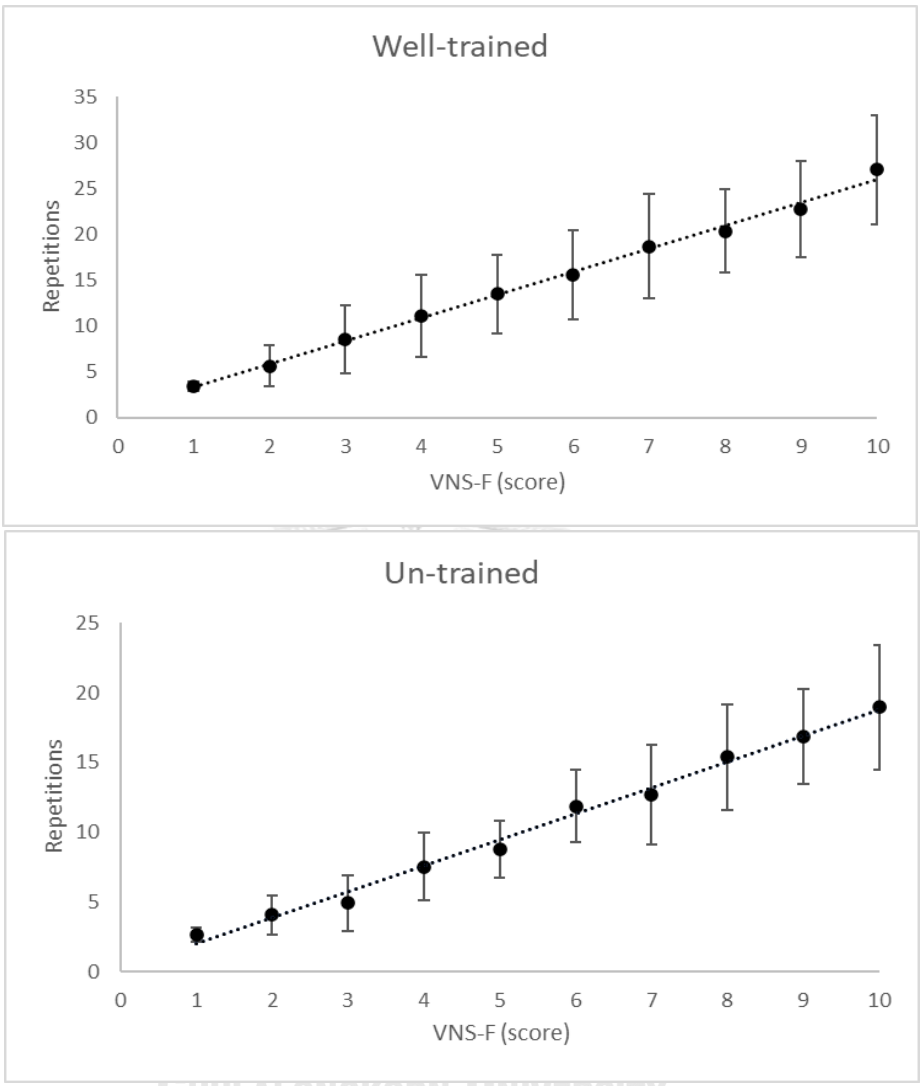
ตารางที่ 5 (ต่อ) แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC ของกล้ามเนื้อแต่ละมัดตามการดันพื้น ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)

		ΔMDF (Mean± S.D.)			
จำนวนครั้งที่ดันพื้น	**คนที่ทำได้**	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
14	30	-2.8±5.3	-13.9±14.5	-3.1±5.3	-5.5±8.4
15	28	-4.4±6.6	-15.3±12.5	-5±6.3	-2.3±13.4
16	19	-5.3±5.2	-17.2±16	-7.7±7.4	-4.5±12
17	14	-5.2±6.7	-21±16.7	-7.2±6	-7.4±10.8
18	13	-2.4±8.2	-19.5±17	-6.8±6.7	-9.7±14.3
19	10	-5.2±7.4	-18±13.4	-4.9±5.7	-12±28
20	9	-5.1±6.7	-21.9±17.4	-7±9.1	-15.2±23.5
21	7	-6.5±5.7	-19.1±18.6	-7.8±6.3	-12.7±24.6
22	6	-5.8±2.2	-10.3±7.7	-5.3±5.7	-21±39.1
23	6	-3.6±7.1	-12.8±9.3	-4±5.6	-21±39.1
24	6	-6±4.7	-10.6±9.2	-6.3±5.5	-23±32.7
25	6	-7.1±6.8	-9.5±8.1	-6.6±7.2	-19.5±40
26	4	-1±6	-6.4±12.4	-3.6±5.2	-8.4±20

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 5 สามารถหาค่าเฉลี่ยของ ΔMDF จากผู้ร่วมวิจัยที่มีประสบการณ์ทั้งหมด 30 คน เมื่อดันพื้นไปจนถึงครั้งที่ 14 ต่อจากนั้นจำนวนผู้เข้าร่วมวิจัยที่ดันพื้นได้เกิน 14 ครั้งจะลดลง

ΔMDF ที่วัดได้จากกล้ามเนื้อทุกมัดจะลดลงตามจำนวนครั้งการดันพื้นตั้งแต่ครั้งที่ 1 จนถึงครั้งที่ 26



CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของค่า VAS-F กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ (Well-trained) และขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Un-trained)

ภาพที่ 10 ค่าเฉลี่ย VAS-F มีค่าเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายดันพื้นได้ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.94 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ค่าเฉลี่ย VAS-F มีค่าเพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายดันพื้นได้ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.95 และมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า VNS-F แต่ละครั้งที่ดันพื้นได้ ในผู้ที่ออกกำลังกายทั้ง 2 กลุ่ม

	Well-trained group		Un-trained group	
VNS-F	**จำนวนคน**	**Repetition (mean ± S.D.)**	**จำนวนคน**	**Repetition (mean ± S.D.)**
1	13	3.5±0.5	12	2.7±0.5
2	18	5.7±2.2	16	4.1±1.4
3	22	8.6±3.7	12	4.9±2
4	22	11.1±4.5	21	7.5±2.4
5	22	13.5±4.3	17	8.8±2
6	23	15.6±4.9	17	11.9±2.6
7	19	18.7±5.7	19	12.7±3.6
8	22	20.4±4.5	18	15.4±3.8
9	27	22.8±5.2	19	16.9±3.4
10	29	27±5.9	24	19±4.5

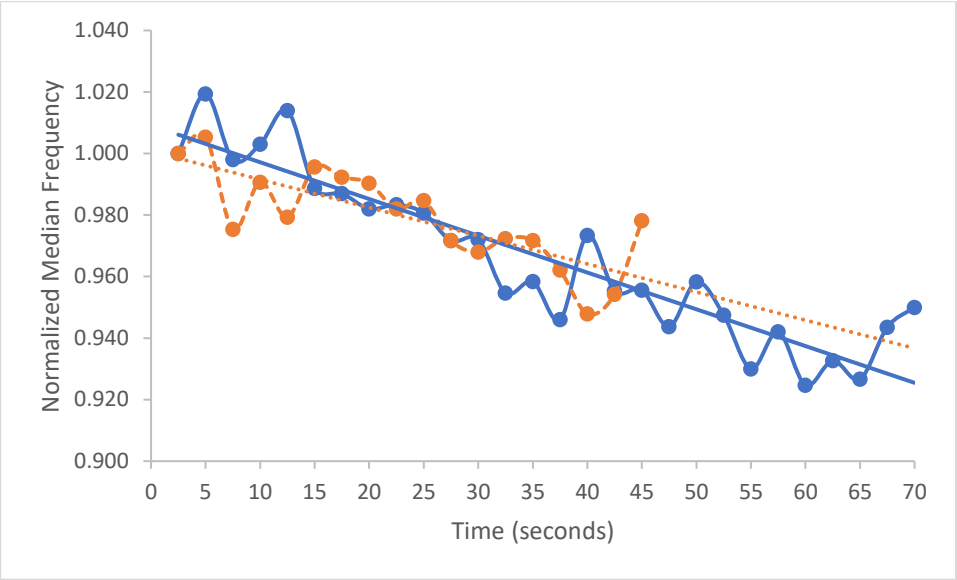
ผู้ร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม มีระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) มากขึ้นเมื่อจำนวนครั้งที่ดันพื้นมากขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตอนที่ 3 ดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อแต่ละมัดขณะทำท่าดันพื้น ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2กลุ่ม

ดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อแต่ละมัดได้จากการหาค่าความชันของ MDF ของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด ได้แก่ Pectoralis Major, Triceps Brachialis, Serratus Anterior และ Upper Trapezius ขณะที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการดันพื้น จากสมการ Y=mX + b ความชันของ MDF ที่ได้จากการดันพื้นที่จุดเริ่มต้น – MDF ของเวลาทุก ๆ 2.5 วินาที จะทำให้เป็นค่ามาตรฐาน (Normalization) ดังที่แสดงในภาพที่ 11-14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



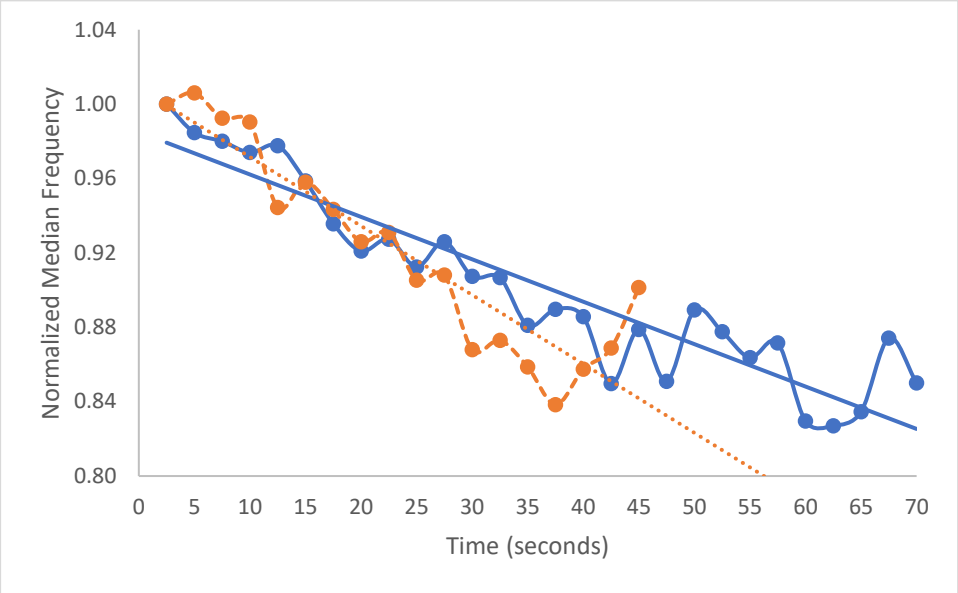
ภาพที่ 11 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Pectoralis Major ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ)

จากภาพที่ 11 แสดงการลดลงของ Normalized ของค่าเฉลี่ย MDF ของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major ณ เวลาที่ดันพื้นแต่ละครั้ง (ทุก 2.5 วินาที) โดยที่กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 70 วินาที ส่วนกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 45 วินาที

สมการของกราฟคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) Y = -0.12X+47.24

สมการของกราฟคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) Y = -0.08X+42.50

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 กลุ่ม ความชันของ MDF ที่แสดงถึงดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีค่ามากกว่าในกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย



ภาพที่ 12 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ)

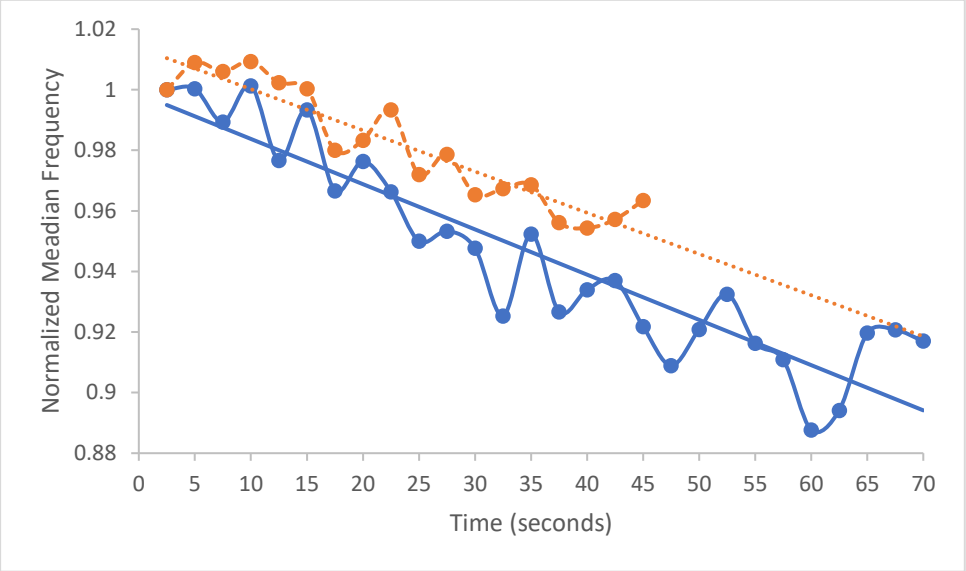
จากภาพที่ 12 แสดงการลดลงของ Normalized ของค่าเฉลี่ย MDF ของกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis ณ เวลาที่ดันพื้นแต่ละครั้ง (ทุก 2.5 วินาที) โดยที่กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 70 วินาที ส่วนกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 45 วินาที

สมการของกราฟคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) Y = -0.24X+64.86

สมการของกราฟคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) Y = -0.40X+63.93

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 กลุ่ม ความชันของ MDF ที่แสดงถึงดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis ของกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีค่ามากกว่าในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



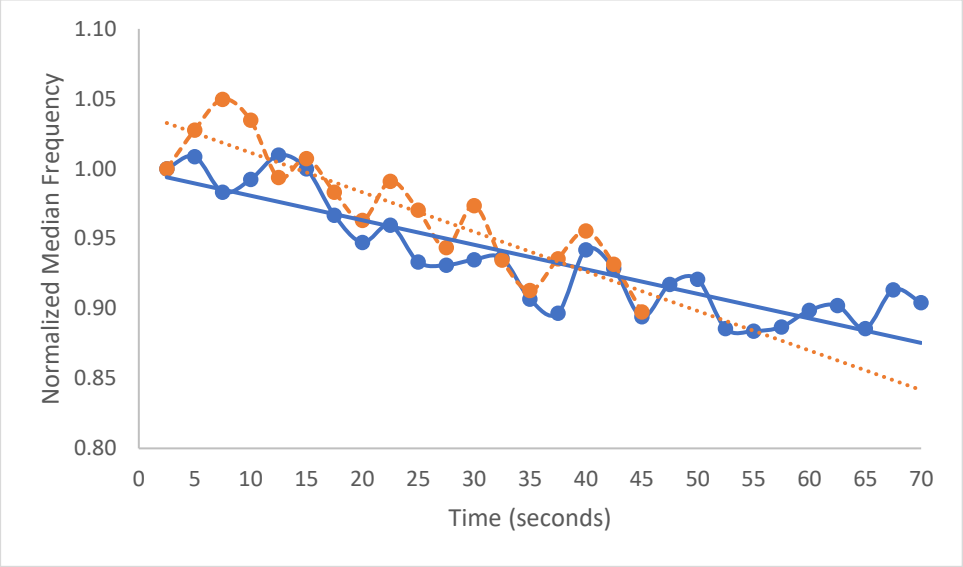
ภาพที่ 13 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Serratus Anterior ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการ Serratus Anterior ออกกำลังกาย (เส้นประ)

จากภาพที่ 13 แสดงการลดลงของ Normalized ของค่าเฉลี่ย MDF ของกล้ามเนื้อ Serratus Anterior ณ เวลาที่ดันพื้นแต่ละครั้ง (ทุก 2.5 วินาที) โดยที่กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 70 วินาที ส่วนกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 45 วินาที

สมการของกราฟคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) Y = -0.14X+46.47

สมการของกราฟคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) Y = -0.13X+46.24

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 กลุ่ม ความชันของ MDF ที่แสดงถึงดัชนีความล้าของ Serratus Anterior กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีค่ามากกว่าในกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย



ภาพที่ 14 แสดงค่าความชันของ MDF กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) และ กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ)

จากภาพที่ 14 แสดงการลดลงของ Normalized ของค่าเฉลี่ย MDF ของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius ณ เวลาที่ดันพื้นแต่ละครั้ง (ทุก 2.5 วินาที) โดยที่กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 70 วินาที ส่วนกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้เวลาในการดันพื้นทั้งหมด 45 วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมการของกราฟคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นทึบ) Y = -0.18X+65.20

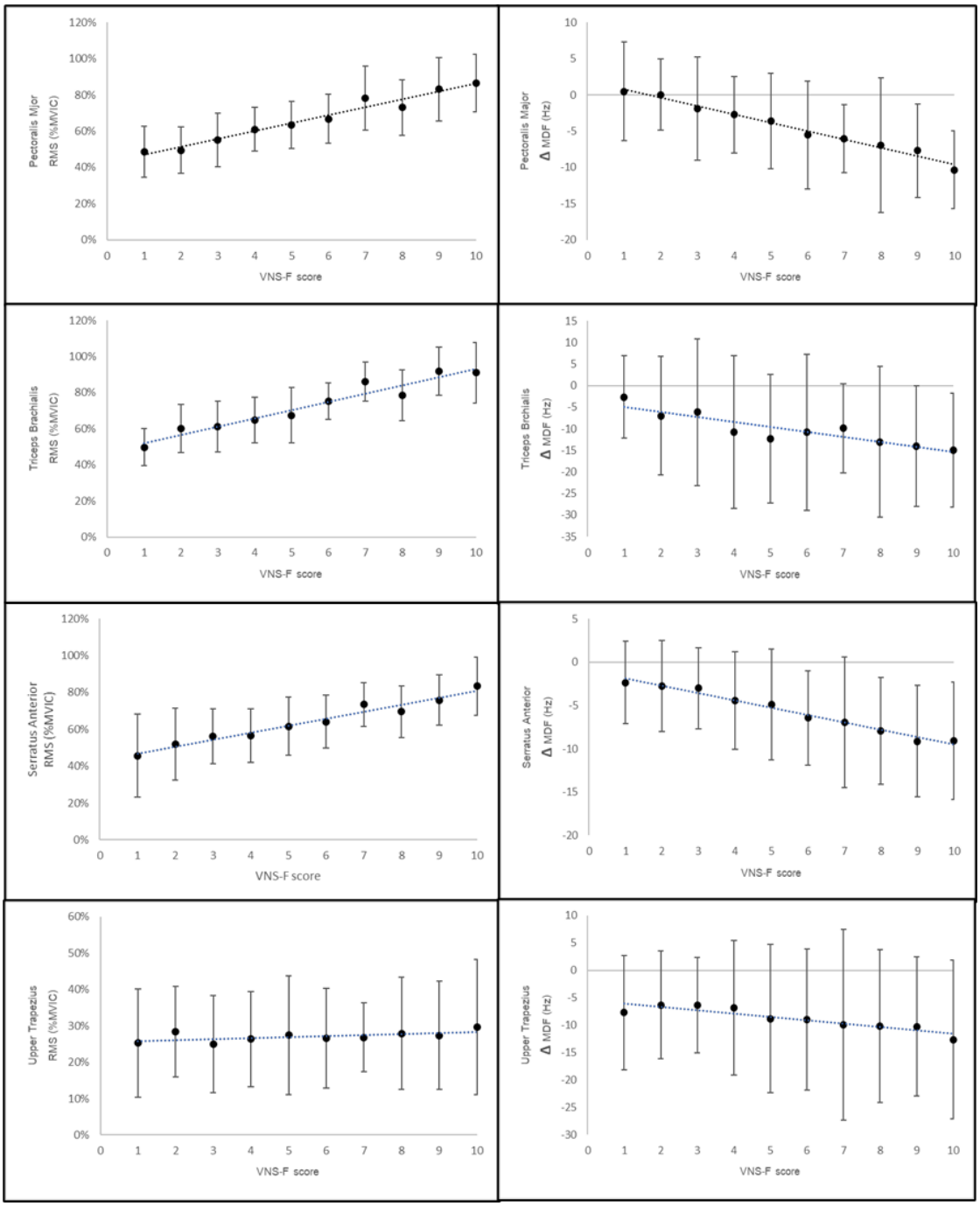
สมการของกราฟคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (เส้นประ) Y = -0.26X+67.69

เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 2 กลุ่ม ความชันของ MDF ที่แสดงถึงดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius ของกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีค่ามากกว่าในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย

ตอนที่ 4 ความสัมพันธ์ของความรู้สึกล้า (VNS-F) กับการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้า ของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม

ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้ VNS-F score เพื่อประเมินระดับความรู้สึกล้าของผู้ป่วยในขณะออกกำลังกายท่าดันพื้นของผู้เข้าร่วมวิจัย กลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายและกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย กลุ่มละ 30 คน และหาความสัมพันธ์ของ VNS-F score กับจำนวนครั้งที่ผู้ร่วมวิจัยแต่ละกลุ่มทำการดันพื้นได้ จากนั้นจะนำค่ากระแสประสาทกล้ามเนื้อทั้ง %MVIC และ ΔMDF ที่ตรงกับค่า VNS-F score แต่ละจุด มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของภาวะล้ากล้ามเนื้อกับระดับความรู้สึกล้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของค่า %MVIC และ **Δ**MDF กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

ภาพที่ 15 จากกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.98 ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างของ %MVIC ที่ระดับความรู้สึกล้า VNS-F = 7 เมื่อเทียบกับ VNS-F = 5 ($p<0.001$) นอกจากนี้ ΔMDF ลดลงแบบผกผันกับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.99 ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างของ ΔMDF ที่ระดับความรู้สึกล้า VNS-F = 7 เมื่อเทียบกับ VNS-F = 4 ($p = 0.02$)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.96 ($p < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างของ %MVIC ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า เช่นเดียวกับ ΔMDF ที่ลดลงสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.90 ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของ ΔMDF ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Serratus Anterior กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.97 ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับ ΔMDF ที่ลดลงสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.98 ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของ %MVIC และ ΔMDF ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย พบว่าค่า %MVIC มีความสัมพันธ์กับค่า VNS-F ในระดับต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.3 ($p < 0.05$) และไม่พบความแตกต่างของ %MVIC ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า ในขณะที่ ΔMDF ลดลงสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.90 ($p < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างของ ΔMDF ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า

ตารางที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

	%MVIC (mean ± S.D.)			
VNS-F score	Pectoralis Major	Triceps Brachialis	Serratus Anterior	Upper Trapezius
1	48.6±14.0	49.7±10.3	45.6±22.5	25.3±14.8
2	49.4±12.8	59.9±13.3	51.9±19.6	28.4±12.4
3	55.0±14.8	61.1±14.0	56.1±14.8	24.9±13.3
4	61.0±12.1	64.8±12.5	56.4±14.5	26.3±13.0
5	63.5±12.9	67.3±15.3	61.6±15.7	27.4±16.3
6	66.7±13.5	75.2±10.1	64.0±14.4	26.6±13.6
7	78.2±17.6	86.1±10.9	73.5±11.9	26.8±9.5
8	73.0±15.4	78.5±13.9	69.5±13.9	27.8±15.4
9	83.1±17.5	91.9±13.3	75.7±13.6	27.3±14.8
10	86.4±15.8	91.0±16.7	83.3±15.7	29.7±18.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

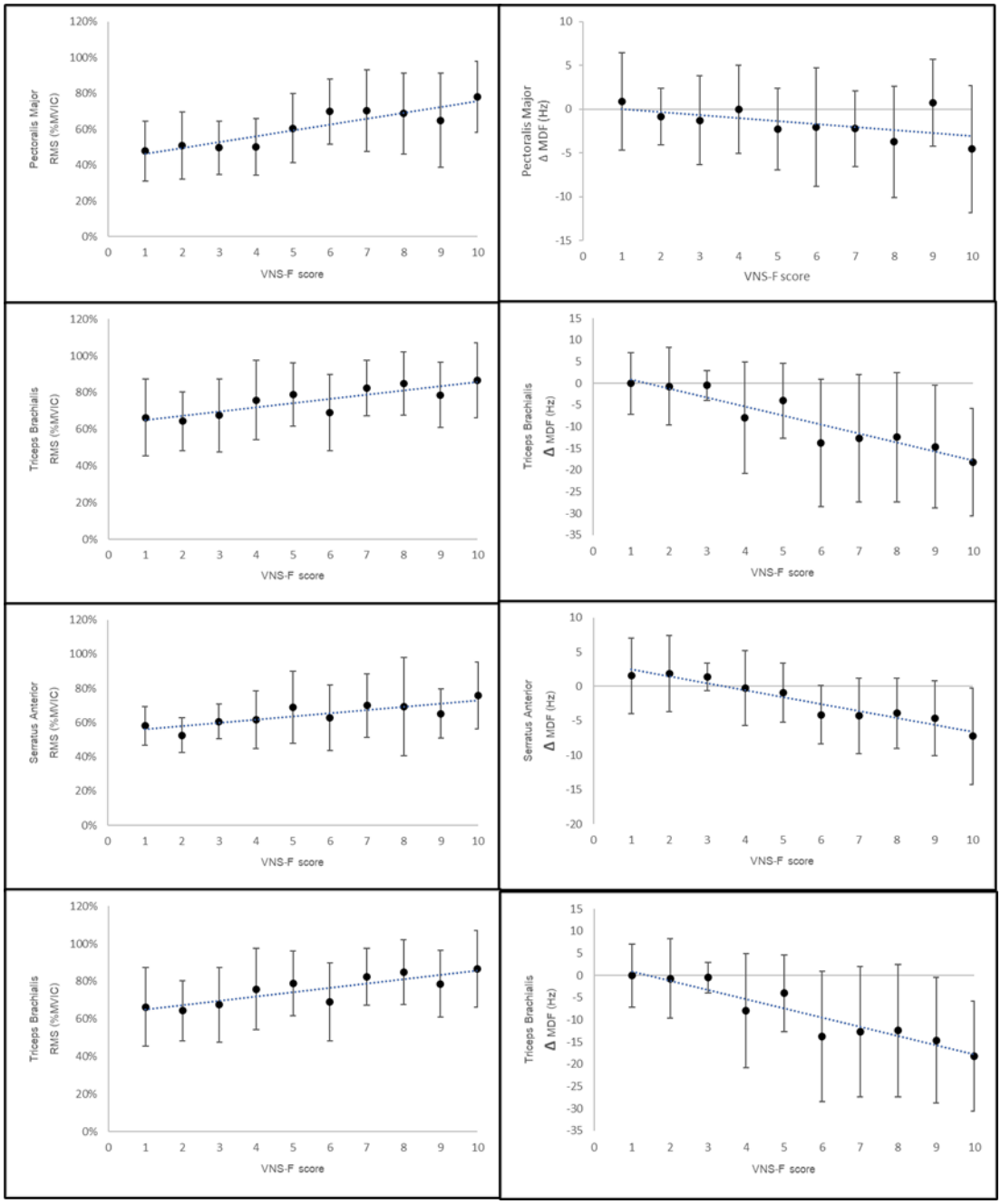
จากตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ย %MVIC ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในกกล้ามเนื้อ Pectoralis Major Triceps Brachialis และ Serratus Anterior เพิ่มขึ้นตามระดับ VNS-F score ที่วัดได้ 1-10 กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ ค่าเฉลี่ย %MVIC มีค่าน้อยกว่ากล้ามเนื้อมัดอื่นและไม่เพิ่มตาม VNS-F score ที่วัดได้

ตารางที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า **Δ**MDF กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (Well-trained group)

	ΔMDF (mean ± S.D.)			
VNS-F score	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
1	0.5±6.8	-2.7±9.5	-2.4±4.7	-7.7±10.4
2	0.0±4.9	-7.0±13.7	-2.7±5.3	-6.3±9.9
3	-1.9±7.2	-6.2±17.0	-3.0±4.7	-6.4±8.7
4	-2.7±5.3	-10.8±17.7	-4.4±5.6	-6.9±12.3
5	-3.6±6.6	-12.3±14.9	-4.9±6.4	-8.8±13.5
6	-5.5±7.4	-10.8±18.1	-6.4±5.4	-9.0±12.9
7	-6.0±4.7	-9.9±10.3	-6.9±7.6	-9.9±17.4
8	-6.0±4.7	-13.0±17.4	-7.9±6.2	-10.2±13.9
9	-7.0±9.3	-14.1±14.0	-9.1±6.5	-10.3±12.7
10	-10.3±5.4	-15.0±13.2	-9.1±6.8	-12.7±14.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย **Δ**MDF ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major Triceps Brachialis Serratus Anterior และ Upper Trapezius มีค่าลดลงและผกผันกับ VNS-F score ที่วัดได้ 1-10



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ของค่า %MVIC และ **Δ**MDF กับ VAS-F score ของแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (un-trained)

ภาพที่ 16 จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.9 ($p < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างของ %MVIC ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า เช่นเดียวกับ ΔMDF ที่ลดลงสัมพันธ์กับ VNS-F ปานกลาง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.57 ($p < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างของ ΔMDF ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.85 ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างของ %MVIC ของระดับของความรู้สึกล้าที่ VNS-F score = 7 เมื่อเทียบกับ VNS-F = 6 ($p < 0.001$) เช่นเดียวกับ ΔMDF ที่ลดลงสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.93 ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างของ ΔMDF ของระดับของความรู้สึกล้าที่ VAS-F score = 6 มีความแตกต่างกับ VNS-F score = 5 ($p<0.001$)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Serratus Anterior กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.84 ($p < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างของ %MVIC ในแต่ละระดับของความรู้สึกล้า เช่นเดียวกับ ΔMDF ที่ลดลงสัมพันธ์กับ VNS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.96 ($p < 0.05$) โดยค่าเฉลี่ย ΔMDF ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ภายในกล้ามเนื้อ Serratus Anterior ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในแต่ละระดับของความรู้สึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสประสาทของกล้ามเนื้อ Upper Trapezius กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ของกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย พบว่าค่า %MVIC เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับ VNS-F ระดับปานกลางโดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.55 โดยพบความแตกต่างของ %MVIC ของระดับของความรู้สึกล้าที่ VNS-F score = 5 เมื่อเทียบกับ VNS-F =1 ($p=0.01$) เช่นเดียวกับ ΔMDF ที่ลดลงสัมพันธ์กับ VAS-F โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.86 ($p < 0.05$) โดยพบความแตกต่างของ ΔMDF ของระดับของความรู้สึกล้าที่ VNS-F score =8 เมื่อเทียบกับ VAS-F score = 6 ($p =0.029$)

ตารางที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า %MVIC กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (un-trained)

	%MVIC (mean ± S.D.)			
VNS-F score	Pectoralis Major	Triceps Brachialis	Serratus Anterior	Upper Trapezius
1	47.7 ±16.6	66.4 ±21.0	58.0 ±11.2	31.9 ±12.8
2	50.9±18.7	64.2±16.0	52.5±10.2	38.8±24.5
3	49.6±15.0	67.5±19.8	60.5±10.1	36.3±19.2
4	50.0±15.7	75.8±21.6	61.5±16.8	44.4±25.5
5	60.6±19.3	78.9±17.1	68.8±21.0	46±21.7
6	69.8±18.3	69.0±20.6	62.7±19	36.4±20.0
7	70.4±22.7	82.3±15.1	69.9±18.6	34.4±24.8
8	68.7±22.4	84.8±17.1	69.3±28.8	39.8±16.1
9	64.9±26.3	78.6±17.8	65.1±14.3	45.5±24.7
10	78.1±19.8	86.7±20.3	75.8±19.5	47.4±22.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย %MVIC ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major Triceps Brachialis และ Serratus Anterior เพิ่มขึ้นตามระดับ VNS-F score ที่วัดได้ 1-10 กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ ค่าเฉลี่ย %MVIC มีค่าน้อยกว่า

ตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± S.D.) ของค่า **Δ**MDF กับ VNS-F score ของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย (un-trained)

	ΔMDF (mean ± S.D.)			
VNS-F score	**Pectoralis Major**	**Triceps Brachialis**	**Serratus Anterior**	**Upper Trapezius**
1	0.9±5.6	2.9±5.4	1.5±5.5	10.1±15.2
2	-0.9±3.2	1.0±4.4	1.9±5.5	5.2±10.2
3	-1.3±5.1	2.0±1.0	1.3±2.0	3.3±11
4	0.0±5.0	-2.4±5.4	-0.3±5.4	0.6±12.6
5	-2.3±4.7	-0.4±2.8	-1.0±4.3	0.4±13.7
6	-2.1±6.8	-4.8±4.2	-4.1±4.2	1.4±12.2
7	-2.2±4.3	-4.3±5.5	-4.3±5.5	4.7±12.1
8	-3.7±6.4	-3.6±4.3	-3.9±5.1	-12.0±21.9
9	0.7±5.0	-4.6±5.4	-4.6±5.4	-12.2±27.2
10	-4.6±7.2	-6.7±7.0	-7.2±7.0	-10.9±20.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ย **Δ**MDF ของกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในกกล้ามเนื้อ Pectoralis Major Triceps Brachialis Serratus Anterior และ Upper Trapezius มีค่าลดลงและผกผันกับ VNS-F score ที่วัดได้ 1-10

บทที่5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยทดลองเชิงวิเคราะห์ ณ จุดเวลาใดเวลาหนึ่ง (cross sectional study) ในผู้ออกกำลังในสถานออกกำลังกายประเภทยิม เพศชาย สัญชาติไทย อายุ 20-35 ปี จากการคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้จำนวนประชากรที่ทำการศึกษา 60 คน โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนจะต้องทำการดันพื้นตามจังหวะ Metronome (ความเร็วที่ 4 ครั้ง ต่อ 10 วินาที) และขณะนั้นจะได้รับการวัดค่ากระแสประสาทกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดได้แก่ Pectoralis Major Triceps Brachialis Serratus Anterior และ Upper Trapezius ในระหว่างที่ทำท่าดันพื้นจะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยบอกความรู้สึกล้าในรูปแบบการประเมินความล้าด้วยสายตา(VNS-F) มีค่า 1- 10

ผลการศึกษาพบว่า ในกลุ่มที่มีประสบการณ์มีจำนวนครั้งในการดันพื้น = 27.3 ± 6.3 ครั้ง และในกลุ่มที่ขาดประสบการณ์มีจำนวนครั้งในการดันพื้น = 18.2 ± 4.3 ครั้ง ซึ่งทั้ง 2 กลุ่ม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

จากการศึกษาค่ากระแสประสาทกล้ามเนื้อพบว่าในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ค่า %MVIC แปรผันตรงตามและค่า ΔMDF แปรผกผันกับจำนวนครั้งที่ดันพื้นที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major, Triceps Brachialis และ Serratus Anterior ยกเว้น Upper Trapezius นอกจากนี้เฉพาะกล้ามเนื้อ Pectoralis Major เท่านั้น ที่พบว่าการเปลี่ยนแปลงของ %MVIC และ ΔMDF ในแต่ละครั้งที่ดันพื้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปถึงครั้งที่ 19

ในกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายพบค่า %MVIC แปรผันตามและค่า ΔMDF แปรผกผันกับจำนวนครั้งที่ดันพื้นที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major, Triceps Brachialis, Serratus Anterior และ Upper Trapezius อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้พบว่ากล้ามเนื้อ Triceps Brachialis เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปแล้ว 5 ครั้ง และพบในกล้ามเนื้อ Upper Trapezius เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปแล้วที่ 11 ครั้ง แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงนี้ในกล้ามเนื้อมัด Pectoralis Major และกล้ามเนื้อ Serratus Anterior

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการศึกษาสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อพบว่า ในกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีค่าดัชนีความล้าที่มากกว่าในกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major และ Serratus Anterior และมีค่าน้อยกว่าที่กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ Upper Trapezius

ผลของการวิจัยความสัมพันธ์ของค่า VNS-F กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นในกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายและกลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายพบว่าค่า VNS-F สัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ ทั้ง 2 กลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของการวิจัยความสัมพันธ์ของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อกับค่า VNS-F score ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายพบว่า ค่า %MVIC แปรผันตามและค่า ΔMDF แปรผกผันกับค่า VNS-F ในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major, Triceps Brachialis, Serratus Anterior และ Upper Trapezius โดยที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major พบความแตกต่างของค่า %MVIC และ ΔMDF ที่จุด VNS-F score = 7 ในขณะที่กล้ามเนื้อที่เหลือ 3 มัดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละจุดของ VNS-F

ผลของการวิจัยความสัมพันธ์ของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อกับค่า VNS-F score ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายพบว่า ค่า %MVIC แปรผันตามและค่า ΔMDF แปรผกผันกับค่า VNS-F ในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major, Triceps Brachialis, Serratus Anterior และ Upper Trapezius โดยที่กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis พบความแตกต่างของค่า %MVIC ที่จุด VNS-F score =7 และ ΔMDF ที่จุด VNS-F score = 6 และที่กล้ามเนื้อ Upper Trapezius พบความแตกต่างของค่า %MVIC ที่จุด VNS-F score =5 และ ΔMDF ที่จุด VNS-F score = 8 ในขณะที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major และ Serratus Anterior ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละจุดของ VNS-F

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อภิปรายผล

Demographic data

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้เป็นผู้ที่มาออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายประเภทฟิตเนส โดยแยกเป็นกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย และ กลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย โดยผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละกลุ่มมี อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแสดงว่า โครงสร้างทางกายภาพของผู้วิจัยจะไม่มีผลต่อการวิจัย จำนวนครั้งในการดันพื้นของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีค่ามากกว่ากลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมื่อปัจจัยทางกายภาพของผู้เข้าร่วมวิจัยมีค่าไม่แตกต่างกัน ประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีผลอย่างมากต่อจำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทำได้ ในการออกกำลังกายท่าดันพื้น

ภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทกล้ามเนื้อขณะทำท่าดันพื้น

ในการวิเคราะห์ค่าสัญญาณไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละครั้งที่ดันพื้นของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายทั้ง 30 คน ในส่วนของ frequency domain จะใช้ค่า MDF ที่ normalization เป็นค่า ΔMDF และในส่วนของ Time domain จะใช้ค่า RMS ที่ normalization เป็นค่า %MVIC โดยจะวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสประสาทจากครั้งเริ่มต้น ไปจนถึงครั้งสุดท้ายที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันได้ เพื่อสังเกตุปรากฏการณ์ความล้าที่เกิดขึ้น

Chulalongkorn University

ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อทั้ง 3 มัดได้แก่ Pectoralis Major, Triceps Brachialis และ Serratus Anterior เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกระแสประสาท (% MVIC, ΔMDF) กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ จะพบการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่แปรผันตามจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ โดยที่ค่า %MVIC แปรผันตรงและ ΔMDF แปรผันผกผันตามจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นของการทำท่าดันพื้น แต่กล้ามเนื้อ Upper Trapezius พบการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทน้อยมากจนไม่สัมพันธ์กับจำนวนครั้งที่ผู้เข้าร่วมวิจัยดันพื้นได้ แสดงให้เห็นว่ากลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังแทบไม่ใช้กล้ามเนื้อ Upper Trapezius ในการออกแรงในการออกกำลังกายท่าดันพื้น(41)

ในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อ Pectoralis Major เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่ากระแสประสาทกล้ามเนื้อในแต่ละครั้งของการดันพื้น พบว่าเมื่อดันพื้นไปจนถึงครั้งที่ 19 ค่า % MVIC และ ΔMDF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับครั้งก่อนหน้า แสดงว่ามีความล้าของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นครั้งแรกที่ช่วงการดันพื้นครั้งที่ 19 ซึ่งกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis Serratus Anterior และ Upper Trapezius ไม่พบความแตกต่างที่มีนัยสำคัญในแต่ละครั้งที่ดันพื้นจนครบจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ บ่งบอกถึงว่าผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายใช้กล้ามเนื้อทั้ง 3 มัดนี้น้อยมากจนเมื่อดันพื้นครบแล้วก็ยังไม่พบความล้าเกิดขึ้นในกล้ามเนื้อทั้ง 3 มัด

ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อทุกมัดได้แก่ Pectoralis Major, Triceps Brachialis, Serratus Anterior และ Upper Trapezius เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสัญญาณ (% MVIC, ΔMDF) กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ จะพบการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทกล้ามเนื้อที่แปรผันตามจำนวนครั้งที่ดันพื้นได้ โดยที่ค่า %MVIC แปรผันตรงและ ΔMDF แปรผันผกผันตามจำนวนครั้งที่เพิ่มขึ้นของการทำท่าดันพื้น แสดงให้เห็นว่ากลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังจะใช้กล้ามเนื้อทุกมัดในการออกแรงดันพื้นแต่ละครั้ง

ในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ Upper Trapezius เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าสัญญาณในแต่ละครั้งของการดันพื้น พบว่าเมื่อดันพื้นไปช่วงครั้งที่ 8 – 12 กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis เริ่มพบความแตกต่างของค่า % MVIC และ ΔMDF อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับครั้งก่อนหน้า แสดงว่าเริ่มมีความล้าของกล้ามเนื้อเกิดขึ้นครั้งแรก และในช่วงเวลาใกล้เคียงกันที่กล้ามเนื้อ Upper Trapezius เริ่มพบความแตกต่างของค่า % MVIC และ ΔMDF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อดันพื้นไป 18 ครั้ง ในขณะที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของค่ากระแสประสาท (%MVIC, ΔMDF) ที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major ในการดันพื้นแต่ละครั้ง บ่งบอกถึงว่าผู้ที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ใช้กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis เป็นหลักในการออกแรงทำท่าดันพื้นแตกต่างจากคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายที่จะใช้กล้ามเนื้อ Pectoralis Major เป็นหลักในการออกแรงทำท่าดันพื้น มีการศึกษาพบว่า ในกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis มีใยกล้ามเนื้อประเภทที่2 ที่ทำการหดตัวเร็วและแรง อยู่ที่ 67.5% จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะความล้าที่กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้ออีก 3 มัด (19) นอกจากนี้ยังพบว่าคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายยังใช้กล้ามเนื้อมัดรองที่ปกติเอาไว้ช่วยในการสร้างความมั่นคงของสะบักมาใช้เพื่อทำท่าดันพื้นอีกด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ดัชนีความล้าของกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

เมื่อนำค่ากระแสประสาทของกล้ามเนื้อ มาวิเคราะห์ดัชนีความล้าของช่วงเวลาหนึ่งที่ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายท่าดันพื้น พบว่า ในกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ Upper Trapezius กลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายจะมีค่าดัชนีความล้าที่น้อยกว่าในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย แต่ในกล้ามเนื้อ Pectoralis Major ของกลุ่มที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีค่าดัชนีความล้าที่มากกว่ากลุ่มที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย แสดงให้เห็นว่าสำหรับกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย มีการใช้กล้ามเนื้อ Pectoralis Major เป็นกล้ามเนื้อหลักในการทำท่าดันพื้นจึงพบความล้าเกิดขึ้นได้เร็วกว่ากล้ามเนื้อมัดอื่น ๆ เมื่อเทียบกับคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายซึ่งจะใช้กล้ามเนื้อหลายส่วนทั้งกล้ามเนื้อมัดหลักและกล้ามเนื้อมัดรองในการทำท่าดันพื้น จึงทำให้ผลดัชนีความล้าเกิดขึ้นได้มากกว่าในกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis, Upper Trapezius ส่วนกล้ามเนื้อ Serratus Anterior ทั้ง 2 กลุ่มมีค่าดัชนีความล้าใกล้เคียงกัน แสดงว่าเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายท่าดันพื้นไปจนหมดแรงที่ช่วงระยะเวลาหนึ่ง นั้นยังไม่ถึงขึ้นที่จะใช้กล้ามเนื้อ Serratus Anterior จนทำให้เกิดการล้าของกล้ามเนื้อมัดนี้ได้

ความสัมพันธ์ของความรู้สึกล้า (VNS-F) กับภาวะกล้ามเนื้อล้าที่วัดได้จากการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาท

การทดสอบครั้งนี้ใช้ VNS-F ประเมินการรับรู้ความล้าของผู้เข้าร่วมวิจัยขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น โดยทั้งกลุ่มคนที่มีประสบการณ์และขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีค่าความสัมพันธ์ระหว่าง VNS-F กับจำนวนครั้งที่ดันพื้นสูงมากอย่างมีนัยสำคัญทั้ง 2 กลุ่ม แสดงว่าผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนมีความรู้สึกล้ามากขึ้นตามจำนวนครั้งที่ดันพื้น

ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย เมื่อเปรียบเทียบค่ากระแสประสาทกล้ามเนื้อที่วัดได้ (%MVIC, ΔMDF) ต่อความรู้สึกล้า (VNS-F) แต่ละระดับ (1 – 10) พบว่ามีความสัมพันธ์กันสูงมากที่กล้ามเนื้อ Pectoralis Major โดยเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า %MVIC และ ΔMDF ที่ VNS-F แต่ละระดับ พบว่าที่ VNS-F score = 7 มีค่า %MVIC และ ΔMDF แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ VNS-F ที่ระดับน้อยกว่า และพบว่าค่าเฉลี่ยของสัญญาณ (%MVIC, ΔMDF) ที่ VNS-F = 7 ตรงกับความล้าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของค่ากระแสประสาท

กล้ามเนื้อที่ผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปแล้วช่วงครั้งที่ 19 – 20 แสดงว่าความล้าที่เกิดขึ้นครั้งแรกในกลุ่มคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกาย เกิดขึ้นหลังจากดันพื้นไปแล้ว 19 - 20 ครั้งและมีความรู้สึกล้ามากระดับ 7 ในขณะที่กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย %MVIC, ΔMDF ที่วัดได้จากกล้ามเนื้อ Pectoralis Major ไม่พบความแตกต่างเมื่อเทียบกันกับ VNS-F แต่ละระดับ แสดงว่าคนที่ขาดประสบการณ์ไม่ได้ใช้กล้ามเนื้อ Pectoralis Major เป็นหลักในการออกกำลังกายท่าดันพื้นขณะนั้น จึงยังไม่มีความล้าของกล้ามเนื้อเกิดขึ้น

กลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายพบการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทที่กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis โดยเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่า %MVIC และ ΔMDF ที่ VNS-F แต่ละระดับ พบว่า %MVIC มีความแตกต่างที่ VNS-F score = 7 เมื่อเปรียบเทียบกับ VNS-F ที่ระดับน้อยกว่า และ ΔMDF มีความแตกต่างที่ VNS-F score = 6 เมื่อเทียบกับ VNS-F score ที่ระดับน้อยกว่า และพบว่าค่า %MVIC, ΔMDF ที่ระดับ VNS-F 6-7 ตรงกับความล้าที่เกิดขึ้นเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปได้แล้ว 8 ครั้ง แสดงว่าความล้าที่เกิดขึ้นในกลุ่มคนที่ขาดประสบการณ์จะเกิดเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปได้เพียง 8 ครั้ง และมีความรู้สึกล้าระดับปานกลางถึงมาก (VNS-F score = 6-7) นอกจากนี้ยังพบว่าค่า %MVIC ของ Upper Trapezius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ VNS-F score = 5 เมื่อเทียบกับ VNS-F ที่ระดับน้อยกว่า และค่า ΔMDF มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ VNS-F score = 8 เมื่อเทียบกับ VNS-F ที่ระดับน้อยกว่า และพบว่าจุดนี้มีค่า %MVIC และ ΔMDF ตรงกับความล้าที่เกิดขึ้นเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยทำท่าดันพื้นไปได้แล้วช่วงครั้งที่ 18ซึ่งพบว่าเป็นจำนวนค่าเฉลี่ยในการดันพื้นครั้งสุดท้าย แต่มีจะผู้เข้าร่วมวิจัยอีกจำนวนหนึ่งที่สามารถทำการดันพื้นได้มากกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งจากตารางที่ 10 จะเห็นได้ว่าค่า ΔMDF เริ่มมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในขณะที่คนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีค่ากระแสประสาทกล้ามเนื้อที่วัดได้ (%MVIC, ΔMDF) ความสัมพันธ์กับระดับความรู้สึกล้า (VNS-F) ที่กล้ามเนื้อ Triceps Brachialis, Serratus Anterior ยกเว้นกล้ามเนื้อ Upper Trapezius แม้จะไม่พบความแตกต่างเมื่อเทียบกับ VNS-F แต่ละระดับ แสดงว่ากล้ามเนื้อเหล่านี้เนื่องจากเป็นกล้ามเนื้อมัดรองจาก Pectoralis Major จึงถูกใช้น้อยมากสำหรับคนที่มีประสบการณ์ในขณะทำท่าดันพื้น จึงยังไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของกระแสประสาทที่บ่งชี้ความล้า ส่วนคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายจะใช้กล้ามเนื้อในการออกแรงมากกว่าคนที่มีประสบการณ์ ได้แก่ Triceps Brachialis และ Upper Trapezius จึงพบการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เปลี่ยนแปลงกระแสประสาทที่บ่งชี้ความล้าได้จากกล้ามเนื้อทั้ง 2 มัด แสดงว่าการรับรู้ความล้า VNS-F ของผู้เข้าร่วมวิจัยจะสัมพันธ์กับความล้าที่กล้ามเนื้อที่ก็ต่อเมื่อใช้กล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการออกแรง

สรุปการอภิปราย

เมื่อโครงสร้างทางกายภาพไม่มีความแตกต่างกัน ประสบการณ์ในการออกกำลังกายมีผลต่อประสิทธิภาพในการออกกำลังกายท่าดันพื้น โดยพบว่าคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายจะเกิดความล้าของกล้ามเนื้อได้ช้ากว่าคนที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกายและใช้กล้ามเนื้อที่ถูกต้องในการทำท่าดันพื้น ทำให้สามารถออกกำลังกายท่าดันพื้นได้จำนวนครั้งที่มากกว่า และการประเมินความรู้สึกล้าของคนที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายจะแม่นยำกว่าในการบอกความรู้สึกล้าที่สัมพันธ์กับความล้าที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้กล้ามเนื้อมัดที่ถูกต้องในการออกแรงทำท่าดันพื้น

การนำเอางานวิจัยไปใช้

ค่าความสัมพันธ์ของ การบอกค่า VNS-F กับ จำนวนครั้งไปในทิศทางที่มากขึ้น ทั้ง 2 กลุ่มจะเห็นได้ว่าเมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้ง 2 กลุ่ม เมื่อบอกค่า VNS-F ตั้งแต่ค่า 6 -7 ขึ้นไปเป็นการบ่งบอกความล้าเชิงความรู้สึกที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าของกล้ามเนื้อที่บ่งชี้ถึงการเกิดภาวะความล้า ดังนั้นการนำ VNS-F มาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมินความล้าในการออกกำลังกายที่ใช้ได้ถึงแม้ว่าการดันพื้นจะเป็นท่าออกกำลังกายที่ทำได้ง่าย แต่มีการใช้งานของกล้ามเนื้อหลายมัดและข้อต่อหลายข้อดังนั้นผู้ที่มีประสบการณ์ในการออกกำลังกายถึงจะสามารถใช้มัดกล้ามเนื้อหลักในการออกกำลังกายได้แม่นยำมากกว่าผู้ที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย นำไปสู่โปรแกรม หรือแนวทางในการฝึกฝนของแต่ละกลุ่ม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เริ่มจากในผู้ที่มีประสบการณ์ ที่จะต้องเพิ่มความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major เพิ่มขึ้นเพื่อพัฒนาจำนวนครั้งในการฝึก และ นำไปใช้ในการติดตามการประเมินความรู้สึกล้าเพื่อไม่ให้ทำการดันพื้นเกินขีดจำกัดซึ่งจะนำไปสู่การบาดเจ็บจากการออกกำลังกายส่งผลทำให้ขาดการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง

ในผู้ที่ขาดประสบการณ์ในการออกกำลังกาย ต้องเพิ่มความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อ Triceps Brachialis และ กล้ามเนื้อ Pectoralis Major ตามลำดับ เพราะทั้ง 2 มัดกล้ามเนื้อมีหน้าที่ในการออกแรงผลักเพื่อต้านสู้กำแรงโน้มถ่วงเมื่อกล้ามเนื้อมัดหลักทำงานได้ดีมากขึ้น ภาวะการชดเชย

การใช้งานกล้ามเนื้อมัดช่วย Upper Trapezius ก็จะลดลง เพื่อเป็นการลดแรงตึงที่ผลต่อกล้ามเนื้อ Upper Trapezius ซึ่งจะมีผลต่อแรงกดที่กระดูกต้นคอ ในเชิงการนำไปใช้ในการติดตามการประเมินความล้า เนื่องจากจำนวนในการดันพื้นน้อยครั้งกว่าอีกกลุ่ม จะเป็นการเฝ้าระวังเพื่อไม่ให้เกิดการระบมของกล้ามเนื้อที่มากเกินจะส่งผลต่อความต่อเนื่องในการฝึกฝน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในครั้งหน้าควรนำภาพวิดีโอมาใช้ในการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวร่วมกับการวัดสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อเมื่อเริ่มเกิดการล้าและเพื่อใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการชดเชยแรงของกล้ามเนื้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

คณะแพทยศาสตร์ **จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**	**AF 06-05/6.0** **เอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมใน** **โครงการวิจัย**

การวิจัย เรื่องการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้ากับสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้า โดยเปรียบเทียบในคนที่ฝึกฝนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนแตกต่างกัน ขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ..... .....

ข้าพเจ้านาย/.....

ที่อยู่..... .....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่ ..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณา

จริยธรรมการวิจัยในคน อาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการเท่านั้น หลังจากที่โครงการวิจัยสิ้นสุดลง วิดิโอดังกล่าวจะถูกทำลาย

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดการกับตัวอย่างทางชีวภาพ

☑ ไม่มีตัวอย่างชีวภาพ

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์ หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย

(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

	คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย **คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**	**เอกสารชี้แจงข้อมูลคำอธิบายสำหรับ** **ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**	**AF 06-04/6.0** **หน้า /7**

<u>ชื่อโครงการวิจัย</u> การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้ากับสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้า โดยเปรียบเทียบในคนที่ฝึกฝนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนแตกต่างกัน ขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

<u>ผู้สนับสนุนการวิจัย</u>

<u>ผู้วิจัยหลัก</u>

ชื่อ นายเกริก บุตรวงศ์โสภา

ที่อยู่ที่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 081-172-9622

<u>ผู้วิจัยร่วม</u>

ชื่อ รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์

ที่อยู่ที่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 081-627-5141

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นเพศชาย อายุระหว่าง 20-35 ปี ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ

เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของแพทย์ผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

<u>เหตุผลความเป็นมา</u>

การออกกำลังกายในท่าดันพื้นเป็นรูปแบบการออกกำลังที่มุ่งเน้นในการเสริมสร้างความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อส่วนบนโดยใช้น้ำหนักของตัวเอง (Body weight resistance training) ซึ่งท่าดันพื้นนี้เป็นที่นิยมสำหรับกลุ่มนักกีฬา หรือแม้แต่คนที่ออกกำลังกายในสถานออกกำลังกายฟิตเนส เนื่องจากเป็นท่าออกกำลังกายที่เสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับท่าออกกำลังกายชนิดอื่น ๆ และท่าดันพื้นมีการเคลื่อนไหวข้อต่อมากกว่าหนึ่งข้อ (compound movement) จึงมีการใช้กล้ามเนื้อหลายมัดในคราวเดียว นอกจากนี้ท่าดันพื้นยังง่ายต่อการปฏิบัติ เพราะสะดวก ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ใด ๆ ในการออกกำลังกาย ไม่ต้องการพื้นที่มาก ไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถปรับระดับความยากง่ายของท่าให้สอดคล้องต่อความแข็งแรงของผู้ออกกำลังกาย

ภาวะกล้ามเนื้อล้าเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดการจำกัดศักยภาพของผู้ออกกำลังกายในการที่จะออกกำลังกายให้หนักหรือออกกำลังกายในระยะเวลาที่นานขึ้น ซึ่งปกติภาวะกล้ามเนื้อล้าเกิดขึ้นได้ในช่วงที่ออกกำลังกายเนื่องจากกล้ามเนื้อเองขาดพลังงาน Electromyography (EMG) เป็นวิธีการนำเอาความรู้ทางไฟฟ้ามาใช้ในการตรวจวัดกระแสประสาทของกล้ามเนื้อเพื่อใช้ในการวัดการหดตัวของกล้ามเนื้อและเป็นวิธีการวัดความล้าของกล้ามเนื้อในรูปแบบ Non-invasive ซึ่งถือเป็น Gold standard ดังนั้นจึงสามารถแปรผลเรื่องความล้าของกล้ามเนื้อจากค่ากระแสสัญญาณประสาท (magnitude) ซึ่งพารามิเตอร์ที่นิยมใช้ในการวัดความล้า คือ Median frequency (MDF) หรือค่ากลางของความถี่ของกระแสสัญญาณประสาททั้งหมดโดยที่ค่า MDF เริ่มลดลง จะบ่งบอกถึงการเริ่มต้นของภาวะความล้าในส่วนของการวัดความล้าจากความรู้สึก (perception of fatigue) เครื่องมือวัดที่ใช้ส่วนใหญ่ คือ Visual numeric scale for fatigue (VNS-F) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินความล้าที่เข้าใจง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์เยอะหรือซับซ้อน ไม่มีปัญหาทำให้ความล้าของคนที่ล้าอยู่แล้วมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มากขึ้น โดยปกติ VAS-F ใช้มากในผู้ป่วยเพื่อวัดความล้าในเชิงจิตวิทยาที่ไม่ได้มุ่งเน้นว่ากลไกเกิดที่ตรงไหน นอกจากนี้ยังไม่พบการศึกษาใดที่วัดสัญญาณไฟฟ้าของการเกิดภาวะกล้ามเนื้อล้า ณ ขณะที่ออกกำลังกายในท่าดันพื้น แล้วหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ที่บ่งชี้กับความรู้สึกล้าที่เป็น subjective complaint

ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้ากับสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้าโดยเปรียบเทียบในคนที่ฝึกฝนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนแตกต่างกัน ขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

ภาวะกล้ามเนื้อล้า

<u>วัตถุประสงค์ของการศึกษา</u>

เพื่อเปรียบเทียบว่าความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ความล้าและสัญญาณกระแสประสาทที่บ่งชี้กล้ามเนื้อล้ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ในกลุ่มคนที่ฝึกฝนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อช่วงบนดีกับปานกลาง ในขณะออกกำลังกายท่าดันพื้น

<u>วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย</u>

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอให้ท่านกรอกแบบสอบถามเพื่อคัดกรอง ซึ่ง ได้แก่ คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป ประวัติสุขภาพในอดีตและปัจจุบัน เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้หรือไม่ และท่านจะได้รับการประเมินความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อช่วงบนในท่าดันพื้น หากท่านมีคุณสมบัติเบื้องต้นที่เหมาะสมตามเกณฑ์คัดเข้า ในลำดับถัดไปท่านจะได้รับการอธิบายอย่างละเอียดเกี่ยวกับวิธีการทดสอบในงานวิจัยนี้ พร้อมทั้งทำความคุ้นเคยกับอุปกรณ์การทดสอบ และทำความคุ้นเคยกับการดันพื้นให้ตามจังหวะของ Electronic metronome รวมถึงการใช้ VNS-F ในการวัดความรู้สึกล้า โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัยท่านจะมาพบผู้วิจัยทั้งสิ้น 1 ครั้ง โดยมีจำนวนอาสาสมัครทั้งสิ้น 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มละ 30 คน

เพื่อตรวจคัดกรอง

1.พักผ่อนให้เพียงพอก่อนวันทำการคัดกรอง งดการออกกำลังกายอย่างหนักหรืองดท่าออกกำลังกายที่ใช้กล้ามเนื้อ เกี่ยวกับการดันพื้น อย่างน้อย 48ชั่วโมง ก่อนทำการทดสอบดันพื้น และรับประทานอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนทำการทดสอบดันพื้น

2.เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการหรือที่สถานออกกำลังกายจะให้ท่านนั่งพัก และตอบแบบสอบถามคัดกรอง แล้วเริ่มวัดค่าต่าง ๆ ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น ประมาณ 5 นาที ดังนี้

a.วัดความส่วนสูง น้ำหนักตัว

b.ทดสอบความแข็งแรงและความทนทานในท่าดันพื้น ตามหลัก ACSM

c.ทำแบบประเมินความพร้อมก่อนการออกกำลังกายโดยใช้แบบประเมินสุขภาพก่อนการออกกำลังกาย (2019-PAR-Q+)

3.เปิดโอกาสให้ท่านซักถามข้อสงสัยต่าง ๆ

ก่อนทำการทดสอบ

ทำการติดตั้งขั้วรับสัญญาณ Electrode และ Ground ของกล้ามเนื้อกล้ามเนื้อ Pectoralis major, Serratus anterior, Triceps brachialis และ Upper trapezius ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการเกร็งกล้ามเนื้อค้างไว้ (Isometric contraction)ด้วยความสามารถในการเกร็งกล้ามเนื้อสูงสุด เป็นเวลา 10 วินาที เพื่อตรวจสอบสัญญาณการทำงานของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด และใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง เพื่อนำมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ในแต่ละช่วงของ VNS-F

ทำการทดสอบ

1. ทำการดันพื้นตามหลักของ ACSM จนถึงภาวะกล้ามเนื้อล้านั้น จะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการดันพื้นด้วยความเร็วที่ 2.5 วินาทีต่อ 1ครั้ง ตามจังหวะของ Electric-metronome

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องบอกความรู้สึกล้า (VNS-F) ในขณะที่ดันพื้น จากการที่ผู้วิจัยจะทำการถามทุก ๆ 10 วินาที และใช้ปากกาลากไปตาม VNS-F Horizontal line เมื่อถึงจุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัย เปล่งเสียงว่าล้าออกมา ผู้ทำการวิจัยจะใช้ปากกาขีดเส้นตรงในแนวตั้งในบริเวณนั้น

3.ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการดันพื้นให้ได้จำนวนครั้งมากที่สุดตามจังหวะของ Electric-metronome ด้วยท่าทางที่ถูกต้อง

4.การทดสอบจะสิ้นสุดลงเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทำการดันพื้นด้วยท่าทางที่ถูกต้องได้ หรือไม่สามารถทำการดันพื้นตามจังหวะที่กำหนดไว้ได้

5.โดยตลอดการทดสอบดันพื้นจะทำการถ่ายวิดีโอเพื่อบันทึกจำนวนครั้งและความรู้สึกล้าเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ต่อไป

<u>สิ่งที่อาสาสมัครพึงปฏิบัติเมื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย</u>

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ ผู้ทำวิจัยจะรับผิดชอบค่ารักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นทั้งหมดหากมีเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือได้รับอันตรายที่เกิดจากการเข้าร่วมโครงการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>ความเสี่ยงที่อาจได้รับ</u>

1.ความเสี่ยงจากการทดสอบในท่าดันพื้น ท่านอาจจะมีอาการไม่พึงประสงค์ เช่น อาการปวดระบมกล้ามเนื้อ จะเกิดหลังการออกกำลังกาย 8-12 ชม. อาการจะหนักมากขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วง 24-48 ชม.ต่อมาและอาการปวดระบมเริ่มลดลงใน72 ชม. สาเหตุอาจจะเกิดจากการทดสอบเป็นการกระตุ้นการใช้กล้ามเนื้อไปจนถึงจุดที่กล้ามเนื้อช่วงบนล้าจนไม่สามารถทำการกันพื้นต่อไปได้

2.กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการอื่น ๆ ที่พบร่วมด้วยระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบโดยเร็ว

ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

ประโยชน์ที่อาจได้รับ

ท่านอาจได้รับประโยชน์จากฝึกในท่าดันพื้นในจังหวะที่ช้าทำให้กล้ามเนื้อมีการถูกกระตุ้นมากขึ้น ส่งผลให้เกิดการพัฒนาของกล้ามเนื้อกลุ่มมัดเป้าหมายในรูปแบบที่เปลี่ยนไปจาก จังหวะที่ใช้ในการดันพื้นแบบปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิธีการและรูปแบบการรักษาอื่นๆซึ่งมีอยู่สำหรับอาสาสมัคร

การเข้าร่วมโครงการนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ ท่านไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมโครงการนี้เพื่อการทดสอบความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อช่วงบนในท่าดันพื้น ท่านสามารถปรึกษาแนวทางการฝึกออกกำลังกายเพื่อเพิ่มการทรงตัวด้วยวิธีอื่นๆ กับแพทย์ผู้ให้การดูแลรักษาของท่านก่อนการตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย

ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดอาหารมื้อหนักอย่างน้อย 1 ชั่วโมงก่อนการฝึกออกกำลังกาย แต่สามารถดื่มน้ำเปล่าได้ตามปกติ
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบทันที หากท่านได้รับอาการไม่สบายตัว หรือมีอาการเวียนศีรษะ หน้ามืดในขณะที่ท่านอยู่ในการฝึกออกกำลังกาย
- งดกิจกรรมหรือการออกกำลังกายอย่างหนัก อย่างน้อย 24 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบ
- ผู้เข้าร่วมวิจัยเตรียมร่างกายและจิตใจความพร้อมในการฝึกออกกำลังกายโดยแต่งกายด้วยเสื้อผ้าที่เหมาะสมทุกครั้ง เพื่อความสะดวกสบาย

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที หากท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน อีกทั้งจะได้รับการชดเชยการสูญเสียเวลา เสียรายได้ตามความเหมาะสม

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถ

ติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นายเกริก บุตรวงศ์โสภา เบอร์โทรศัพท์ 081-172-9622 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย

ท่านไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าทดสอบความแข็งแรงและความทนทานในท่าดันพื้น ค่าวิเคราะห์องค์สัญญาณประสาทกล้ามเนื้อ MEGAWIN 3.0 ค่าเข้าร่วมการฝึกออกกำลังกาย ผู้วิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับเงินชดเชยค่าเดินทาง ค่าเสียเวลาที่มาพบผู้วิจัย 1 ครั้ง จำนวน 400 บาท

การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่าน ผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ผู้ตรวจสอบการวิจัย และหน่วยงานควบคุมระเบียบกฎหมาย สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึก

ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม โดยไม่ละเมิดสิทธิของท่านในการรักษาความลับเกินขอบเขตที่กฎหมายและระเบียบกฎหมายอนุญาตไว้

จากการลงนามยินยอมของท่าน แพทย์ผู้ทำวิจัยสามารถบอกรายละเอียดที่เกี่ยวกับการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ของท่านให้แก่แพทย์ผู้รักษาท่านได้

การยกเลิกการให้ความยินยอม

หากท่านต้องการยกเลิกการให้ความยินยอมดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ นายเกริก บุตรวงศ์โสภา สาขาเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330 หรือบ้านเลขที่ 279/415 คอนโดไลฟ์รัชดาภิเษก ซ.ระหว่าง รัชดา 14-16 ถนนรัชดาภิเษก แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย</u>

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

6. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
7. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
8. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดล ชั้น 3 โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ถนนพระราม 4 ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2256-4493 ในเวลาราชการ หรือ e-mail : medchulairb@chula.ac.th

การลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขอขอบคุณในการให้ความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

.....

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามเพื่อคัดกรอง

(Screening Questionnaire)

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

Participant No..... อายุ.....ปี น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง..... เซนติเมตร ดัชนีมวลกาย.....กิโลกรัม/ตารางเมตร ประสบการณ์ในการออกกำลังกายประเภทยิม ..... ปีทดสอบการดันพื้น ACSM.....ครั้ง

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ

โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย √ ลงใน ☐ หรือเติมข้อความลงในช่องว่าง (ถ้ามี)

1) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่
   ☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....
2) ท่านมีประวัติการผ่าตัดรยางค์ส่วนบนหรือไม่
   ☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....
3) ท่านมีประวัติการบาดเจ็บของข้อต่อกระดูกโอบไหล่และรยางค์ส่วนบน ในระยะเวลา 6เดือนที่ผ่านมาหรือไม่?
   ☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....
4) ท่านมีปัญหาหรือข้อจำกัดเกี่ยวกับสุขภาพหรือแพทย์ไม่แนะนำให้ออกกำลังกาย
   ☐ ไม่มี ☐ มี ระบุ.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง

แบบบันทึกข้อมูล

Part 1: ACSM Push up test

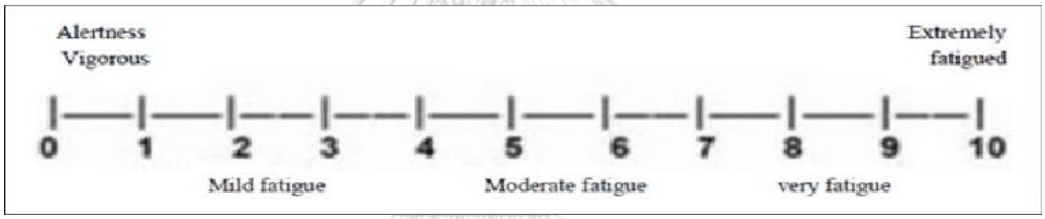
Participant Number _____ Age _____ Height _____ Weight _____ BMI

_____ Resting HR _____ Resting BP _____

ACSM Push up test _____ Reps

☐ Well-trained ☐ Un-trained ☐ Poor

Visual numeric scale of fatigue (VNS-F)



Reasons for stopping _____

Part 2: VNS-F score

VNS-F score (0-10 sec) _____ VNS-F score (61-70 sec) _____

VNS-F score (11-20 sec) _____ VNS-F score (71-80 sec) _____

VNS-F score (21-30 sec) _____ VNS-F score (81-90 sec) _____

VNS-F score (31-40 sec) _____ VNS-F score (91-100 sec) _____

VNS-F score (41-50 sec) _____ VNS-F score (101-110 sec) _____

VNS-F score (51-60 sec) _____

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

1. Ebben WP, Wurm B, VanderZanden TL, Spadavecchia ML, Durocher JJ, Bickham CT, et al. Kinetic analysis of several variations of push-ups. The Journal of Strength & Conditioning Research. 2011;25(10):2891-4.

2. M. A. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. China: Wolters Kl.; 2016.

3. Ludewig PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. The American journal of sports medicine. 2004;32(2):484-93.

4. Vøllestad NK. Measurement of human muscle fatigue. Journal of neuroscience methods. 1997;74(2):219-27.

5. Christie A, Greig Inglis J, Kamen G, Gabriel DA. Relationships between surface EMG variables and motor unit firing rates. European journal of applied physiology. 2009;107(2):177-85.

6. Khanna D, Pope JE, Khanna PP, Maloney M, Samedi N, Norrie D, et al. The minimally important difference for the fatigue visual analog scale in patients with rheumatoid arthritis followed in an academic clinical practice. The Journal of Rheumatology. 2008;35(12):2339-43.

7. Barbacki A, Petri M, Aviña-Zubieta A, Alarcón GS, Bernatsky S. Fatigue measurements in systemic lupus erythematosus. The Journal of Rheumatology. 2019;46(11):1470-7.

8. Hewlett S, Hehir M, Kirwan JR. Measuring fatigue in rheumatoid arthritis: a systematic review of scales in use. Arthritis Care & Research. 2007;57(3):429-39.

9. Lee KA, Hicks G, Nino-Murcia G. Validity and reliability of a scale to assess fatigue. Psychiatry research. 1991;36(3):291-8.

10. Leung AW, Chan CC, Lee AH, Lam KW. Visual analogue scale correlates of musculoskeletal fatigue. Perceptual and motor skills. 2004;99(1):235-46.

11. Lyons M, Rouse M, Baxendale R. Fatigue and EMG changes in the masseter and temporalis muscles during sustained contractions. Journal of Oral Rehabilitation.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1993;20(3):321-31.

12. Yang J, Christophi CA, Farioli A, Baur DM, Moffatt S, Zollinger TW, et al. Association between push-up exercise capacity and future cardiovascular events among active adult men. JAMA network open. 2019;2(2):e188341-e.

13. Contreras B, Schoenfeld B, Mike J, Tiryaki-Sonmez G, Cronin J, Vaino E. The biomechanics of the push-up: Implications for resistance training programs. Strength & Conditioning Journal. 2012;34(5):41-6.

14. Kang F-J, Ou H-L, Lin K-Y, Lin J-J. Serratus anterior and upper trapezius electromyographic analysis of the push-up plus exercise: a systematic review and meta-analysis. Journal of athletic training. 2019;54(11):1156-64.

15. Jenkins JR, Salmon OF, Smith CM. Moderate and Severe Acute Normobaric Hypoxia and the 3-Repetition Deadlift, Hand-Release Push-Up, and Leg Tuck Events From the Army Combat Fitness Test. Military Medicine. 2021.

16. Pathak SK, Salunke AA, Chawla JS, Sharma A, Ratna HV, Gautam RK. Bilateral Radial Head Fracture Secondary to Weighted Push-Up Exercise: Case Report and Review of Literature of a Rare Injury. Indian Journal of Orthopaedics. 2022;56(1):162-7.

17. Chou PP-H, Hsu H-H, Chen S-K, Yang S-K, Kuo C-M, Chou Y-L. Effect of push-up speed on elbow joint loading. J Med Biol Eng. 2011;31(3):161-8.

18. JULL GJ. Muscles and motor control in low back pain. Physical therapy of the low back. 1987.

19. Johnson MA, Polgar J, Weightman D, Appleton D. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles: an autopsy study. Journal of the neurological sciences. 1973;18(1):111-29.

20. Frontera WR, Ochala J. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. Calcified tissue international. 2015;96(3):183-95.

21. Calderón JC, Bolaños P, Caputo C. The excitation–contraction coupling mechanism in skeletal muscle. Biophysical reviews. 2014;6(1):133-60.

22. Paolini C, Quarta M, Nori A, Boncompagni S, Canato M, Volpe P, et al. Reorganized stores and impaired calcium handling in skeletal muscle of mice lacking calsequestrin-1. The Journal of physiology. 2007;583(2):767-84.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

23. Wan J-j, Qin Z, Wang P-y, Sun Y, Liu X. Muscle fatigue: general understanding and treatment. Experimental & molecular medicine. 2017;49(10):e384-e.

24. Wang L, Wang Y, Ma A, Ma G, Ye Y, Li R, et al. A comparative study of EMG indices in muscle fatigue evaluation based on grey relational analysis during all-out cycling exercise. BioMed research international. 2018;2018.

25. Gonzalez-Izal M, Malanda A, Navarro-Amezqueta I, Gorostiaga E, Mallor F, Ibanez J, et al. EMG spectral indices and muscle power fatigue during dynamic contractions. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2010;20(2):233-40.

26. Bigland-Ritchie B, Jones D, Woods J. Excitation frequency and muscle fatigue: electrical responses during human voluntary and stimulated contractions. Experimental neurology. 1979;64(2):414-27.

27. Dimitrova N, Dimitrov G. Interpretation of EMG changes with fatigue: facts, pitfalls, and fallacies. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2003;13(1):13-36.

28. Lowery MM, Stoykov NS, Taflove A, Kuiken TA. A multiple-layer finite-element model of the surface EMG signal. IEEE Transactions on Biomedical Engineering. 2002;49(5):446-54.

29. De Luca CJ, Gilmore LD, Kuznetsov M, Roy SH. Filtering the surface EMG signal: Movement artifact and baseline noise contamination. Journal of biomechanics. 2010;43(8):1573-9.

30. Lu G, Brittain J-S, Holland P, Yianni J, Green AL, Stein JF, et al. Removing ECG noise from surface EMG signals using adaptive filtering. Neuroscience letters. 2009;462(1):14-9.

31. Borreani S, Calatayud J, Colado JC, Moya-Nájera D, Triplett NT, Martin F. Muscle activation during push-ups performed under stable and unstable conditions. Journal of Exercise Science & Fitness. 2015;13(2):94-8.

32. Phinyomark A, Thongpanja S, Hu H, Phukpattaranont P, Limsakul C. The usefulness of mean and median frequencies in electromyography analysis. Computational intelligence in electromyography analysis-A perspective on current applications and future challenges. 2012;81:67.

33. Wang R, Fukuda DH, Stout JR, Robinson EH, Miramonti AA, Fragala MS, et al. Evaluation of electromyographic frequency domain changes during a three-minute

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

maximal effort cycling test. Journal of sports science & medicine. 2015;14(2):452.

34. Hawkes D, Alizadehkhaiyat O, Kemp G, Fisher A, Roebuck M, Frostick S. Electromyographic assessment of muscle fatigue in massive rotator cuff tear. Journal of Electromyography and Kinesiology. 2015;25(1):93-9.

35. Abbasi AM, Motamedzade M, Aliabadi M, Golmohammadi R, Tapak L. Study of the physiological and mental health effects caused by exposure to low-frequency noise in a simulated control room. Building Acoustics. 2018;25(3):233-48.

36. Chang J, Chablat D, Bennis F, Ma L. Estimating the EMG response exclusively to fatigue during sustained static maximum voluntary contraction. Advances in Physical Ergonomics and Human Factors: Springer; 2016. p. 29-39.

37. Sandhu JS, Mahajan S, Shenoy S. An electromyographic analysis of shoulder muscle activation during push-up variations on stable and labile surfaces. International journal of shoulder surgery. 2008;2(2):30.

38. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. Muscles: testing and function with posture and pain: Lippincott Williams & Wilkins Baltimore, MD; 2005.

39. Freeman S, Karpowicz A, Gray J, McGill S. Quantifying muscle patterns and spine load during various forms of the push-up. Medicine and science in sports and exercise. 2006;38(3):570.

40. Hsu H-H, Chou Y-L, Huang Y-P, Huang M-J, Lou S-Z, Chou PP-H. Effect of push-up speed on upper extremity training until fatigue. J Med Biol Eng. 2011;31:289-93.

41. Hewit JK, Jaffe DA, Bedard AJ, editors. Does Upper Trapezius Activity IncreaseSubstantially Over a 2-Minute Push-Up Bout?2018.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เกริก บุตรวงศ์โสภา
วัน เดือน ปี เกิด	23 มีนาคม 2532
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ที่อยู่ปัจจุบัน	ไลฟ์รัชดาภิเษกคอนโด เลขที่ 279/415 อาคาร A ชั้น34 ระหว่าง รัชดา ซอย 14-16 แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY