



คณะสหเวชศาสตร์  
School of Allied Health Sciences

ผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ  
ภายหลังจากการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่อง  
ในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี

Effects of High Power Laser Therapy on Relieving Delayed  
Onset Muscle Soreness of the Gastrocnemius in Healthy  
Male Volunteer Age between 18-25 Years

โดย

กัญจนพร ยอดขำ

กาญจนา ศรีสมบัติเจริญ

นาริลักษณ์ ฤกษ์สุภา

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม  
หลักสูตรปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต  
คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2566

## ภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการ  
ออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี

Effects of High Power Laser Therapy on Relieving Delayed  
Onset Muscle Soreness of the Gastrocnemius in Healthy  
Male Volunteer Age between 18-25 Years

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญาโท สาขาการกายภาพบำบัดบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 28 เดือน กันยายน พ.ศ. 2566

กัญจนพร ยอดงา

(นางสาวกัญจนพร ยอดงา)

นิสิต

สินธุ์พร มหารัตน์

(อาจารย์ ดร. สินธุ์พร มหารัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

กาญจนา ศรีสมบัติเจริญ

(นางสาวกาญจนา ศรีสมบัติเจริญ)

นิสิต

הלללללללללללל

(นางสาวนารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา)

นิสิต

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

กัญจนพร ยอดขำ

กาญจนา ศรีสมบัติเจริญ

นารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการ  
ออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี

Effects of High Power Laser Therapy on Relieving Delayed  
Onset Muscle Soreness of the Gastrocnemius in Healthy  
Male Volunteer Age between 18-25 Years

เมื่อ วันที่ 28 เดือน กันยายน พ.ศ. 2566

สินธุ์พร มหารักษ์

ปจรรีย์ มาน้อย

(อาจารย์ ดร. สินธุ์พร มหารักษ์)

(อาจารย์ ดร. ปจรรีย์ มาน้อย )

ประธานกรรมการ

กรรมการ

มณฑินี วัฒนสุขกุล

พนิดา หาญพิทักษ์พงศ์

(อาจารย์ กภ. มณฑินี วัฒนสุขกุล)

(อาจารย์ ดร. พนิดา หาญพิทักษ์พงศ์)

กรรมการ

ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต

พุทธิพงษ์ พลคำฮัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พุทธิพงษ์ พลคำฮัก)

คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

## ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวกัญจนพร ยอดขำ
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Ms. Kanjanaporn Yodkham
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 28 เดือนเมษายน พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดอ่างทอง
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	115 ต.ยางซ้าย อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง 14120
	E-mail: 63130025@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสตรีอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนสตรีอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



## ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวกาญจนา ศรีสมบัติเจริญ
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Ms. Kanjana Srisombatcharoen
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 20 เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2545
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	44 ถ. พหลโยธิน ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100
	E-mail: 63130036@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



## ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวนารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Ms. Nareeluck Lerksupa
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 18 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2544
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	108 หมู่ 6 ต.ปงแสนทอง อ.เมือง จ.ลำปาง 52100 E-mail: 63130216@up.ac.th
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนลำปางกัลยาณี จังหวัดลำปาง ปัจจุบันเป็นนิสิต (กายภาพบำบัด) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ภก.สินธุ์พร มหารัตน์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำตลอดจนดูแลเป็นอย่างดีจนทำให้ภาคนิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง อาจารย์ ดร.ภก. ปาจารย์ มาน้อย และ อาจารย์ ภก.มณฑินี วัฒนสุขกุล คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ ประธานหลักสูตรกายภาพบำบัดบัณฑิต คณบดีคณะสหเวชศาสตร์ คณาจารย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยพะเยาทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำภาคนิพนธ์ ขอขอบพระคุณอาสาสมัครที่ให้ความร่วมมือและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ จนการศึกษาสำเร็จไปได้ด้วยดี จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

กัญจนพร ยอดคำ  
กาญจนา ศรีสมบัติเจริญ  
นารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา

28 กันยายน 2566



## คำรับรอง

ข้าพเจ้า นางสาวกัญจนพร ยอดขำ นางสาวกาญจนา ศรีสมบัติเจริญ และนางสาวนารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด ชั้นปีที่ 4 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่าภาคินิพนธ์เรื่องผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี (Effects of High Power Laser Therapy on Relieving Delayed Onset Muscle Soreness of the Gastrocnemius in Healthy Male Volunteer Age between 18-25 years) เป็นผลการศึกษาซึ่งเกิดจากการศึกษาจริง โดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด



กัญจนพร      ยอดขำ  
กาญจนา      ศรีสมบัติเจริญ  
นารีลักษณ์      ฤกษ์สุภา  
28 กันยายน 2566

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญคำย่อ	viii
บทคัดย่อภาษาไทย	ix
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	x
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	<b>1</b>
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
สมมติฐาน	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม</b>	<b>4</b>
ภาวะอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย (DOMS)	4
กล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Gastrocnemius muscle)	9
วิธีการทำให้เกิดภาวะปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย ในกล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Exercise Induced DOMS)	10
หลักการการทำงานของเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (High Power Laser)	13
จุดกดเจ็บกล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Gastrocnemius Trigger Points)	20
พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัด (Parameters)	21
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Researches)	23
<b>บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา</b>	<b>27</b>
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	27
เครื่องมือและอุปกรณ์	29
ขั้นตอนการดำเนินการ	31

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การวิเคราะห์ข้อมูล	37
<b>บทที่ 4 ผลการศึกษา</b>	40
การหาความน่าเชื่อถือของผู้วัด (Intraclass correlation: ICC)	40
การได้มาซึ่งอาสาสมัครและข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร	41
การเปรียบเทียบผลภายในกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	50
การเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา	57
<b>บทที่ 5 วิจัยรณผลการศึกษา</b>	60
สรุปและวิจัยรณผลการศึกษา	60
สรุปผลการศึกษา	61
ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	65
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	66
<b>ภาคผนวก</b>	71
ภาคผนวก ก	72
ภาคผนวก ข	78
ภาคผนวก ค	88
ภาคผนวก ง	92
ภาคผนวก จ	94
ภาคผนวก ฉ	96
ภาคผนวก ช	99
ภาคผนวก ซ	101



## สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	แสดงแผนผังทฤษฎีการอักเสบ (Inflammation theory)	6
รูปที่ 2	กล้ามเนื้อ gastrocnemius	9
รูปที่ 3	กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ	12
รูปที่ 4	เทคนิคกริด	18
รูปที่ 5	เทคนิคสแกน	18
รูปที่ 6	เทคนิคสัมผัสผิวหนัง	19
รูปที่ 7	Gastrocnemius Trigger Points	21
รูปที่ 8	มาตรารัดความเจ็บปวดด้วยสายตา	22
รูปที่ 9	การวัด Medial gastrocnemius	23
รูปที่ 10	แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	30
รูปที่ 11	แบบคัดลอกอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย	31
รูปที่ 12	การยืดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius	34
รูปที่ 13	การยืดกล้ามเนื้อ Soleus	35
รูปที่ 14	Eccentric exercise in gastrocnemius while standing on the dominant leg	35

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 1	5
ตารางที่ 2	7
ตารางที่ 3	20
	(Cameron, 1999)
ตารางที่ 4	36
ตารางที่ 5	41
ตารางที่ 6	42
ตารางที่ 7	43
ตารางที่ 8	50
ตารางที่ 9	56

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 10	เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาของค่าระดับความเจ็บปวด (Level of pain) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold) ขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง (Calf circumference) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน่อง (Maximal isometric contraction) มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากดปลายเท้าลง (Ankle plantar flexion) และมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดกปลายเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion)	58



## สารบัญคำย่อ

DOMS	=	Delayed onset muscle soreness
EIMD	=	Exercise induced muscle damage
HHD	=	Hand held dynamometer
HILT	=	High intensity laser therapy
HPL	=	High power laser
LG	=	Lateral gastrocnemius
LLLT	=	Low-level laser therapy
LPL	=	Lower power therapy
MFP	=	Muscle fatigue protocol
MG	=	Medial gastrocnemius
MLS	=	Multiwave locked system
PPT	=	Pressure pain threshold
ROM	=	Range of motion
SWE	=	Shear wave elastography
US	=	Therapeutic ultrasound
VAS	=	Visual analogue scale

## บทคัดย่อ

**ที่มาและความสำคัญ:** Delayed onset muscle soreness (DOMS) พบในผู้เริ่มออกกำลังกายใหม่ๆ หรือทำกิจกรรมที่ส่งผลให้กล้ามเนื้อทำงานแบบ eccentric contraction รายงานที่ผ่านมามีรายงานว่าเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (HPLT) ส่งผลต่อการลดความเจ็บปวด บวม และการอักเสบของกล้ามเนื้อ แต่การศึกษาจำกัด **วัตถุประสงค์:** เพื่อศึกษาผลของการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับการรับรู้ความรู้สึกความเจ็บปวด (VAS) ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกด (PPT) และช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) **วิธีการศึกษา:** อาสาสมัครชายที่มีอายุ 18–25 ปี จำนวน 29 คน ถูกสุ่มแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุมจำนวน 14 คน ได้รับการรักษาโดยใช้ HPLT หลอกและกลุ่มทดลองจำนวน 15 คน ได้รับการรักษาโดยใช้ HPLT ทั้งสองกลุ่มจะได้รับการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS และทำการรักษาจำนวน 2 ครั้งโดยตัวแปรที่ศึกษา VAS, PPT, ROM, ขนาดเส้นรอบวงของน่องและแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง เปรียบเทียบก่อน ระหว่างและหลังการรักษา กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) **ผลการศึกษา:** ภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ด้วย Eccentric exercise ของกล้ามเนื้อน่องพบว่าทั้งสองกลุ่มมีค่าตัวแปรทุกตัวเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับข้อมูลก่อนการเหนี่ยวนำบ่งชี้ว่าการออกกำลังกายด้วยความถี่ดังกล่าวเพียงพอให้เกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและเกิด DOMS และพบว่าภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูงมีเพียงค่า PPT: upper part ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 1 ( $p = 0.01$ ), ภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 ( $p = 0.03$ ), และหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 96 ชั่วโมง ( $p = 0.04$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของตัวแปร VAS, Circumference, ROM of ankle, HDD (ทั้งหมด  $p > 0.05$ ) **สรุปผลการศึกษา:** การรักษาด้วย HPLT ภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS จำนวน 2 ครั้ง มีผลทำให้ค่า PPT: upper part เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามพบว่ายังมีคงแนวโน้มในการส่งผลดีต่อค่า VAS, PPT: middle part, แรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง, ขนาดเส้นรอบวงของน่อง และมุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งควรมีการศึกษาต่อไปในอนาคตเกี่ยวกับพารามิเตอร์ ที่ใช้ให้แน่ชัด

**คำสำคัญ:** เครื่องเลเซอร์กำลังสูง, ภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังการออกกำลังกาย

## Abstract

**Introduction:** Delayed onset muscle soreness (DOMS) is a sore, aching or painful symptom in muscles after unfamiliar intense exercise, especially in people who get starting exercises and do activities that induce eccentric muscle contraction. In previous literatures have indicated the immediate effectiveness of high power laser therapy (HPLT) for relieving pain, decreasing swelling and inflammation of muscles, bones and joints, promoting muscle relaxation but still limited. Therefore, our study set the aims for applying HPLT on Relieving DOMS symptoms. **Method:** 29 male volunteers who aged between 18–25 years were randomly divided into two groups: a control group of 14 men received placebo HPLT treatment and an experimental group of 15 men received HPLT treatment. In both groups were induced DOMS by eccentric exercise of calf muscle and treated with HPLT for 2 times. The VAS, PPT, ROM, calf circumference and maximum contraction force of the flexor muscles variables were measured at baseline, and 5 consecutive time after DOMS induction. The level of statistical significance was determined ( $p < 0.05$ ). **Result:** After inducing DOMS with Eccentric exercise of the calf muscles, it was found that both groups had changes in every variable value compared to the data before the induction. It was indicated that exercise at such a frequency was sufficient to cause muscle injury and DOMS. Moreover, after treatment with high-power laser, only the PPT: upper part values were significantly different. at the time after the 1<sup>st</sup> high-power laser treatment ( $p = 0.01$ ), after the 2<sup>nd</sup> high-power laser treatment ( $p = 0.03$ ), and after DOMS induction at 96 hours ( $p = 0.04$ ) when compared with the control group There was no difference between the groups in the variables VAS, Circumference, ROM of ankle, HHD (all  $p > 0.05$ ). **Conclusion:** HPLT treatment after inducing DOMS for 2 times resulted in PPT values: upper part increased significantly compared to the control group. However, it was found that there was still a trend of having a positive effect on VAS, PPT: middle part, maximum muscle contraction force, and calf circumference. and the angle of movement of the ankle when comparing the results with the control group, it was found that there was no statistically significant difference. There should be further studies in the future regarding the exact parameters used.

**Keyword:** Delayed onset muscle soreness (DOMS), High power laser therapy (HPLT).

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความสำคัญและที่มาของปัญหา

Delayed onset muscle soreness หรือ DOMS คือภาวะปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย มักเกิดจากการออกกำลังกายครั้งแรกอย่างหนัก การเล่นกีฬาในท่าทางที่ไม่ถูกต้องจนเกิดการบาดเจ็บที่มัดกล้ามเนื้อ หรืออาการปวดที่เกิดจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย โดยเฉพาะในผู้ที่เริ่มออกกำลังกายใหม่ ๆ และการทำกิจกรรมที่กล้ามเนื้อทำงานแบบ eccentric contraction เช่น การเดินขึ้น-ลงเขา, การวิ่ง, ว่ายน้ำ และการฝึกพลัยโอเมตริก เพื่อเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ (muscle power) โดยอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อมีระดับสูงสุดในช่วง 24-48 ชั่วโมงแรกหลังจากการหยุดออกกำลังกาย และจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งหายไปภายใน 5-7 วัน [1] การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อนี้ส่งผลให้มีการลดระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อปวดเมื่อยลง อนาคตการเคลื่อนไหวลดลง ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง จากที่กล่าวมาข้างต้น ภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจะนำมาซึ่งความบกพร่องของศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้เหมือนเดิม รวมไปถึงการลดลงของช่วงการออกกำลังกายในครั้งต่อไป ยิ่งหากเป็นในนักกีฬาความพร้อมในการแข่งขันและช่วงเวลาการฝึกซ้อมจะลดลงไปด้วยเช่นกัน [2] ซึ่งในปัจจุบันการรักษาอาการ DOMS มีหลากหลายวิธี เช่น การรักษาด้วยยา NSAIDs [3] การรักษาทางกายภาพบำบัด เช่น การนวดบำบัด การยืดกล้ามเนื้อ การรักษาด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ การรักษาด้วยความเย็น การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า เครื่องเลเซอร์ เป็นต้น [4]

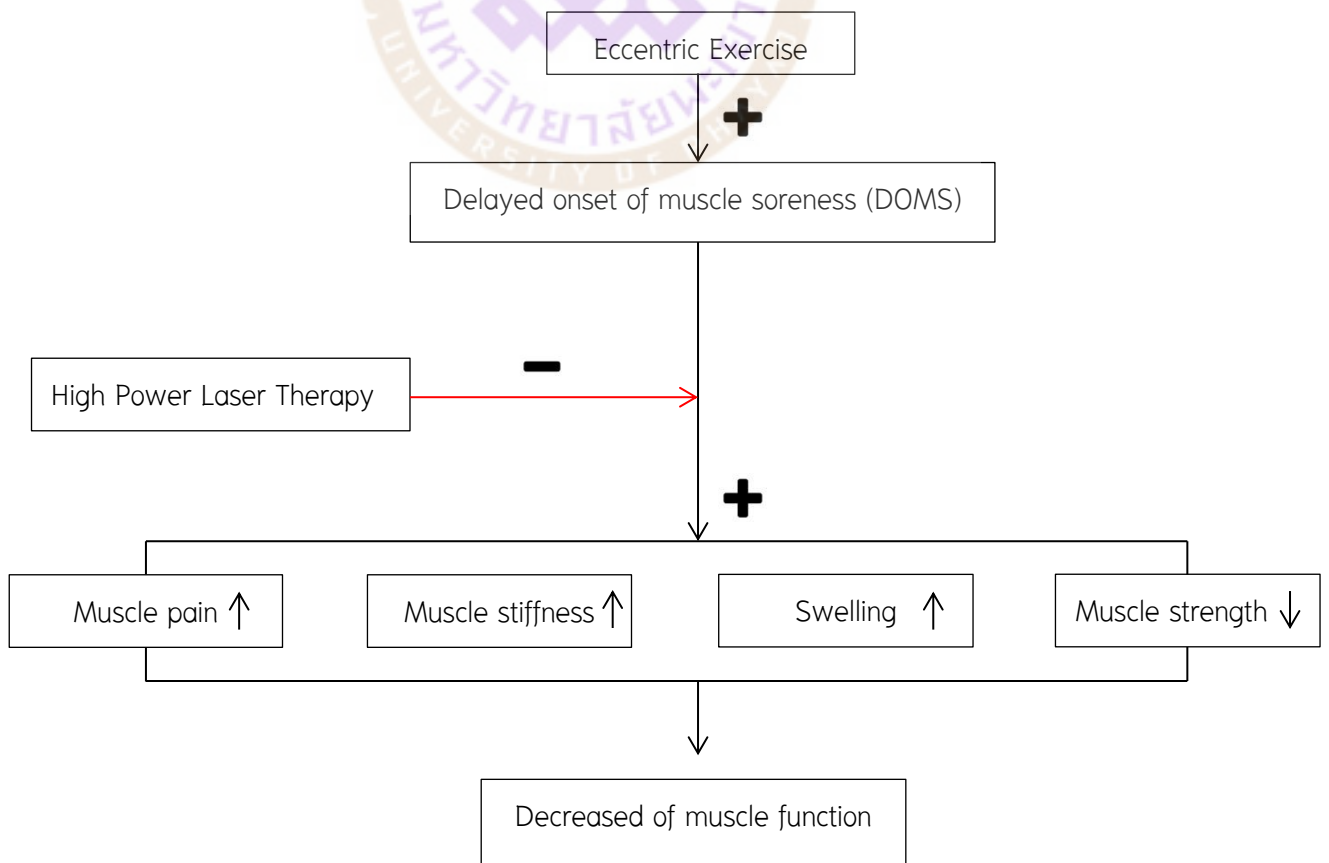
ปัจจุบันได้มีการนำเครื่องเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น ทั้งก่อน ระหว่างและหลังการออกกำลังกาย เครื่องเลเซอร์กำลังสูง (High Power Laser ; HPL) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่รักษาด้วยแสงเลเซอร์ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทาง Biological effect จึงไม่ก่อให้เกิดความร้อนที่ผิวหนังและเนื้อเยื่อจนเกินขีดอันตราย แม้ว่าเลเซอร์จะมีกำลังสูง สามารถเห็นผลทันทีหลังการรักษา ใช้เวลาในการรักษาต่อครั้งไม่นาน โดยจะให้ผลดีต่อการลดความเจ็บปวด บวม การอักเสบของกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังสามารถรักษาได้ทุกระยะ ทั้งกลุ่มเฉียบพลัน กึ่งเฉียบพลันไปจนถึงผู้ที่มีอาการอักเสบเรื้อรัง ดังนั้นจึงสามารถนำการใช้เครื่องเลเซอร์กำลังสูงมาประยุกต์ใช้กับการบรรเทาอาการ DOMS และเพิ่มความสามารถในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการเกิดอาการ DOMS

โดยจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าได้มีการใช้เครื่องเลเซอร์กำลังสูงในการรักษาอาการที่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวดทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ อาทิ เช่น ภาวะข้อเข่าเสื่อม โรคกล้ามเนื้ออักเสบ พบว่าเครื่องเลเซอร์กำลังสูงสามารถบรรเทาอาการปวดได้ [5, 6]

จากการศึกษางานวิจัยของ Chang WD, et al. (2019) [7] ได้ทำการศึกษาสำรวจผลของเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มต่อการฟื้นตัวและการเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในภาวะปวดเมื่อย DOMS เมื่อใช้ก่อนออกกำลังกาย ผลจากการวิจัยพบว่า การบำบัดด้วยเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มก่อนออกกำลังกายไม่ได้ลดภาวะ DOMS และเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ

แต่อย่างไรก็ตามการศึกษารูปแบบของเลเซอร์กำลังสูงต่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ DOMS ยังคงมีจำกัด ทางกลุ่มวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้เครื่องเลเซอร์กำลังสูง เพื่อสามารถเพิ่มทางเลือกในการรักษาทางกายภาพบำบัดให้แก่ผู้มีภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย โดยเฉพาะในนักกีฬา หรือ ผู้ที่ออกกำลังกาย ให้มีความต่อเนื่องในการออกกำลังกายในครั้งต่อไป และลดความจำกัดในการทำกิจวัตรประจำวัน เป็นหลักการดูแลตนเองเบื้องต้นในการออกกำลังกายอย่างปลอดภัย หรือทำการวิจัยต่อไป

#### แนวความคิดของการวิจัย



## ประเภทของการวิจัย

Experimental study: Randomized control trial (RCT)

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของการวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (VAS) ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกด (PPT) และช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) ภายหลังจากการออกกำลังกาย

## สมมติฐาน

กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงสามารถช่วยลดการเกิดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายได้

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เครื่องเลเซอร์กำลังสูงสามารถช่วยลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายได้ต่อเนื่องถึง 96 ชั่วโมง
2. สามารถนำผลการรักษามาปรับใช้ในทางกายภาพบำบัดหรือเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาและการทำวิจัยอื่น ๆ ในการรักษาภาวะ Delayed onset muscle soreness หรือ DOMS ที่เกี่ยวข้องต่อไป

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการบรรเทาอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อของออกกำลังกายในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประกอบการศึกษา และนำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ภาวะอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย (DOMS)
2. กล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Gastrocnemius muscle)
3. วิธีการทำให้เกิดภาวะปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย ในกล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Exercise Induced DOMS)
4. หลักการทำงานของเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (High Power Laser)
5. จุดกดเจ็บกล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส (Gastrocnemius Trigger Points)
6. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัด (Parameters)
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Researches)

#### 1. ภาวะอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย (DOMS) [8]

##### 1.1. ความหมายของ DOMS

เป็นอาการปวดกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกายที่เกิดขึ้น 8-24 ชั่วโมงหลังการออกกำลังกาย โดยจะมีอาการปวดมาก 1-2 วันต่อมามากเกิดขึ้นกับการออกกำลังกายที่เป็นแบบ eccentric contraction เป็นส่วนใหญ่ และการออกกำลังที่ไม่คุ้นเคย เกิดจากการบาดเจ็บของใยกล้ามเนื้อที่หดตัวซ้ำ ๆ และนาน ซึ่งจากงานวิจัยพบว่าความตึงตัวในกล้ามเนื้อแปรผันกับโอกาสเกิด DOMS มากกว่าการล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการตั้งของกรด lactic การวิจัยแยก DOMS ออกจากอาการปวดกล้ามเนื้ออื่น ๆ ที่คล้ายกัน

ตารางที่ 1 การวินิจฉัยแยก DOMS ออกจากอาการปวดกล้ามเนื้ออื่น

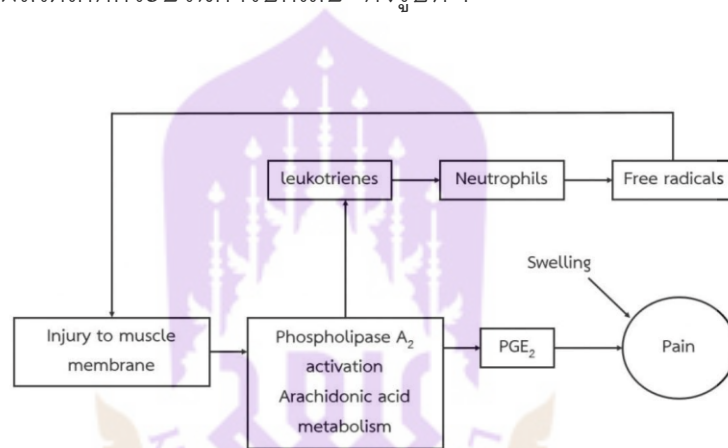
	อาการปวดกล้ามเนื้อขณะออกกำลังกาย	Myofascial pain syndrome	DOMS	อาการตะคริวกล้ามเนื้อ
สาเหตุหรือปัจจัยส่งเสริม	การคั่งของกรด lactic	การฉีกขาดของใยกล้ามเนื้อและเกิดการรั่วของ calcium ออกจาก SR ออกมากระตุ้นให้เกิดการหดตัวของใยกล้ามเนื้อ	การออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย หรือ การออกกำลังกายแบบ eccentric	ภาวะขาดน้ำ เกลือแร่ (sodium, calcium, magnesium) หรือ โรคที่ทำให้เกิด hyperexcitability of lower motor neuron
Onset	ขณะออกกำลังกาย	ขณะออกกำลังกาย มักปวดขึ้นมาทันที มักเกิดรวมกับการหดเกร็งกล้ามเนื้อเพียงบางส่วน	จะเกิดเมื่อหลังออกกำลังกาย 8-24 ชั่วโมง และมีอาการสูงสุดที่ 24-48 ชั่วโมง	ขณะออกกำลังกาย หรือหลังการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อเกร็งตัวทั้งหมดในขณะกล้ามเนื้อหดสั้น
ช่วงเวลาที่เกิดปวด	ลดลงเมื่อหยุดออกกำลังกาย หรือมีเลือดไหลกลับมาเลี้ยง	มีอาการปวดคายนานหลายวัน	อาการปวดลดลงภายใน 7-10 วัน	อาการปวดช่วงสั้นๆ ตั้งแต่ไม่กี่จนถึงหลายนาที
ปลายประสาทที่รับความปวด	A-delta fibers	C-fibers	ส่วนใหญ่เป็น A-delta fibers ร่วมกับ C-fibers	C-fibers
การหดตัวกล้ามเนื้อที่กระตุ้นให้เกิดอาการ	Sustained or rhythmic concentric and isometric contractions	Sustained high-intensity concentric contraction	Unaccustomed eccentric contraction	Sustained concentric contraction and shortening of muscle with inadequate rest

## 1.2. กลไกการเกิด DOMS

มีหลายทฤษฎีได้อธิบายกลไกการเกิด DOMS เช่น

### 1.2.1. ทฤษฎีการอักเสบ (Inflammation theory)

การออกกำลังกายทำให้เกิดการบาดเจ็บของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ (muscle membrane) เกิดการหลั่งสาร Prostaglandin  $E_2$  ( $PGE_2$ ) ที่ทำให้เกิดอาการปวดและ Leukotrienes ดึงดูด Neutrophils มาบริเวณที่บาดเจ็บ ให้สร้างสารอนุมูลอิสระ (free radicals) ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ และเกิดการบวม (swelling) ของกล้ามเนื้อ จากการเคลื่อนไหวของเซลล์และของเหลว เพิ่มแรงดันภายในกล้ามเนื้อ (intramuscular pressure) ซึ่งส่งผลให้เกิดกระบวนการอักเสบ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแผนผังทฤษฎีการอักเสบ (Inflammation theory)

ที่มา : Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. (2003)

## ตารางที่ 2 ทฤษฎีกลไกการเกิด DOMS

ตัวอย่าง ทฤษฎี กลไกการเกิด DOMS ที่สำคัญ	สรุป
1.ทฤษฎีการอักเสบ (Inflammation theory)	การออกกำลังกายทำให้เกิดการบาดเจ็บของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ (muscle membrane) เกิดการหลั่งสาร Prostaglandin E2 (PGE2) ที่ทำให้เกิดอาการปวด และ Leukotrienes ดึงดูด Neutrophils มาบริเวณที่บาดเจ็บ ให้สร้างสารอนุมูลอิสระ (free radicals) ทำให้เกิดการบาดเจ็บของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ และเกิดการบวม (swelling) ของกล้ามเนื้อจากการเคลื่อนไหวของเซลล์และของเหลว เพิ่มแรงดันภายในกล้ามเนื้อ (intramuscular pressure) ซึ่งส่งผลให้เกิดกระบวนการอักเสบ
2. ทฤษฎีการ บาดเจ็บของเนื้อเยื่อ เกี่ยวพัน (Connective tissue injury theory)	การบาดเจ็บของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่ทำหน้าที่เป็นปลอกหุ้มเส้นใยกล้ามเนื้อ เป็นผลมาจากการหดเกร็งของกล้ามเนื้อมัดลึก ทำให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดการบาดเจ็บ ส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของโปรตีน ซึ่งทำให้เกิด DOMS ได้
3. ทฤษฎีการ บาดเจ็บของ กล้ามเนื้อ (Muscle injury theory)	การฉีกขาดของเส้นใยเล็ก ๆ ในกล้ามเนื้อ เพื่อเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว หลังจากการออกกำลังกาย เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ส่งผลให้เกิดอาการปวดตามมา ซึ่งเป็นลักษณะของ DOMS ในที่สุด
4. ทฤษฎีการเกร็ง ของกล้ามเนื้อ (Muscle spasm theory)	การออกกำลังกายทำให้กล้ามเนื้อบริเวณนั้นเกิดการเกร็งไปกระตุ้นเส้นประสาทรับความรู้สึกเจ็บปวดที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดตะคริวและการขาดเลือดของกล้ามเนื้อ
5. ทฤษฎีการหลั่ง ของเอนไซม์ (Enzyme outflow theory)	แนวคิดนี้ตั้งสมมติฐานว่า การสะสมของสาร Histamine, Bradykinin และวิตามิน K ภายในเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้การซึมผ่านของผนังหลอดเลือดเพิ่มขึ้น เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด ทำให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวด ซึ่งนำไปสู่ความรู้สึกของ DOMS

### 1.3. อาการและอาการแสดงของ DOMS

- ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง (Decreased muscle strength)
- ปวดกล้ามเนื้อ (Pain)
- มีจุดกดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อ (Muscle tenderness)
- ตึงแข็ง จำกัดการเคลื่อนไหว (Stiffness / Decreased range of motion)
- บวม (Swelling)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง จะพบอาการสูงสุด 48 ชั่วโมงหลังจากออกกำลังกาย และกลับสู่ปกติ โดยใช้เวลามากกว่า 5 วัน อาการปวดกล้ามเนื้อและมีจุดกดเจ็บบริเวณกล้ามเนื้อ พบอาการ 1-3 วันหลังจากออกกำลังกาย ลดลงภายในประมาณ 7 วัน ส่วนอาการตึงแข็ง จำกัดการเคลื่อนไหวและบวม พบอาการ 3-4 วันหลังจากออกกำลังกาย ลดลงภายในประมาณ 10 วัน ซึ่งอาการต่าง ๆ เหล่านี้ อาจเกิดขึ้นได้ทั้งหมด หรือเกิดขึ้นบางอาการได้

### 1.4. การป้องกันและการรักษาอาการ DOMS

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching) ก่อนออกกำลังกาย (Warm up) และหลังการออกกำลังกาย (Cool down) ให้มีความเหมาะสม [1-4] ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการป้องกันการบาดเจ็บได้ โดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนการออกกำลังกาย มีการศึกษาพบว่า การยืดเหยียดแบบมีการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะ (Dynamic stretching) ช่วยทำให้ลดอาการ DOMS ได้ ซึ่งเป็นวิธีการยืดที่เกิดจากกล้ามเนื้อหด-คลายตัวสลับกันอย่างต่อเนื่อง ทำให้กล้ามเนื้อทำงานประสานสัมพันธ์กัน ช่วยไม่ให้เกิดประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อลดลง พร้อมสำหรับการออกกำลังกาย

อีกหนึ่งการป้องกันอาการ DOMS คือการค่อย ๆ เพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย ค่อยเป็นค่อยไป ไม่หักโหมจนเกินไป และในการป้องกันในระยะยาว คือการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพื่อให้มีประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อดียิ่งขึ้น

สำหรับการรักษาอาการ DOMS มีหลายวิธี เช่น การรักษาด้วยยา การรักษาด้วยสารอาหาร การรักษาด้วยออกซิเจนความดันบรรยากาศสูง (Hyperbaric oxygen medical therapy; HBOT) และการรักษาด้วยกายภาพบำบัด โดยการรักษาด้วยความเย็น การนวด การใช้เครื่องมือทางกายภาพบำบัดต่าง ๆ เช่น Electrical stimulation; ES และ Therapeutic ultrasound; US ฯลฯ

อาการ DOMS มักจะเกิดขึ้นหลังจากการออกกำลังกาย หรือการเล่นกีฬา ไม่ว่าจะหนักหรือเบา ซึ่งไม่สามารถป้องกัน แต่สามารถลดอาการที่เกิดขึ้นได้

## 2. Gastrocnemius Muscle [9]



รูปที่ 2 กล้ามเนื้อ gastrocnemius

ที่มา : Chloe Wilson (2013)

### 2.1 ความหมายของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius หรือกล้ามเนื้อน่อง

เป็นกล้ามเนื้อเชิงซ้อนที่เกี่ยวข้องกับการเดินและท่าทาง กล้ามเนื้อ Gastrocnemius เป็นกล้ามเนื้อที่มีสองหัวคือ Medial heads และ Lateral heads มีจุดเกาะต้นได้แก่

2.1.1 Medial head, posterior medial condyle of femur

2.1.2 Lateral head, posterior lateral condyle of femur

จุดเกาะปลายคือ tendon ที่รวมกันเป็น calcaneus tendon (Achilles tendon) ไปเกาะด้านหลังของ calcaneus มี Tibial nerve เป็นเส้นประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ ทำหน้าที่กระดกปลายเท้าลงด้านล่าง ช่วยเขย่งขาขณะยืนและช่วยงอเข้า ได้กล้ามเนื้อ gastrocnemius ยังมีกล้ามเนื้อที่ชื่อว่า Soleus มีจุดเกาะต้นที่ posterior head and proximal surface of fibula และ soleal line of tibia มีจุดเกาะปลายที่ calcaneal tendon (Achilles tendon) ไปเกาะด้านหลังของ calcaneus ทำหน้าที่กระดกปลายเท้าลงด้านล่าง

### 2.2 การทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius

2.2.1 กล้ามเนื้อ gastrocnemius และ Soleus เป็นกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการกระดกปลายเท้าลงและเป็นกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอเข้า แต่ไม่สามารถออกแรงเต็มที่ที่ข้อต่อทั้งสองพร้อมกันได้ เช่น เมื่องอเข้า gastrocnemius จะไม่สามารถออกแรงได้มากที่ข้อเท้า ตรงกันข้ามเมื่อข้อเท้างอ

2.2.2 เมื่อวิ่ง เดิน หรือกระโดด gastrocnemius ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนจำนวนมาก พิจารณาจากปริมาณของแรงที่ต้องใช้ในการขับเคลื่อนร่างกาย กล้ามเนื้อ triceps surae

เป็นกล้ามเนื้อที่เกิดจากการรวมตัวกันของกล้ามเนื้อ gastrocnemius และกล้ามเนื้อ soleus จะช่วยส่งแรงทำให้เกิดการงอของฝ่าเท้า

2.2.3 แรงดึงของกล้ามเนื้อน่องมีการเชื่อมต่อของพังผืดหลายจุด และแรงดึงนี้ไม่ได้ส่งไปยังเท้าเท่านั้น แต่ส่งไปยังเข่า สะโพก และบริเวณบั้นเอวด้วย กล้ามเนื้อน่องที่หดสั้นลงอาจทำให้เกิดความผิดปกติต่อการเคลื่อนไหวทางสรีรวิทยาของสะโพก เกิดการหมุนเข้าด้านในของต้นขา ระบบพังผืดจึงมีบทบาทในการส่งแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ

2.2.4 การคล้ำกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ด้านหลังของข้อเข่า สามารถคล้ำพบกล้ามเนื้อน่องขนาดใหญ่ทั้งสองหัวได้ส่วนบนของน่อง medial head จะยื่นออกมาสูงกว่าและอยู่ต่ำกว่า lateral head ถัดลงมาที่น่องคือเส้นเอ็นซึ่งสามารถคล้ำได้ที่พื้นผิวด้านหลังของกระดูก Calcaneus

### 3. วิธีการทำให้เกิด Delayed onset muscle soreness ในกล้ามเนื้อ Gastrocnemius [10]

#### 3.1 การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

3.1.3 Isotonic contraction คือการหดตัวของกล้ามเนื้อในลักษณะสั้นลงหรือยาวขึ้น แบ่งย่อยเป็น 2 ชนิดคือ

1. Concentric contraction เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อสั้นเข้าและหนาขึ้น เพื่อเอาชนะแรงต้านทาน ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหวไปในทางทิศตรงกันข้ามกับความต้านทาน เช่น ยกน้ำหนัก

2. Eccentric contraction เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อให้ยาวออก หรือถูก

3.1.2 Static หรือ Isometric contraction เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มความตึงเครียดแต่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง เช่น การยกของ

3.1.3 Isokinetic contraction คือการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีความตึงเกิดขึ้นตลอดการเคลื่อนไหว เช่น การปั่นหน้าผา

#### 3.2 การออกกำลังกายที่เสี่ยงต่อการเกิด DOMS

คือการออกกำลังกาย Eccentric exercise ที่ใช้กล้ามเนื้อแบบ eccentric contraction เช่น การวิ่ง ว่ายน้ำ ขี่จักรยาน การเต้นแอโรบิค หรือคลาสออกกำลังกายต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามยังมีการออกกำลังกายอีกหลายรูปแบบที่ทำให้เกิดอาการปวดกล้ามเนื้อรุนแรง เช่น การวิ่งลงเนิน การวิ่งแบบ sprint การออกกำลังกายแบบ plyometrics และการยกน้ำหนัก

#### 3.3 Exercise Induced Muscle Damage (EIMD) [11]

##### 3.3.1 ความหมายของ EIMD

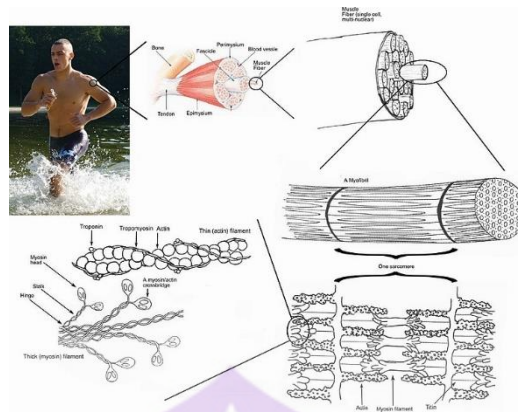
EIMD คือความเสียหายของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการออกกำลังกาย เกิดขึ้นเมื่อกกล้ามเนื้อเสียหายหลังออกกำลังกาย มักเกิดขึ้นเมื่อนักกีฬาเข้าร่วมในการออกกำลังกายใหม่ หรือไม่คุ้นเคย หรือในผู้คนที่เริ่มหันมาออกกำลังกาย เมื่อเรียนรู้เทคนิคใหม่ ๆ สัมผัสกับปริมาณหรือความหนักของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น จึงสามารถนำไปสู่การลดลงของประสิทธิภาพในระยะสั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของกล้ามเนื้อ การลดลงของประสิทธิภาพเหล่านี้มักเกิดจากการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานขณะพักและความต้องการเมแทบอลิซึม การลดลงของความแข็งแรงและพลังงานที่กล้ามเนื้อสามารถผลิตได้ และการรับรู้ของนักกีฬาเกี่ยวกับอาการปวดกล้ามเนื้อ ผลกระทบหลักของ EIMD มักเกิดขึ้นภายใน 24-48 ชั่วโมงหลังจากกล้ามเนื้อเสียหาย ซึ่งเป็นภาวะที่มีการหยุดชะงักของกล้ามเนื้อ myofibrillar ในโครงสร้างชั่วคราว การสูญเสียความแข็งแรงและกำลังของกล้ามเนื้อ อาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย (DOMS) อาการบวมอักเสบ องศาการเคลื่อนไหวของแขนขาลดลง การปล่อยโปรตีนของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นในช่องว่างระหว่างเซลล์ การไหลเวียนโลหิตและคุณสมบัติของกล้ามเนื้อสูงขึ้น การฟื้นฟูจะช้าลงหลังจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ eccentric แต่จะไม่ส่งผลในการหดตัวแบบ concentric ซึ่งสรุปได้ว่า ความเสียหายของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการออกกำลังกายจะเห็นได้ชัดหลังจากการหดตัวแบบ Isotonic contractions ที่ Long muscle length และการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ eccentric แม้ในระดับความหนักที่ต่ำ

### 3.3.2 กลไกที่สำคัญ

ซึ่งมีแนวโน้มที่จะสูญเสียความแข็งแรงหลังจากออกกำลังกายแบบ eccentric ได้แก่

1. ความเครียดเชิงกลระหว่าง Eccentric exercise ทำให้ sarcomeres ลดลงครึ่งหนึ่งความยาวไม่สม่ำเสมอ และการยึดออกของ sarcomeres ทำให้ filament เกินและทับซ้อนกัน ซึ่งนำไปสู่ “Popped Sarcomere” เป็นชื่อเรียกส่วนของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัว
2. การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะลดการผลิตแรงโดยตรงและทำให้ sarcolemma และ t-tubule ทำงานหนักเกินไป และทำให้เกิดการเปิดของช่อง stretch-activated channels การหยุดชะงักของ membrane และความผิดปกติของการกระตุ้น-การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย
3.  $Ca^{2+}$  ที่เข้าสู่ cytosol ผ่านช่องทาง stretch-activated channels ที่กระตุ้นการยึดและส่วนที่ซึมผ่านได้ของ sarcolemma มากระตุ้นเอนไซม์ calpain ให้ย่อยสลายโปรตีนที่หดตัวหรือการกระตุ้น-การหดตัวของกล้ามเนื้อลาย จึงส่งผลให้กล้ามเนื้อสูญเสียความแข็งแรงเป็นเวลานาน กล้ามเนื้อจะปรับตัวอย่างรวดเร็วกับความเสียหายของโครงสร้างที่

เกิดจากการออกกำลังกาย และความเจ็บปวดและความเสียหายเพิ่มเติมในกิจกรรมการออกกำลังกายในภายหลังจะลดลง



### รูปที่ 3 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ที่มา : Hampton L (2023)

จากงานวิจัยของ Lall PS, et al. (2022) [12] ได้ศึกษาความแตกต่างของกล้ามเนื้อแข็งตัวในกล้ามเนื้อ gastrocnemius ทางด้านในและด้านนอก จากความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบ eccentric กล้ามเนื้อได้รับผลกระทบในระดับเซลล์จากความเหนื่อยล้าที่เกิดจากการออกกำลังกาย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกล้ามเนื้อ เกิดการแข็งตัวของกล้ามเนื้อ การตรวจสอบความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อ เช่น ความเจ็บปวดและการบาดเจ็บ การศึกษานี้ได้มีการตรวจสอบกล้ามเนื้อแข็งตัวของ medial gastrocnemius (MG) และกล้ามเนื้อ lateral gastrocnemius (LG) เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อ เกิดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ และเคลื่อนไหวได้ลำบาก และประเมินความแตกต่างของความแข็งแรงตัวระหว่าง MG และ LG ตามผลกระทบ โดยวัดความล้าของกล้ามเนื้อโดยใช้ shear wave elastography (SWE) และ Hand-held myometer หลังจากกระตุ้นให้กล้ามเนื้อล้าในคนหนุ่มสาวที่มีสุขภาพดีจำนวน 35 คนเข้าร่วมในการศึกษานี้ ความแข็งแรงของ MG และ LG ได้รับการประเมินก่อนและหลังการทำ protocol ความล้าของกล้ามเนื้อ Muscle fatigue protocol (MFP) ซึ่งรวมถึงการหดตัวผิดปกติ 50 ครั้ง/set ทำทั้งหมด 3 set รวมเป็น 150 ครั้ง ของกล้ามเนื้อน่องในขาข้างที่ถนัด โดยพักแต่ละเซตประมาณ 3 นาที การวัดดำเนินการด้วย SWE และ Hand-held myometer พร้อมกัน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพื้นฐาน ความผิดขณะพักของ MG และ LG เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในวันที่ 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมงหลังจากกล้ามเนื้ออ่อน

ล้า อย่างไรก็ตาม ระหว่าง Maximum voluntary contraction (MAV) ความแข็งแรงของ MG ลดลง และของ LG ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ MG และ LG ก่อน และหลัง MFP การเปลี่ยนแปลงของความแข็งแรงตัวของกล้ามเนื้อ MG นั้นมากกว่าของ LG อย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่า MG ได้รับผลกระทบจากความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อที่เกิดจากการออกกำลังกายมากกว่า LG การประเมินเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ กระดูก และลักษณะเฉพาะก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบ eccentric มีความสำคัญอย่างยิ่งในการป้องกันการบาดเจ็บจากการใช้งานมากเกินไปจากการสัมผัสซ้ำ ๆ กับแรงทั้งในระดับต่ำและระดับสูง

#### 4. หลักการทำงานของเครื่องของเลเซอร์กำลังสูง หรือ High Power Laser Therapy

เลเซอร์ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกโดยนักฟิสิกส์ Gordon Gould ในปี 1958 และแบบจำลองการทำงานขึ้นแรกถูกสร้างขึ้นในปี 1960 เป็นเทคโนโลยีเลเซอร์สมัยใหม่ สามารถทำงานโดยไม่ก่อให้เกิดความร้อนที่ผิวหนังและเนื้อเยื่อจนเกินขีดอันตราย แม้ว่าเครื่องเลเซอร์จะมีกำลังสูง ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เป็นแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว มีความยาวคลื่นสม่ำเสมอที่ 980–1064 nm. และมีทิศทางแน่นอน สามารถทะลุผ่านผิวหนังและชั้นเนื้อเยื่อลงลึกประมาณ 5–10 เซนติเมตร พลังงานแสงจากเลเซอร์สามารถลดความเจ็บปวด การบวม และการอักเสบของกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ อีกทั้งยังช่วยกระตุ้นการรักษาเนื้อเยื่อที่เสียหาย ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ และกระตุ้นการสร้างเส้นประสาทใหม่ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการรักษา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทาง Biological effect ด้วยผลทางชีวภาพของเนื้อเยื่อจะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวหนัง ซึ่งเมื่อผู้ป่วยรับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง จะไม่ทำให้ปวด เนื่องจากเป็นการรักษาที่ไม่รุกราน และแทรกซึมผิวหนังโดยไม่มีผลข้างเคียงใด ๆ ผู้เข้ารับการรักษาจะรู้สึกถึงความอุ่นเมื่อยิงเลเซอร์เท่านั้น เป็นความรู้สึกที่สงบ และผ่อนคลาย [13,14]

##### 4.1 ผลทางชีวภาพจะมี 3 กลไก ได้แก่ [15]

- ผลทางเคมี เลเซอร์จะไปกระตุ้นให้เซลล์สร้างพลังงานมารักษาความสมดุล และสร้างเสริมเนื้อเยื่อให้ดีขึ้น การปรับพลังงานของเซลล์ (ATP) จากกระตุ้นการขนส่ง oxygen ไปยัง mitochondria ภายในเซลล์ที่รวดเร็วขึ้น ผลจาก ATP ที่มากขึ้นทำให้เซลล์มีการซ่อมแซมฟื้นฟูเซลล์ที่รวดเร็วขึ้น

- ผลจากความร้อน ช่วยเพิ่มการขยายตัวของหลอดเลือดและน้ำเหลือง นำไปสู่การซ่อมแซมของเนื้อเยื่อ เร่งการกำจัดของเสีย จึงช่วยลดการอักเสบ การบวม รวมถึงทำให้มีเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อเนื้อเยื่อต่างๆมากขึ้น จึงช่วยลดการดึงตัวของกล้ามเนื้อ

- ผลทางเชิงกล ทำให้เกิดคลื่นแรงดันในเนื้อเยื่อ (Elastic pressure wave) ส่งผลการไหลเวียนของน้ำเหลืองดีขึ้น ช่วยลดการบวมได้

## 4.2 คุณสมบัติของ High Power Laser Therapy [16,17]

### 4.2.1 การบรรเทาอาการปวด :

เลเซอร์ช่วยลดความไวของเส้นประสาทโดยการลด bradykinin ซึ่งเป็นสารเคมีที่กระตุ้นความเจ็บปวด จึงทำให้ช่องไอออนกลับมาปกติ (normalizes ion channels cellular gatekeepers) และหลังสาร endorphins (สารบรรเทาความเจ็บปวดของร่างกาย) และ enkephalins (ที่เกี่ยวข้องกับสาร endorphins) ที่ช่วยระงับปวด นอกจากนี้ยังมีผลต่อการปิดกั้นความเจ็บปวดในเส้นใยประสาทบางชนิด ซึ่งเครื่องเลเซอร์กำลังสูงทำงานโดยการเจาะลึกเข้าไปในเนื้อเยื่อที่อักเสบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์เพื่อลดการอักเสบและเริ่มกระบวนการรักษา เลเซอร์กำลังสูงจะจ่ายพลังงานจำนวนมากในช่วงเวลาสั้นๆ และแสงเลเซอร์จะแทรกซึมลึกเข้าไปในเซลล์ กระตุ้นปฏิกิริยาต่อเนื่องช่วยเพิ่มพลังงานของเซลล์ ระดับออกซิเจน และการเกิดใหม่ของเส้นประสาทและเนื้อเยื่อที่เสียหาย อักเสบ หรือได้รับบาดเจ็บ ช่วยให้เซลล์ทำงาน ซ่อมแซมได้ดีขึ้น และแข็งแรงขึ้น

### 4.2.2 ช่วยต้านการอักเสบ Anti-inflammatory and healing :

เลเซอร์เพิ่ม Adenosine triphosphate (ATP) ซึ่งเป็นพลังงานที่เก็บไว้ พลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้ช่วยเร่งกระบวนการซ่อมแซมเซลล์ และเลเซอร์ช่วยให้ขยายหลอดเลือดแดง และเส้นเลือดดำบริเวณบาดแผล ช่วยขจัดเซลล์ที่ถูกทำลาย เพิ่มสารอาหารและออกซิเจน เม็ดเลือดขาวได้ช่วยให้กระบวนการซ่อมแซมรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ โมเลกุลบางตัวที่เพิ่มการอักเสบจะลดลง และสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นประโยชน์ เช่น superoxide dismutase จะเพิ่มขึ้น

### 4.2.3 Accelerated Tissue Repair and Cell Growth :

โฟตอนของแสงจากเลเซอร์จะเจาะลึกเข้าไปในเนื้อเยื่อช่วยเร่งการสร้างและการเจริญเติบโตของเซลล์ ผลจากแสงเลเซอร์ทำให้เซลล์ของเส้นเอ็น เอ็น เส้นประสาท และกล้ามเนื้อได้รับการซ่อมแซมเร็วขึ้น

### 4.2.4 การทำงานของหลอดเลือดดีขึ้น :

แสงเลเซอร์เพิ่มการสร้างเส้นเลือดฝอยใหม่ในเนื้อเยื่อที่ถูกทำลาย ซึ่งช่วยเร่งกระบวนการรักษาและสมานแผลอย่างรวดเร็ว

### 4.2.5 Trigger and Acupuncture Points :

เลเซอร์มีประสิทธิภาพอย่างยิ่งในการช่วยระงับจุดกระตุ้นที่เจ็บปวด นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นจุดฝังเข็มโดยปราศจากความรู้สึกไม่สบายที่เกิดจากการใช้เข็ม

#### 4.2.6 การรักษาบาดแผลเร็วขึ้น :

แสงเลเซอร์ช่วยกระตุ้นการสร้างคอลลาเจนซึ่งมีความสำคัญในการรักษาบาดแผลของเนื้อเยื่อที่เสียหาย คอลลาเจนเป็นโปรตีนที่จำเป็นต่อการสร้างเนื้อเยื่อเก่าหรือซ่อมแซมอาการบาดเจ็บ

#### 4.3 จุดเด่นของเครื่องเลเซอร์กำลังสูง [16,17]

- ผู้ป่วยจะมีความรู้สึกอุ่นสบายขณะทำการรักษา และผู้ป่วยจะไม่เจ็บตัวเนื่องจากการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง เป็นหัตถการการรักษาที่ไม่รุกรานเข้าสู่ร่างกาย
- เห็นผลดีขึ้นทันทีหลังการรักษา ผู้ป่วยสามารถรู้สึกได้ถึงความแตกต่างของอาการอักเสบที่ดีขึ้นทันทีอย่างน้อย 40-50% ภายหลังจากการรักษา โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีอาการอักเสบชนิดเฉียบพลัน
- ใช้เวลารักษาต่อครั้งไม่นาน โดยทั่วไป 5-10 นาทีต่อจุดที่มีอาการปวด หรืออักเสบ และจะช่วยย่นระยะเวลาในการรักษาแต่ละครั้ง เหลือเพียง 1 - 5 นาทีต่อจุดที่มีอาการปวดหรืออักเสบ
- ผู้ป่วยที่มีอาการบาดเจ็บเฉียบพลันมักเห็นผลตั้งแต่วินาทีแรก ใช้เวลารักษาประมาณ 3-5 ครั้ง ขณะที่ผู้ป่วยที่มีอาการบาดเจ็บเรื้อรังจะใช้เวลารักษา 10 - 15 ครั้ง
- เข้ารับการรักษาได้ทุกระยะ ทั้งกลุ่มเฉียบพลัน กึ่งเฉียบพลัน ไปจนถึงผู้ป่วยที่มีอาการอักเสบเรื้อรัง แต่ที่เห็นผลได้ดีและชัดเจนที่สุด คือกลุ่มเฉียบพลัน

#### 4.4 ความแตกต่างของ High power laser (HPL) และ Low power laser (LPL) [18,19]

- HPL สามารถเปลี่ยนแปลงหรือทำลาย เนื้อเยื่อด้วยผลของความร้อนจากรังสีได้ ซึ่ง LPL จะให้แสงสีแดงซึ่งจะไม่ทำให้อุณหภูมิของเนื้อเยื่อเปลี่ยนแปลง
- ช่วงความยาวคลื่นของ HPL กว้างกว่า LPL
- HPL มีกำลัง Watts ที่สูงกว่า LPL ซึ่ง สามารถทะลุลงไปใตผิวน้ำลึกกว่าโดยไม่ทำให้รู้สึกแสบร้อนบริเวณผิวหนัง ในการใช้ HPL รักษาในแต่ละครั้งสามารถเลือกช่วงความยาวคลื่นสลับกันเพื่อให้เนื้อเยื่อในแต่ละชั้นผิวเกิดการกระตุ้นและซ่อมแซมตัวเองและครอบคลุมกับอาการที่เป็นได้
- HPL สามารถลงได้ลึกกว่า LPL ซึ่ง HPL ระดับความลึกประมาณ 5-10 เซนติเมตร และ LPL มีระดับความลึกประมาณ 1-5 เซนติเมตรจากผิวหนัง

#### 4.5 MLS M6 Laser ( Multiwave Locked System) เป็นความถี่ของเลเซอร์กำลังสูง มีคุณสมบัติดังนี้ [18,19,44]

##### 4.5.1 มีกำลังสูงสุด 3×25 วัตต์

4.5.2 มีความยาวคลื่นทั้ง 808 นาโนเมตร และ 905 นาโนเมตร สามารถทำการรักษาด้วยความยาวคลื่นสลับกัน โดย

- ความยาวคลื่น 808 นาโนเมตร จะช่วยลดกัมมันตภาพรังสี ลดการบวม น้ำ ช่วยสร้างพลังงาน ATP ใน cell ช่วยเร่งกระบวนการอักเสบของเนื้อเยื่อให้หายเร็วขึ้น

- ความยาวคลื่น 905 นาโนเมตร จะช่วยลดปวด ช่วยส่งผ่านการแลกเปลี่ยนของ oxygen ในเลือดให้มีการไหลเวียนดีขึ้น กระตุ้นการไหลเวียนของน้ำเลือด น้ำเหลือง ช่วยลดอาการอักเสบ และการบวมได้ ให้ผลจากความร้อนทำให้เนื้อเยื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นช่วยคลายกล้ามเนื้อ ทำให้เกิดการขยายตัวของหลอดเลือด เป็นผลให้เลือดไหลเวียนเพิ่มขึ้น การศึกษานี้จึงเลือกศึกษาวิจัยด้วยเครื่อง MLS M6 Robotic Laser Therapy

4.6 ข้อบ่งชี้ในการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง [18,19]

4.6.1 กลุ่มอาการที่เกี่ยวข้องกับความเจ็บปวดทั้งหลายในระบบกล้ามเนื้อข้อ และกระดูก ได้แก่

1. กล้ามเนื้อ เอ็น ไชข้อ บาดเจ็บอักเสบเคล็ดขัดยอก ทุกระยะของโรค ทั้งเฉียบพลัน กึ่งเฉียบพลันและเรื้อรัง ทั้งที่เป็นตามบริเวณคอ บ่า ไหล่ แขน ข้อศอก มือ หลัง เอว ขา เข่า เท้า ยิ่งมีบวมแดง ฟกช้ำ ยิ่งได้ผลดี
2. เอ็นข้อไหล่อักเสบ หรือข้อไหล่ติด
3. เอ็นข้อศอก เอ็นข้อมือ ที่มีการอักเสบ
4. นิ้วล็อก
5. เอ็นร้อยหวายอักเสบ
6. พังผืดฝ่าเท้าอักเสบ
7. เข่าเสื่อม เข่าอักเสบมีน้ำไขข้อ กล้ามเนื้อ เอ็น พังผืดรอบเข่าอักเสบ
8. มือชาจากเอ็นหดร้งกดทับเส้นประสาทบริเวณข้อมือ
9. ข้อมือมือเสื่อม อักเสบ
10. ปวดเอว กล้ามเนื้อเอวอักเสบ
11. หมอนรองกระดูกกดทับเส้นประสาททั้งที่คอและเอว
12. อาการปวดบวมอักเสบริบรอบแผลหลังการผ่าตัด
13. อาการปวดศีรษะไมเกรน ที่มีสาเหตุมาจากกล้ามเนื้อคอท้ายทอย

4.6.2 กลุ่มอาการที่เกี่ยวข้องกับเส้นประสาทโดยตรง ที่มีอาการนำมาในลักษณะปวดและชา

#### 4.6.3 กลุ่มอาการที่มีบวม ได้แก่

1. อาการบวมซ้ำจากการบาดเจ็บ รวมทั้งเลือดออกใต้ผิว
2. บวมแขนจากตอมน้ำเหลืองอุดตันหลังการผ่าตัดเต้านมและตอมน้ำเหลือง
3. บวมจากโรคหลอดเลือดดำโป่งพอง

#### 4.6.4 กลุ่มอาการที่เป็นผลจากสาเหตุต่างๆ

#### 4.7 ข้อห้ามและข้อควรระวังในการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง [13]

- ผู้ป่วยกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง ได้แก่ ผู้ป่วยเบาหวาน มีปัญหาด้านการรับรู้ความรู้สึก มีความบกพร่องทางการสื่อสาร

- ผู้ป่วยที่มีแผลที่ยังมีเลือดไหล

- ผู้ป่วยที่ใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ Pacemaker

- ผู้ป่วยที่ใช้สเตียรอยด์ปริมาณมาก ผลการรักษาด้วยเลเซอร์จะต่ำลงในระหว่างการรักษา

- เจ้าหน้าที่โรงพยาบาลจะใส่อุปกรณ์ แวนป้องกันแสงเลเซอร์ให้แก่ผู้ป่วยทุกท่าน

#### 4.8 เทคนิคการใช้เลเซอร์ทางกายภาพบำบัด [20-23]

มี 2 เทคนิคคือ เทคนิคไม่สัมผัส และ เทคนิคสัมผัสกับผิวหนังบริเวณที่รักษา

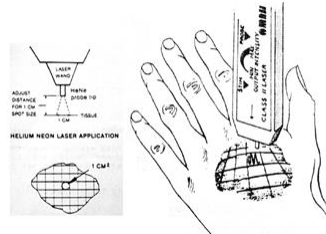
##### 4.8.1 เทคนิคไม่สัมผัสกับผิวหนัง

เป็นเทคนิคการประยุกต์ใช้โดยหัว probe ฉายลงบนผิวหนัง โดยไม่สัมผัสกับผิวหนังบริเวณที่รักษา ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กับพื้นที่รักษาบริเวณกว้างและไม่จำเพาะมักใช้กับพื้นที่ผิวที่ไม่สามารถใช้หัว probe สัมผัสกับผิวหนังได้โดยตรง การใช้เทคนิคนี้มักใช้ความเข้มของรังสีที่มีขนาดมาก เนื่องจากรังสีส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับอากาศ และระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผิวหนังเทคนิคไม่สัมผัสสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังต่อไปนี้

##### 1. เทคนิคคริต

ลักษณะลำแสงเลเซอร์ที่ส่องผ่านพื้นที่ผิวจะมีลักษณะเป็นจุด ๆ ดังนั้นจึงประยุกต์ใช้กับผิวหนังที่เป็นบริเวณกว้าง เรียงเป็นลำดับเป็นแถว จนกระทั่งครอบคลุมหรือเต็มพื้นที่บริเวณที่ต้องการรักษา การประยุกต์เทคนิคดังกล่าวเริ่มตั้งแต่ การประคบขอบเขตบริเวณที่ต้องการรักษาทั้งหมด จากนั้นทำการแบ่งพื้นที่ออกเป็น ส่วน ๆ ซึ่งในแต่ละส่วนควรใกล้เคียงกับพื้นที่หน้าตัดของลำแสง จากนั้นจัดให้ลำแสงตกตั้งฉากกับส่วนตรงกลางของพื้นที่ที่ได้แบ่งไว้ ปล่อยให้แสงตามเวลาที่ได้อ่านจนไว้เป็นจุด ๆ ให้อยู่นิ่ง แล้วเปลี่ยนเป็น

จุดอื่น ๆ ให้ครอบคลุมพื้นที่การรักษา ซึ่งทิศทางการเคลื่อนลำแสง อาจเคลื่อนทิศทางตามยาว หรือตามขวางก็ได้เป็นลำดับ

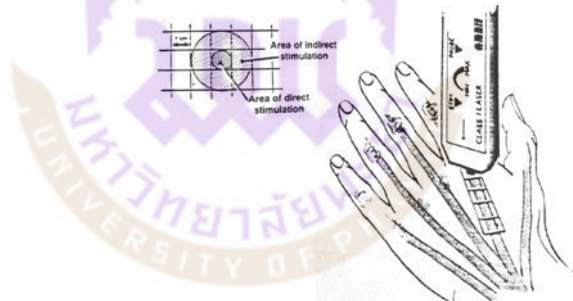


รูปที่ 4 เทคนิคกริด

ที่มา : สมชาย รัตน์ทองคำ

## 2. เทคนิคสแกน

เป็นเทคนิคที่ประยุกต์ลำแสงกับผิวหนังเป็นบริเวณกว้างเช่นเดียวกับเทคนิคกริด แตกต่างกันว่าเทคนิคสแกนจะมีการฉายลำแสงเคลื่อนที่ไปมาเป็นจังหวะ ในลักษณะสแกนการทำให้รังสีเกิดการส่ายไปมา อาจทำด้วยมือโดยตรง หรือใช้ควบคุมการสะท้อนของกระจกที่สะท้อนลำแสงซึ่งจะสามารถกำหนดทิศทางได้ดีกว่า

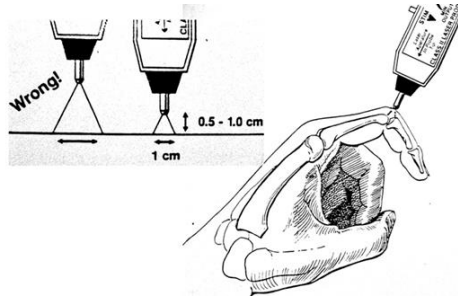


รูปที่ 5 เทคนิคสแกน

ที่มา : สมชาย รัตน์ทองคำ

### 4.7.2 เทคนิคสัมผัสผิวหนังหรือการกระตุ้นเป็นจุด

เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้รังสีเลเซอร์เป็นจุดๆ หรือบริเวณพื้นที่เล็กๆ หรือพื้นที่ที่ต้องการความจำเพาะมากกว่าบริเวณกว้าง จึงมักนิยมใช้เทคนิคนี้เพื่อลดปวดบริเวณจุดกดเจ็บ หรือจุดฝังเข็ม อาจออกแรงกดร่วมด้วย จะได้ผลดีอาจเป็นเพราะผลจากแรงกดด้วย



### รูปที่ 6 เทคนิคสัมผัสผิวหนัง

ที่มา : สมชาย รัตนทองคำ

ซึ่งทางกลุ่มวิจัยของพวกเรา ได้เลือกใช้เทคนิคสัมผัสผิวหนังหรือการกระตุ้นเป็นจุดในบรรเทาภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายในอาสาสมัครอายุ 18-25 ปี

4.9 โดสและพลังงานที่ใช้สำหรับการรักษา

พลังงานและกำลังส่งออกของรังสีเลเซอร์ (Laser energy / power)

กำลัง หมายถึงพลังงานในหนึ่งหน่วยเวลาหรือจูล/วินาที หรือที่เรียกว่า วัตต์กำลังส่งออกของรังสีเลเซอร์ หน่วยเป็นวัตต์ และแบ่งออกเป็น

- 1 รังสีเลเซอร์ที่ปล่อยออกอย่างต่อเนื่อง (Continuous Pulse Wave Mode : CPW)
- 2 รังสีเลเซอร์ที่ปล่อยออกออกเป็นช่วงๆ (Frequency Pulse Wave Mode : FPW)

ตั้งค่าความถี่ได้จาก 1-2000 Hz. โดยเพิ่มขึ้นทีละ Hz.

**สูตรพลังงานเฉลี่ยคำนวณได้ดังนี้**

กำลังเฉลี่ย = พลังงาน/เวลา

= พลังงานสูงสุดแต่ละ pulse x ความกว้างของ pulse x

ความถี่ของ pulse

= พื้นที่รวมของแต่ละ pulse

a. ความหนาแน่นของกำลังส่องสว่าง (Irradiance , power density)

หมายถึง กำลัง (พลังงาน / เวลา) ส่งออกของเครื่องเลเซอร์ในหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งในกรณีที่ใช้เทคนิคแบบสัมผัสรวมกับแรงกด กำลังส่งออกของเครื่องเลเซอร์จะไม่สูญเสียให้กับอากาศพลังงาน ทั้งหมดจะถูกส่งผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อหากใช้เทคนิคที่ไม่สัมผัส พลังงานบางส่วนจะสูญเสียไปกับอากาศ

b. ความหนาแน่นของพลังงาน (Energy density)

การจะบอกว่าเครื่องเลเซอร์ให้พลังงานมาก หรือน้อยเพียงใด ควรจะพิจารณาถึงพื้นที่หน้าตัดของรังสีที่ส่งออกและพื้นที่ที่ลำแสงนั้นฉายไปหรือพื้นที่สำหรับรักษา ดังนั้นก่อนรักษาควรทราบขนาดของพื้นที่รักษา ว่ามีความกว้างที่ตารางเซนติเมตร ควรทราบกำลังของเลเซอร์ที่ส่งออก และควรทราบปริมาณพื้นที่หน้าตัดของรังสีที่ตกกระทบ เพื่อใช้คำนวณปริมาณพลังงานที่ได้รับ จากสมการดังนี้

ความหนาแน่นของพลังงาน (DE) = จำนวนพลังงานที่ส่งออก (E) / พื้นที่ (S)

$$E = DE \times S$$

ตารางแสดงที่ 3 พลังงานของเลเซอร์ เพื่อการรักษาทางกายภาพบำบัด (Cameron, 1999)

การรักษา	Energy density (J/cm <sup>2</sup> )
การระงับปวด: ปวดกล้ามเนื้อ	2-4
ปวดข้อ	4-8
บรรเทาการอักเสบระยะเฉียบพลัน	1-6
ระยะเรื้อรัง	4-8

c. การคำนวณโดสของรังสีเลเซอร์

ผลการรักษาของเนื้อเยื่อขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานรังสีที่ส่งผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อ คำนวณได้ดังสมการนี้

$$\text{energy density (J/ cm}^2\text{)} = \text{power (W) x time (s) / surface (cm}^2\text{)}$$

$$\text{energy density (J/cm}^2\text{)} = \text{energy (J) / surface (cm}^2\text{)}$$

$$\text{time (s)} = \text{energy density x surface / power}$$

## 5 จุดกดเจ็บกล้ามเนื้อแกสโตรอกนีเมียส Gastrocnemius Trigger Points [24]

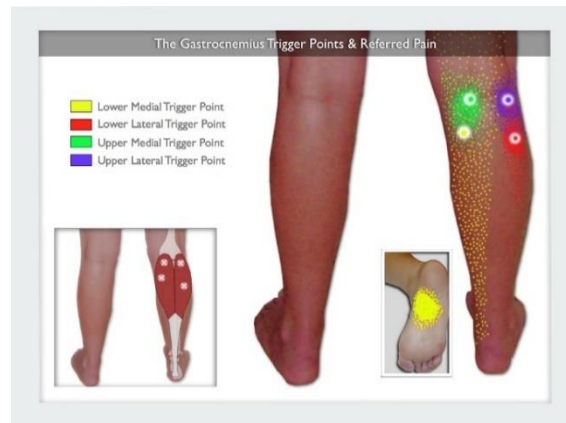
5.1 จากการศึกษาพบว่า Gastrocnemius มีจุดกระตุ้นสี่จุด

### 5.1.1 The two medial trigger points

จุดกระตุ้นอยู่ตรงกลาง 2 จุดอยู่ที่ส่วนหัวตรงกลางของกล้ามเนื้อน่อง โดยจุดกระตุ้นด้านบนอยู่ใต้รอยพับของหัวเข่า และจุดกระตุ้นด้านล่างอยู่ด้านล่างประมาณ 1 หรือ 2 นิ้ว

### 5.1.2 The two lateral trigger points

จุดกระตุ้นด้านข้าง 2 จุดในส่วนหัวด้านข้าง อยู่ด้านตรงข้ามตำแหน่งของจุดกระตุ้นที่อยู่ทางด้านใน หรือ จุดกระตุ้นเหล่านี้จะไปทางส่วนปลาย เข้าหาปลายเท้า ประมาณครึ่งนิ้ว



### รูปที่ 7 Gastrocnemius Trigger Points

ที่มา : [Laura Perry \(2013\)](#)

#### 5.2 จุดกระตุ้นของ gastrocnemius ตามอาการปวด

- จุดกระตุ้นที่อยู่หัวด้านในทางด้านล่างเป็นจุดกระตุ้นของ gastrocnemius เพียงจุดเดียวที่มีรูปแบบการส่งต่อความเจ็บปวดแบบขยาย ความเจ็บปวดของมันมักจะครอบคลุมบริเวณน่องทั้งหมดและจะปวดมากที่บริเวณหลังเท้า นอกจากนี้อาจขยายขึ้นไปทางด้านหลังของต้นขา
- จุดกระตุ้นหัวด้านนอกทางด้านล่าง หมายถึงความเจ็บปวดเฉพาะที่บริเวณด้านนอกของน่อง
- จุดกระตุ้นหัวด้านในทางด้านบนและหัวด้านนอกทางด้านบน หมายถึงความเจ็บปวดเฉพาะที่ด้านหลังเขา

#### 5.3 สาเหตุการเกิด Gastrocnemius Trigger Points

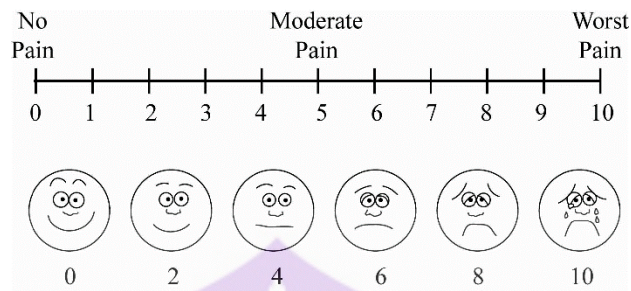
- ภาวะความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกาย (DOMS)
- การเดิน วิ่งเหยาะ ๆ หรือการปีนขึ้นทางลาดชันหรือบนพื้นผิวที่ไม่เรียบ
- อาจทำให้กล้ามเนื้อ Gastrocnemius ทำงานหนักเกินไป การตรึงกล้ามเนื้อเป็นเวลานาน หรือระหว่างการเดินทางไกล การสวมรองเท้าส้นสูงทำให้แกสโตรนีเมียอยู่ในตำแหน่งที่สั้นลงขณะเดิน

## 6 พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่า

### 6.1 ระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale)[25,26]

เป็นเครื่องมือวัดความเจ็บปวด โดยใช้เส้นตรงยาว 10 เซนติเมตรแบ่งเป็น 10 ช่อง ๆ ละ 1 เซนติเมตร ให้ผู้ป่วยทำเครื่องหมายบนเส้นตรงที่มีตัวเลขแทนค่าความรุนแรงของความ

ปวดโดยปลายข้างหนึ่งแทนค่าด้วยเลข 0 หมายถึง ไม่ปวด ปลายอีกข้างแทนค่าด้วยเลข 10 หมายถึง ปวดรุนแรงมากที่สุด โดยจะให้ผู้ป่วยทำเครื่องหมายตรงเลขไปบนเส้นและผู้ป่วยประเมินจะวัดค่าคะแนนความปวด สามารถใช้ได้ทั้งในช่วงอายุ 20 – 60 ปี จากงานวิจัยพบว่ามาตรวัดนี้มีความตรงเหมือนระดับดีถึงดีมาก ความตรงตามสภาพระดับดี และความเที่ยงในการวัดซ้ำระดับดีมาก ตอบได้ถูกต้องร้อยละ 98.0



### รูปที่ 8 มาตรวัดความเจ็บปวดด้วยสายตา

ที่มา : Yale University (2023)

#### 6.2 ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) [27, 28]

การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Hand held dynamometer: HHD) ซึ่งใช้เครื่องมือนี้ในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius โดยให้อาสาสมัครออกแรงเกร็งกล้ามเนื้อต้านอุปกรณ์ HHD ค้างไว้เป็นเวลา 5 วินาที ทำซ้ำ 3 ครั้ง หน่วยการวัดเป็นกิโลกรัม และบันทึกเป็นเฉลี่ย ทำให้ได้ซึ่งข้อมูลเชิงปริมาณ พกพาง่าย สะดวกต่อการใช้งานและการเคลื่อนย้าย สามารถทดสอบกล้ามเนื้อได้ที่ละมัดได้ มีความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ  $r = 0.97$  ในการวัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

#### 6.3 มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Calf circumference) [29, 30]

เป็นการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อโดยใช้เครื่องมือ Goniometer ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ โดยจะเริ่มจากท่าเริ่มต้น (Anatomical position) ซึ่งข้อต่อจะอยู่ในลักษณะที่ไม่มีองศาการเคลื่อนไหว หรือมีค่ามุมของข้อต่อเท่ากับ 0 องศา โดยค่า ROM ของข้อเท้าจะอยู่ที่ 10– 20° ในท่า dorsiflexion ไปจนถึง 40–55° ในท่า plantarflexion

#### 6.4 ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PTT)

Pressure pain threshold วัดโดยใช้เครื่องมือ Digital pressure algometer การให้แรงกดลงไปตรงตำแหน่งของจุดกดเจ็บที่ไวต่อการตอบสนองมากที่สุด ของกล้ามเนื้อที่เราต้องการ

วัด จนกระทั่งอาสาสมัครมีความรู้สึกเปลี่ยนจากแรงกดเป็นความรู้สึกเจ็บเริ่มแรก จะทำการหยุดและบันทึกค่า โดยวัดจากจุดกึ่งกลางที่วัดระหว่าง popliteal line และ lateral malleolus



รูปที่ 9 การวัด Medial gastrocnemius

ที่มา : Jiping Z , et al. (2019)

#### 6.5 ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference)

สามารถวัดรอบบริเวณที่มีพยาธิสภาพหรือบริเวณที่มีอาการบวม โดยการใช้ปุ่มกระดูกของข้อต่อข้างเคียงเป็นจุดอ้างอิง และต้องระบุว่าส่วนของเส้นรอบวง อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงเท่าไร เช่น ระดับเส้นรอบวงของน่อง ประเมินเส้นรอบวงของน่องโดยการใช้สายวัด วัดจาก popliteal line ลงมา 8 เซนติเมตร เป็นต้น

#### 7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chang WD, Lin HY, Chang NJ, Wu JH (2021) การศึกษาตรวจสอบผลของ light-emitting diode therapy (LEDT) 830 นาโนเมตร สำหรับอาการปวดกล้ามเนื้อ quadriceps หลังออกกำลังกาย (DOMS) ซึ่งเป็นชนิดเลเซอร์ความเข้มขั้นต่ำ โดย Isokinetic dynamometer เพื่อกระตุ้นให้เกิด DOMS ในขาข้างที่ไม่ถนัด โดยน้ํงบนเก้าอี้ dynamometer เขยียดเข้าขึ้น 90 องศา โดยทำ 5 × 10 การหดตัวของกล้ามเนื้อ quadriceps แบบยืดยาวออก ที่ 75% ของแรงหดตัวสูงสุดเพียง 1 ครั้ง ทำ 5 set, 15 reps. และพัก set ละ 3 นาที การศึกษาแบบสุ่มควบคุมในผู้เข้าร่วมที่มีสุขภาพดี 40 คน ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม 1. กลุ่ม LEDT (n = 20) และ 2. กลุ่มที่ได้รับยาหลอก (n = 20) โดยให้การรักษาด้วย LEDT หลังการทำให้เกิด DOMS ทันทีและทำการวัดค่า VAS, PTT, thigh circumference , joint ROM, and muscle strength โดยทำการประเมินก่อนและหลังออกกำลังกายทันที , 24 ชั่วโมง , 48 ชั่วโมง, 72 ชั่วโมง และ 96 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้ LEDT 830 นาโนเมตรต่อความเจ็บปวด DOMS หลังออกกำลังกายมีผลระงับปวด แต่ไม่ส่งผลต่อกระบวนการซ่อมแซมกล้ามเนื้อ การศึกษาในอนาคตควรอธิบายผลประโยชน์ของ LEDT 830 นาโนเมตรต่อการซ่อมแซมของกล้ามเนื้อหรือประสิทธิภาพ [33]

Ahmed HM, Taleb EA, Eldesoky MT, Lasheen YR, Ameen FH (2020) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูงในการรักษาจุดกดเจ็บโรคกล้ามเนื้ออักเสบเรื้อรังของกล้ามเนื้อทราพีเซียสส่วนบน จำนวน 50 คน แบ่งผู้ป่วยเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกให้ได้รับการรักษาทางกายภาพแบบเดิมที่ปกติเคยใช้ (traditional treatment) อาทิเช่นอัลตราซาวด์ (ultrasound), การยืดกล้ามเนื้อ จำนวน 25 คน กลุ่มที่ 2 ให้ลองรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (HILT) จำนวน 25 คน ทำการรักษาสัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามีอาการลดปวดได้ผลดีที่แตกต่างกันชัดเจน หากการรักษาทางกายภาพบำบัดในโรคกล้ามเนื้ออักเสบเรื้อรังด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงสามารถทำให้อาการของผู้ป่วยดีขึ้นตั้งแต่ครั้งแรกที่ทำการรักษาได้จริง จะนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เพื่อเป็นฐานข้อมูล ในการพิจารณาเลือกเทคนิคการรักษาทางกายภาพบำบัดด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงในผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้ออักเสบเรื้อรัง และในโรคอื่น ๆ ทางกายภาพบำบัดต่อไป [5]

Angelova A, Ilieva EM (2016) ศึกษาทางคลินิกแบบสุ่มนำร่องเกี่ยวกับผลของการรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มสูงในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (Knee osteoarthritis: OA) โดยทำการศึกษาในผู้ป่วยจำนวน 72 ราย (อายุระหว่าง 39 ถึง 83 ปี) ที่มี OA ของข้อเข่า (ได้รับการพิสูจน์ทางคลินิกและภาพรังสี) รวมอยู่ในการศึกษานี้ พวกเขาสุ่มเป็น 2 กลุ่ม: กลุ่มการทดสอบ ผู้ป่วยได้รับการรักษาด้วย HILT และกลุ่มควบคุม ผู้ป่วยได้รับ sham laser ทั้งสองกลุ่มมีการรักษา 7 ครั้ง ผลลัพธ์หลังจากการรักษา 7 วันแสดงให้เห็นผลที่เข้มข้นและสะสมมากขึ้นหลังจากการใช้การรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เลเซอร์หลอก นี้คือเหตุผลว่าทำไม HILT จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการรักษาโรคข้อเข่าเสื่อม [6]

Chang WD, et al. (2019) ได้ทำการสำรวจผลของการกระตุ้นเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มต่อการปรับปรุงการฟื้นตัวและประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในภาวะ DOMS เมื่อใช้ก่อนออกกำลังกาย ศึกษาในผู้เข้าร่วมที่มีสุขภาพดี 40 คน ซึ่งสุ่มเข้ากลุ่มรักษาฝังเข็มด้วยเลเซอร์และเลเซอร์หลอก ผลการวิจัยพบว่าการบำบัดด้วยการฝังเข็มด้วยก่อนออกกำลังกายไม่ได้ลด DOMS และเพิ่มประสิทธิภาพของกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญ การฝังเข็มด้วยเลเซอร์เป็นการรักษาเสริมที่ไม่มีผลต่อการป้องกัน DOMS [7]

Verma S, et al. (2022) จากการศึกษาการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงของโรคกล้ามเนื้ออ่อนแอ hamstring ส่วนต้นอักเสบ (Proximal hamstring tendinopathy-PHT) ในนักกีฬาที่เป็นโรค PHT จำนวน 36 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-35 ปี โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่  
1.กลุ่มทดลอง : การรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง (HIPLT) เป็นเวลา 3 สัปดาห์

2. กลุ่มดั้งเดิม : การรักษาด้วยโปรแกรมกายภาพบำบัดทั่วไป ซึ่งรวมถึงการบำบัดด้วยเครื่องผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง กับการรักษาแบบดั้งเดิม พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเฉพาะการลดปวดเท่านั้น ซึ่งเครื่องเลเซอร์กำลังสูงสามารถช่วยลดอาการปวดในโรคโรคกล้ามเนื้ออ่อนhamstring ส่วนต้นอีกเสบได้อย่างมีประสิทธิภาพ [34]

Ahmad MA, et al. (2022) ศึกษาผลของการรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มระดับต่ำ (LLLIT) และความเข้มระดับสูง (HILT) ที่เสริมการออกกำลังกายเพื่อการฟื้นฟูต่อความเจ็บปวด ความตึงเครียดของข้อต่อ และการทำงานของข้อเข่าเสื่อม: การทบทวนอย่างเป็นระบบและการวิเคราะห์ อภิमान โดยทำการศึกษจากฐานแหล่งข้อมูล 5 แห่ง (PubMed, Web of Science, CINAHL, PEDro และ SPORTDiscus) จากการเปรียบเทียบทางอ้อม HILT + exercise จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในการลดอาการปวดเข่าและอาการตึงของข้อเข่า และเพิ่มการทำงานเพื่อยืนยันการวิจัยนี้ อาจจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเปรียบเทียบโดยตรงของการรักษาด้วยเลเซอร์ทั้งสองประเภท [35]

Alayat M.S.M, et al. (2017) การศึกษาประสิทธิภาพของเลเซอร์ Nd: YAG แบบพัลส์ซึ่งในการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมร่วมกับ Glucosamine Chondroitin Sulfate (GCS) ในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (KOA): การทดลองแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุม ศึกษาในผู้ป่วยชายเข้ารวม 67 คนแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 ได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มชั้นสูง (HILT) , GCS และการออกกำลังกาย กลุ่มที่ 2 ได้รับการรักษาด้วย GCS บวกกับการออกกำลังกาย และกลุ่มที่ 3 ได้รับการรักษาหลอกด้วยเลเซอร์ร่วมกับการออกกำลังกาย (PL+EX) ทำการวัดความหนาของไขข้อ (ST) และ ความหนาของกระดูกอ่อนต้นขา (FCT) โดยการตรวจอัลตราซาวนด์ ทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการตรวจวัดพื้นฐานและหลังการรักษา 6 สัปดาห์ และหลังจากนั้น 3 เดือนของการติดตามผล ผลของการศึกษาพบว่า เลเซอร์ Nd:YAG แบบพัลส์ซึ่งร่วมกับ GCS และการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพมากกว่า GCS กกับการออกกำลังกาย และการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวในการรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (KOA) [36]

Kheshie AR, et al. (2014) การศึกษาแบบสุ่มที่มีกลุ่มควบคุมนี้คือเพื่อเปรียบเทียบผลของการรักษาด้วยเลเซอร์ระดับต่ำ (LLLT) และการรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มสูง (HILT) ต่อการบรรเทาอาการปวดและเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อม (KOA) ผู้ป่วยชายทั้งหมด 53 รายเข้าร่วมในการศึกษานี้ โดยมีค่าเฉลี่ย (SD) อายุ 54.6 (8.49) ปี ผู้ป่วยได้รับการสุ่มออกเป็นสามกลุ่ม โดยกลุ่มที่ 1 รับการรักษาด้วย HILT และการออก

กำลังกาย กลุ่มที่ 2 รักษาด้วย LLLT และการออกกำลังกาย และกลุ่มที่ 3 รักษาด้วยเลเซอร์ หลอกร่วมกับการออกกำลังกาย ผลการวิจัยพบว่า HILT และ LLLT ร่วมกับการออกกำลังกาย เป็นวิธีการรักษาที่มีประสิทธิภาพในการลดคะแนน VAS และ WOMAC หลังการรักษา 6 สัปดาห์ HILT ร่วมกับการออกกำลังกายมีประสิทธิภาพมากกว่า LLLT ร่วมกับการออกกำลังกาย และรูปแบบการรักษาทั้งสองวิธีดีกว่าการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียวในการรักษา ผู้ป่วยข้อเข่าเสื่อม [37]

Santamoto A, et al. (2009) จุดมุ่งหมายของการศึกษานี้คือเพื่อประเมิน ประสิทธิภาพในระยะสั้นของการรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มสูง (HILT) เทียบกับการรักษาด้วยอัลตราซาวนด์ (US) ในการรักษาผู้ป่วยที่เป็นโรค Subacromial impingement syndrome (SAIS) การศึกษาในรูปแบบการทดลองทางคลินิกแบบสุ่ม ศึกษาในผู้ป่วย 70 รายที่เป็นโรค SAIS ได้รับการสุ่มให้เข้าร่วมกลุ่มรักษาด้วย HILT หรือ กลุ่มรักษาโดย US ผู้เข้าร่วมการศึกษาได้รับการบำบัด HILT หรือ US 10 ครั้งในช่วง 2 สัปดาห์ติดต่อกัน ผลการวิจัยพบว่า ผู้เข้าร่วมที่ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรค SAIS มีอาการปวดลดลงและปรับปรุงการทำงานของข้อต่อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของไหล่ที่ได้รับผลกระทบหลังจากการรักษา HILT 10 ครั้งมากกว่า ผู้เข้าร่วมที่ได้รับการรักษาด้วย US ในช่วง 2 สัปดาห์ติดต่อกัน [38]



## บทที่ 3

### วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

#### ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้เป็นการศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้ออ่อนแอหลังจากออกกำลังกายในอาสาสมัครชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study) แบบ Randomized control trial (RCT)

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

**ประชากร** คือ นิสิตมหาวิทยาลัยพะเยา ประจำปีการศึกษา 2565 เพศชาย

**กลุ่มตัวอย่าง** คือ นิสิตเพศชายอายุระหว่าง 18-25 ปี มหาวิทยาลัยพะเยาที่มีสุขภาพดี

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้ออ่อนแอหลังจากออกกำลังกายในอาสาสมัครชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี โดยการศึกษาใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 80 คน เพื่อแบ่งกลุ่ม 2 กลุ่ม กลุ่มละ 40 คน ได้แก่ กลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มควบคุม (Control group)

ใช้ค่าจากอาการปวด (VAS) ซึ่งเป็นตัวแปรหลักของการศึกษาในครั้งนี้ เป็นตัวแปรที่ใช้คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง เนื่องจากงานวิจัยที่ศึกษาในครั้งนี้มี 2 กลุ่ม ได้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากงานวิจัยของ Chang WD, Lin HY, Chang NJ, Wu JH (2021) [33]

สูตรที่ใช้ในการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

$$\begin{aligned}
 n/gr &= \frac{2 (Z\alpha + Z\beta)^2 \sigma^2}{(\mu_1 - \mu_2)^2} \\
 &= \frac{2 (1.96 + 1.282)^2 \times 0.87^2}{(3.53 - 4.23)^2} \\
 &= \frac{15.91}{0.49} \\
 &= 32.47 \approx 33 \text{ คน}
 \end{aligned}$$

คำนวณเพื่ออาสาสมัครออกจากการศึกษา (dropout) 20 % จะได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ  $\approx 40$  คนต่อกลุ่ม (ทั้งหมด 80 คน) โดยที่  $\sigma$  คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจากการศึกษาของ Chang WD, Lin HY, Chang NJ, Wu JH (2021)

$\mu_1 - \mu_2$  คือ ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อที่ 48 ชั่วโมง ( $\mu_1$  ในกลุ่มทดลอง และ  $\mu_2$  ในกลุ่มควบคุม)

$Z_{\alpha/2}$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น 95% กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

$Z_\alpha$  คือ ค่ามาตรฐานใต้เส้นโค้งปกติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ( $2 Z_\alpha$  หรือ 0.025  $Z = 1.960$ )

$Z$  คือ ค่ามาตรฐานใต้เส้นโค้งปกติ เมื่อกำหนด  $\beta$ -error (อำนาจการทดสอบ  $1-\beta$ ) เช่น กำหนด  $\beta$ -error เท่ากับ 0.10 (one-tail); 0.10  $Z = 1.282$  หรือ  $1 - \beta = 0.90$

1. เกณฑ์การคัดเลือก (Inclusion criteria ) ประกอบด้วย [39,40,41]

1.1 ชายไทยสุขภาพดี ที่มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ (Normal BMI) และไม่มีโรคประจำตัว เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง และโรคหัวใจ ซึ่งมีอายุระหว่าง 18-25 ปี ไม่มีการบาดเจ็บเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ ข้อต่อ ขณะเริ่มเข้าร่วมงานวิจัยและในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา

1.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีการรับรู้ความรู้สึกเป็นปกติ

1.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (resistance exercise), การหดตัวกล้ามเนื้อสั้นเข้า (Concentric contraction), การหดตัวกล้ามเนื้อให้ยืดยาวออก (Eccentric contraction), การหดตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มความตึงเครียด แต่ความยาวของกล้ามเนื้อไม่เปลี่ยนแปลง (Isometric contraction) และการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีความตึงเกิดขึ้นตลอดการเคลื่อนไหว (Isokinetic contraction) อย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนการทดสอบ

1.4 มีองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าปกติ (Normal ankle ROM; dorsiflexion = 20 องศา, plantarflexion = 50 องศา)

1.5 สมัครใจและลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมวิจัย

2. เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) [39,40,41]

2.1 มีประวัติเป็นมะเร็งและมีไข้

2.2 ใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ Pacemaker

2.3 ผู้ที่มีเลือดออกหรือบาดแผลเปิดบริเวณที่ทำการรักษา

2.4 รับประทานยาต้านการอักเสบ ยาแก้ปวด ยาคลายกล้ามเนื้อ หรือ ยาสแตียรอยด์ 48 ชั่วโมงก่อนเริ่มการทดสอบ

2.5 ผู้ที่สูญเสียการรับความรู้สึก หรือมีความบกพร่องทางการสื่อสาร

2.6 ผู้ที่มีภาวะโรคหัวใจรุนแรง หรือ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน

2.7 ผู้ที่มีการดื่มคาเฟอีนก่อนมาทำการทดสอบ 48 ชั่วโมง

### 3. เกณฑ์การถอนตัว ( withdrawal criteria )

3.1 อาสาสมัครตัดสินใจถอนตัวออกจากโครงการ

3.2 อาสาสมัครไม่สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของโครงการหลายประการ

3.3 อาสาสมัครไม่สบายในวันที่ทำการทดสอบ เช่น เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน

3.4 อาสาสมัครติดภารกิจส่วนบุคคลเป็นเหตุให้ไม่สามารถมาเข้าร่วมการทดลองตามนัดได้ 2 ใน 3 วัน

3.5 อาสาสมัครมีอาการไม่พึงประสงค์ เช่น วิงเวียนศีรษะ ปวดขามากขึ้น ซึ่งพักแล้วอาการไม่ดีขึ้น

3.6 อาสาสมัครได้รับบาดเจ็บขณะทำการทดสอบ เช่น ข้อเท้าพลิก

3.7 อาสาสมัครประสบอุบัติเหตุ จนเกิดความลำบากในการเคลื่อนไหวทางร่างกาย เช่น แขนหัก ขาหัก

3.8 อาสาสมัครมีอาการเจ็บป่วยรุนแรง หรือติดเชื้อ COVID-19 ในช่วงการศึกษาของโครงการ

### 4. เกณฑ์การยุติ ( Termination criteria )

4.1 อาสาสมัครถอนตัวออกจากโครงการวิจัยมากกว่าร้อยละ 60

4.2 อาสาสมัครเกิดเหตุการณ์ หรือ ผลข้างเคียงที่ไม่คาดคิดอย่างรุนแรง ขณะทำการทดสอบของโครงการวิจัย

## วัสดุและอุปกรณ์

### 1. เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

1.1 แบบสอบถามเพื่อคัดกรองอาสาสมัครเข้าร่วมงานวิจัย

1.2 แบบสอบถามข้อมูลเบื้องต้น

1.3 แบบบันทึกยินยอมเข้าร่วมการทดสอบของอาสาสมัคร

1.4 แบบทดสอบ Visual analogue scale ( VAS )

1.5 แบบทดสอบ PTT digital pressure algometer

- 1.6 แบบบันทึกการวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า
  - 1.7 แบบบันทึกแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง
  - 1.8 แบบบันทึกเส้นรอบวงของน่อง
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
- 2.1 เครื่องเลเซอร์กำลังสูง จำนวน 1 เครื่อง
  - 2.2 Visual analogue scale ( VAS ) จำนวน 1 ฉบับ
  - 2.3 PTT digital pressure algometer จำนวน 2 เครื่อง
  - 2.4 Goniometer จำนวน 2 อัน
  - 2.5 สายวัด จำนวน 2 อัน
  - 2.6 เครื่องวัดความดันโลหิต จำนวน 2 เครื่อง
  - 2.7 Pulse oximeter จำนวน 1 เครื่อง
  - 2.8 นาฬิกาจับเวลา จำนวน 1 เครื่อง
  - 2.9 Hand held dynamometer จำนวน 2 เครื่อง



เครื่องเลเซอร์กำลังสูง

(MLS M6 Robotic Laser Therapy)



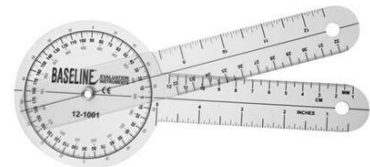
Hand held dynamometer

(Lafayette HHD Model 01165A)



เครื่องวัดความดัน

รุ่น Omron HEM-7120



Goniometer



Pulse oximeter  
รุ่น Oximeter plus Lk87



PPT digital pressure algometer  
รุ่น JTECH (JT-CM307)

### รูปที่ 10 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

#### ขั้นตอนการศึกษา

1. คณะผู้วิจัยศึกษาหัวข้อเรื่องที่น่าสนใจ ทำการหาข้อมูลและวางแผนขั้นตอนการดำเนินงาน
2. สอบโครงสร้างและยื่นขอจริยธรรมการวิจัยต่อคณะกรรมการจริยธรรมในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยพะเยา
3. ประชาสัมพันธ์แบบสอบถามออนไลน์เพื่อรับอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย การศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้ออ่อน่งภายหลังจากออกกำลังกายในอาสาสมัครชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเลือก โดยขอความร่วมมือนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยาที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี กรอกแบบประเมินความเสี่ยงอาการผิดปกติของระบบโครงร่างกระดูกและกล้ามเนื้อ



### รูปที่ 11 แบบคัดเลือกอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย

4. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาและหาค่า ICC ในการใช้เครื่องมือ

5. เตรียมอาสาสมัครก่อนทำการประเมินตัวแปรที่จะศึกษา อาสาสมัครควรปฏิบัติตัวดังนี้

- ไม่มีการบาดเจ็บเกี่ยวกับเส้นประสาทและกล้ามเนื้อ ข้อต่อขณะเริ่มเข้าร่วมงานวิจัยและในระยะเวลา 6 เดือนที่ผ่านมา
- ไม่มีการออกกำลังกายหลังทำการทดสอบและวัดค่าตัวแปรทันทีที่ทำการทดสอบวันแรกจนถึงวันสิ้นสุดของการทำการทดสอบและวัดค่าตัวแปร
- ไม่มีการรับประทานยาแก้ปวด ยาต้านการอักเสบ ยาคลายกล้ามเนื้อหรือไม่มีการทายาแก้ปวด การประคบเย็น การประคบร้อน การประคบสมุนไพรและไม่ทำการนวดบริเวณที่รักษา ทันทีที่ทำการทดสอบเสร็จสิ้นวันแรกตลอดจนวันสุดท้ายของการทำการทดสอบ
- ไม่มีการรับประทานคาเฟอีนก่อนทำการทดสอบ 48 ชั่วโมง
- มีองศาข้อเท้าอยู่ในเกณฑ์ปกติ
- อาสาสมัครเข้าร่วมกลุ่มผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อติดตามผลและแจ้งเดือนกำหนดการแก่อาสาสมัคร

6. อธิบายวัตถุประสงค์ของโครงการการศึกษาวิจัย ขั้นตอนการศึกษา วิธีการปฏิบัติตัวขณะเข้าร่วมการศึกษา และประโยชน์ที่อาสาสมัครจะได้รับ

โดยอาสาสมัครจะได้รับเชิญให้มาพบผู้ทำวิจัยตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยนัดหมาย คือ ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 16:30-18:00 น. และในวันเสาร์ถึงวันอาทิตย์ เวลา 9:00-11:00 น. ในช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2566 เป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อทำการทดสอบ

- ใช้ระยะเวลาในวันที่ 1 ทั้งสิ้น 1 ชั่วโมงต่อคน
- ใช้ระยะเวลาในวันที่ 3 ทั้งสิ้น 30 นาทีต่อคน
- ใช้ระยะเวลาในวันที่ 5 ทั้งสิ้น 15 นาทีต่อคน

โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย คือ 1 สัปดาห์และมาพบผู้วิจัยหรือผู้ร่วมทำวิจัยทั้งสิ้น 3 ครั้ง

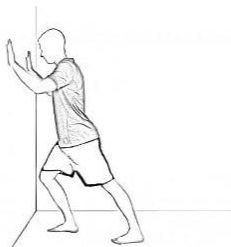
7. ทำการสุ่มและคัดเลือกอาสาสมัครโดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มควบคุม (Control group) กลุ่มละ 40 คน โดยสุ่มด้วยวิธี Simple Random Sampling (การสุ่มอย่างง่าย) ผ่านโปรแกรม thaiware

**7.1 กลุ่มทดลอง (Experimental group)** วันที่ 1 ก่อนให้โปรแกรมการออกกำลังกาย อาสาสมัครจะถูกประเมินสัญญาณชีพก่อนเริ่มการรักษาดังต่อไปนี้

1. วัดความดันโลหิตจากเครื่องวัดความดันโลหิต โดยที่อาสาสมัครจะต้องมีความดันโลหิตไม่เกิน 140/90 mmHg
2. วัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด จากเครื่อง Pulse oximeter โดยที่อาสาสมัครมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจปกติอยู่ที่ 60-100 ครั้งต่อนาทีและค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 95%
3. ระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analog scale: VAS)
4. การประเมินแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) เพื่อวัดประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius และ Tibialis anterior โดยเครื่องมือ Hand held Dynamometer วิธีการประเมิน Hand held Dynamometer ของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius และ Tibialis anterior (Crompton et al.,2007) โดยผู้วิจัยคนที่ 1 (ภาคผนวก จ)
  - 4.1 การประเมินแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง tibialis anterior
    - ให้อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เข่าเหยียดตรง ข้อเท้าอยู่ในท่าทางปกติ โดยผู้วัดวางเครื่องมือที่ด้านหลังเท้าบริเวณ (metatarsal bone )
    - ออกคำสั่งให้อาสาสมัครกระดกปลายเท้าขึ้นมากที่สุดเท่าที่ทำได้ต้านกับเครื่องมือเกร็งค้างไว้ 5 วินาที แต่ละครั้ง ทำการทดสอบ 3 รอบและพักระหว่างรอบ 30 วินาที
  - 4.2 การประเมินแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง gastrocnemius
    - ให้อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เข่าเหยียดตรง ข้อเท้าอยู่ในท่าทางปกติ โดยผู้วัดวางเครื่องมือที่อุ้งเท้าบริเวณ (metatarsal bone )
    - ออกคำสั่งให้อาสาสมัครเหยียดปลายเท้าลงมามากที่สุดเท่าที่ทำได้ต้านกับเครื่องมือเกร็งค้างไว้ 5 วินาที แต่ละครั้ง ทำการทดสอบ 3 รอบและพักระหว่างรอบ 30 วินาที
  - 4.3 บันทึกค่าบันทึกค่าน้ำหนักที่มากที่สุด
5. ระดับความชีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PPT)
 

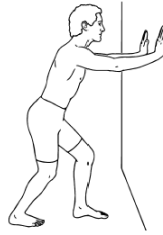
ทำการวัดระดับกั้นการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวดด้วยแรงกด วัดโดยวิธีการให้แรงกดลงไปตรงตำแหน่งของจุดกดเจ็บที่ไวต่อการตอบสนองมากที่สุด ของกล้ามเนื้อน่อง โดยวัดจากบริเวณ Upper และ Middle ทำการทดสอบ 3 รอบแล้วบันทึกผล โดยผู้วิจัยคนที่ 2 (ภาคผนวก ซ)

6. Range of motion ทำการวัดค่าองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นและถีบปลายเท้าลง ขณะนั่งโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการกระดกข้อเท้าขึ้นและถีบปลายเท้าลงด้วยตนเอง โดยใช้ goniometer และ ปากกา marker ที่ตำแหน่งมุมสากกระดูก lateral malleolus, aligned with fibular head, aligned with fifth metatarsal ทำการวัด 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย โดยผู้วิจัยคนที่ 3 (ภาคผนวก ฉ)
7. ระดับเส้นรอบวงของน่อง ประเมินเส้นรอบวงของน่องโดยการใช้สายวัด วัดจาก popliteal line ลงมาถึงบริเวณส่วนที่ใหญ่ที่สุดของน่อง โดยขณะวัดให้อาสาสมัครกดส้นเท้าลง ทิ้งน้ำหนักตัวลงบนเท้าทั้งสองข้างให้เท่ากัน จากนั้นทำการบันทึกข้อมูล โดยผู้วิจัยคนที่ 2 (ภาคผนวก ช)
8. ประเมินระดับความเจ็บจากมาตรวัดความเจ็บปวด (VAS) ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงความยาว 10 เซนติเมตร โดยเลข 0 หมายถึงไม่มีความเจ็บปวดเลย และเลข 10 หมายถึงมีความเจ็บปวดมากจนทนไม่ไหวและรบกวนชีวิตประจำวัน จากการศึกษาของ Chang WD, et al.(2019) [7] พบว่าค่าเฉลี่ย VAS ในอาการแสดง DOMS คือ  $3.81 \pm 1.65$  โดยผู้วิจัยคนที่ 2 (ภาคผนวก ง)
9. ให้การออกกำลังกายกล้ามเนื้อ gastrocnemius รูปแบบ eccentric exercise เพื่อกระตุ้นให้เกิดการอักเสบในขาข้างที่ถนัด โดยผู้วิจัยคนที่ 1
- ทำการยืดกล้ามเนื้อ gastrocnemius และ soleus ก่อนทำการออกกำลังกาย โดยยืดค้างท่าละ 15 วินาที ทำ 10 ครั้ง/เซต 5 นาที
- วิธีการ : ยืดกล้ามเนื้อ gastrocnemius โดยยืนหันหน้าเข้าผนังใช้ฝ่ามือดันผนัง แยกขาไปทางด้านหลังกดส้นเท้าให้แนบพื้น ดันตัวไปข้างหน้าจนรู้สึกตึงที่ขาด้านหลัง หากต้องการยืดกล้ามเนื้อ soleus ให้งอเข่าขาด้านหลังลง [42]



รูปที่ 12 การยืดกล้ามเนื้อ Gastrocnemius

ที่มา : Mount Lawley Physiotherapy and Podiatry (2019)



### รูปที่ 13 การยืดกล้ามเนื้อ Soleus

ที่มา : Mount Lawley (2019)

10. วิธีการเหนียวทำให้เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อน่อง โดยผู้วิจัยคนที่ 1
- ให้ผู้ทดสอบยืนบน step หรือ บันไดขั้นต่ำสุด โดยยืนบนขาข้างที่ถนัด และยกขาอีกข้างขึ้นในทางอเข่า
  - ให้ผู้ทดสอบทำการลดส้นเท้าข้างที่ถนัดลง เกร็งกล้ามเนื้อน่อง (eccentric) จนอยู่ในท่าที่กระดูกข้อเท้าสูงสุด จากนั้นให้ทำการยกส้นเท้าขึ้นกลับไปในท่าเริ่มต้นเพื่อหยุด 1 ครั้ง
  - ให้ผู้ทดสอบทำทั้งหมด 15 ครั้ง / set จำนวน 6 set รวมทั้งสิ้นเป็นจำนวน 90 ครั้ง พัก set ละ 1 นาที



### รูปที่ 14 Eccentric exercise in gastrocnemius while standing on the dominant leg.

ที่มา : Lall PS, Alsubiheen AM, Aldaihan MM and Lee H. (2022)

11. วัดค่าพารามิเตอร์ดังนี้ และบันทึกผล
- ระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด
  - ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด
  - ระดับแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้าง

- มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า
  - ขนาดเส้นรอบวงของน่อง
12. ให้การรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (HPLT) ให้แก่ผู้ทดสอบ โดยผู้วิจัยคนที่ 3 โดยใช้เครื่องเลเซอร์ Multiwave locked system (MLS) or (Multi-diode laser) ที่มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ดังตารางที่ 4
- ทำการวัดค่าพารามิเตอร์เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 11 เพื่อดูผลหลังการรักษาทันทีด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง

**ตารางที่ 4** การตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องเลเซอร์กำลังสูง

Parameters	Value
Laser mode	808 nm
Pulse frequency	Continuous
Peak power	1 W
Duty cycle	50
Energy	20.82 J
Energy density	6.63 J/cm <sup>2</sup>
Number of treatment points	2
Treatment time per point	60 s

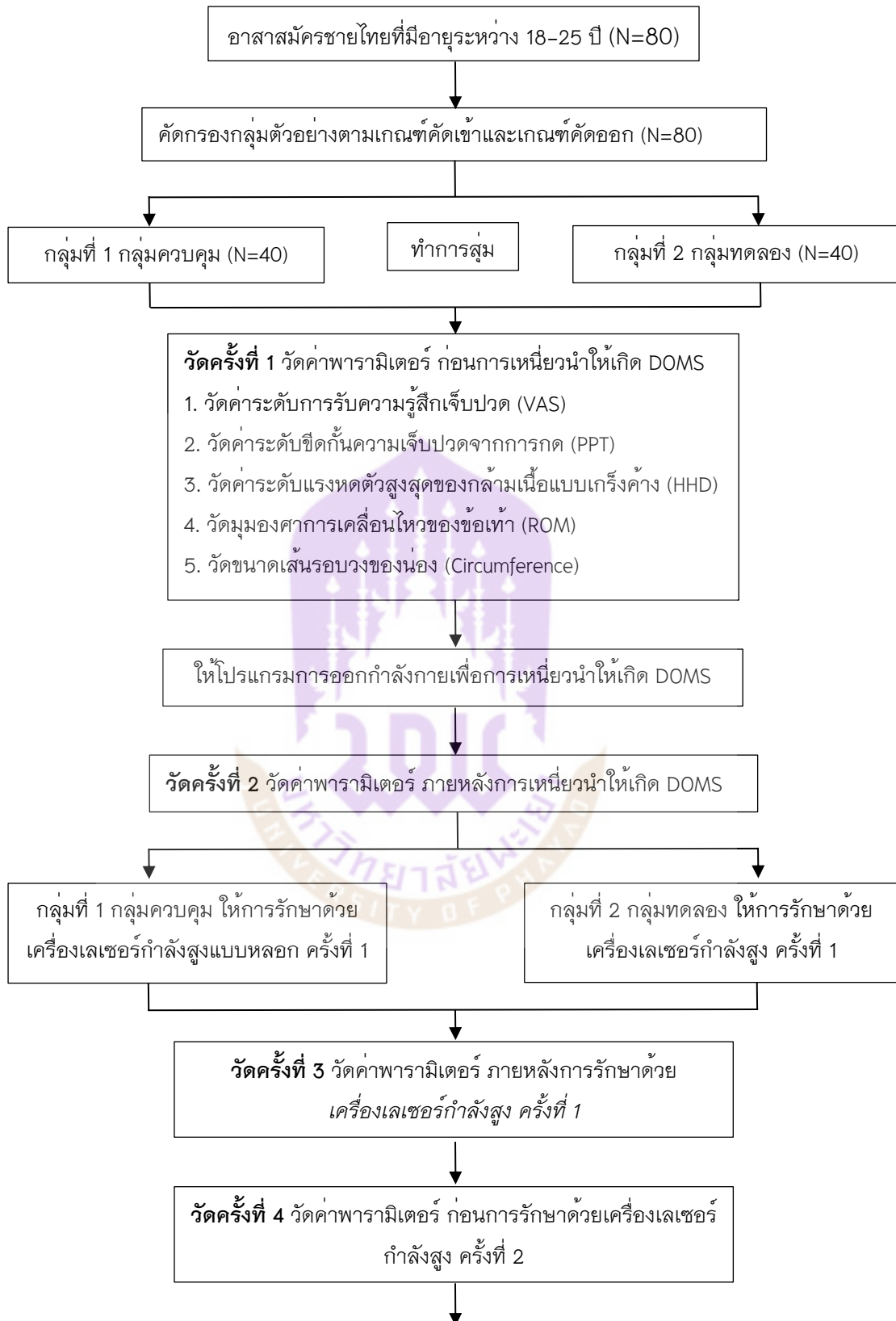
13. วันที่ 3 หลังได้รับการกระตุ้นให้เกิดอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ
- วัดค่าพารามิเตอร์หลังออกกำลังกาย 48 ชั่วโมง เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 11
  - ให้การรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (HPLT) ให้แก่ผู้ทดสอบ
  - วัดค่าพารามิเตอร์หลังการรักษาเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 11
14. วันที่ 5 ติดตามผลการรักษา โดยทำการวัดค่าพารามิเตอร์หลังออกกำลังกาย 96 ชั่วโมง เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 11

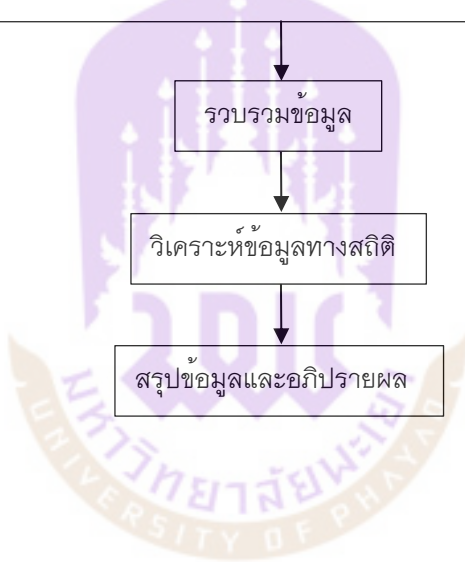
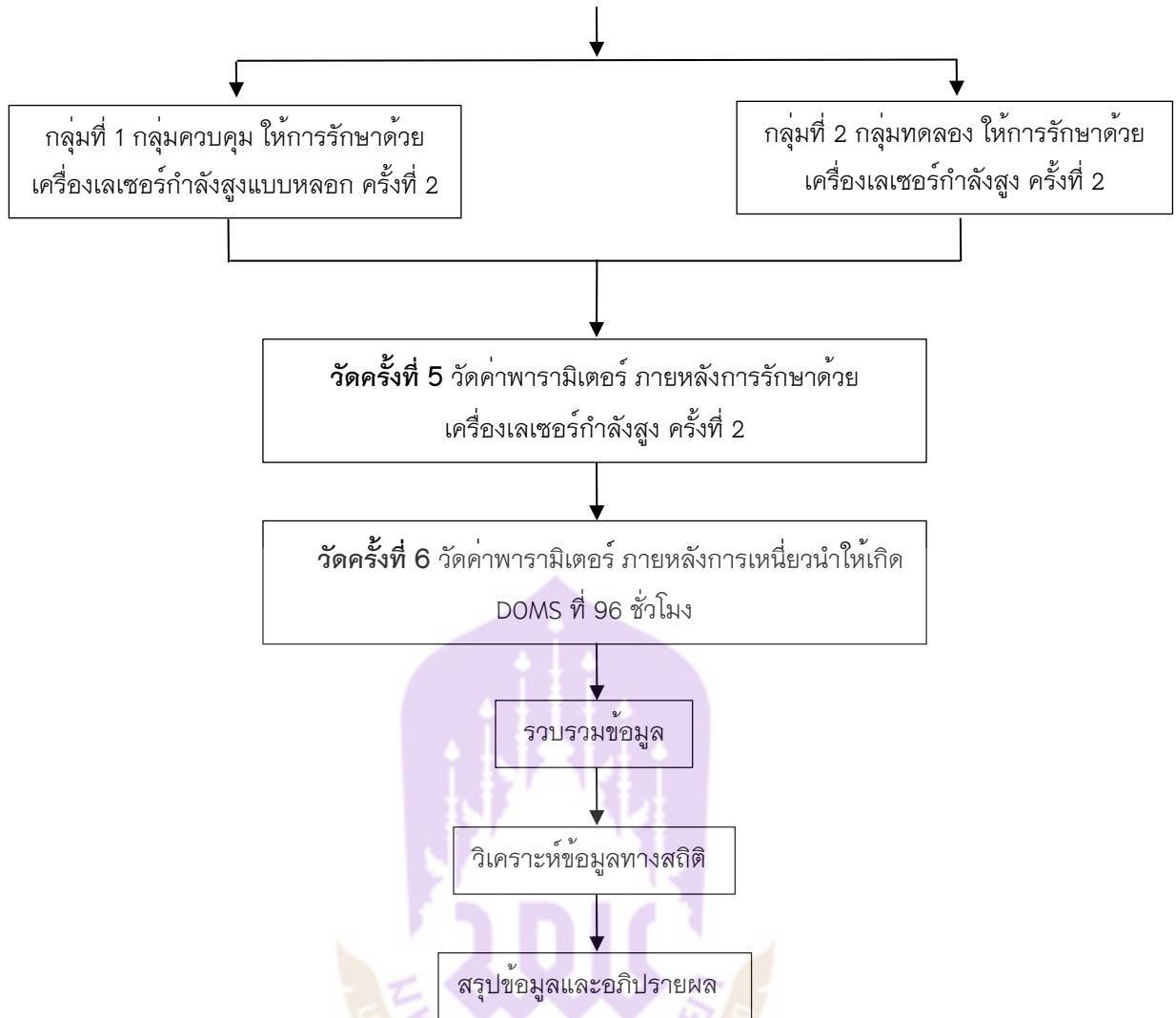
**7.2 กลุ่มควบคุม (Control group)** ทำการทดสอบเช่นเดียวกับกลุ่มทดลอง แต่ทำการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงที่ไม่ปล่อยคลื่นรังสีเลเซอร์

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ

1. สถิติเชิงพรรณนา Descriptive statistics เพื่อแสดงลักษณะทั่วไปของอาสาสมัครผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้ออ่อนแอหลังจากการออกกำลังกาย โดยจะรายงานด้วย ค่าเฉลี่ย และเบี่ยงเบนมาตรฐานหากข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ และรายงานด้วยค่ามัธยฐาน หรือฐานนิยมหากข้อมูลมีการแจกแจงไม่ปกติ
2. หากการกระจายตัวของข้อมูลตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้ Shapiro-wilk
3. สถิติเปรียบเทียบข้อมูลภายในกลุ่ม
  - 3.1 กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวปกติใช้ Repeated measures ANOVA
  - 3.2 กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติใช้ Wilcoxon Signed-Rank test
4. สถิติเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างกลุ่ม
  - 4.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
    - กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวปกติใช้ Independent T-test
    - กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายไม่ตัวปกติใช้ Mann-Whitney U test
  - 4.2 เปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละช่วงเวลาระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
    - กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวปกติใช้ Two - way repeated - measure analysis of variance (เวลา x กลุ่ม)
    - กรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติใช้ Kruskal - Wallis test

เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระดับความเจ็บปวด (Visual analog scale) องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Range of motion) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (PTT digital pressure algometer) โดยกำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติ  $p\text{-value} < 0.05$





## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายในกลุ่มเนื้ออ่อนในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี โดยทำการวัดค่าตัวแปรก่อนและหลังการรักษาได้แก่ ระดับความเจ็บปวด (VAS) ระดับความชืดกันความเจ็บปวดจากการกด (PPT) ระดับแรงกดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็ง (HHD) มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (ROM) และขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้ออ่อน (Circumference) และทำการทดลองภายหลังจากการได้รับพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยพะเยา (UP-HEC 1.2/094/66) โดยขั้นตอนการรายงานผลการศึกษาแบ่งเป็น

1. การหาความน่าเชื่อถือของผู้วัด (Intraclass correlation: ICC)
2. การได้มาซึ่งอาสาสมัครและข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร
3. การเปรียบเทียบผลภายในกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา
4. การเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

#### 1. การหาความน่าเชื่อถือของผู้วัด (Intraclass correlation: ICC)

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มีการใช้อุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำในการวัดสูงเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือของข้อมูล ดังนั้นการศึกษาขั้นตอนการหาความแม่นยำในการวัด เครื่องมือแต่ละประเภท จึงถูกนำมาศึกษาโดยใช้การวัดซ้ำ (Test-retest reliability) โดยใช้อาสาสมัครกลุ่มเดิม วัดซ้ำด้วยเครื่องมือเดินในเวลาเดียวกันและนำข้อมูลมาทำการทดสอบด้วยสถิติ Intraclass correlation ผลปรากฏดังตารางที่ 5

กำหนด ผู้วิจัยคนที่ 1 นางสาวนารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา

ผู้วิจัยคนที่ 2 นางสาวกาญจนา ศรีสมบัติเจริญ

ผู้วิจัยคนที่ 3 นางสาวกัญจนพร ยอดคำ

การหาความแม่นยำภายในตัวผู้วัด เมื่อทำการทดสอบการวัดแรงกดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งด้วยเครื่องมือ Hand held dynamometer (HHD) การวัดระดับชืดกันความเจ็บปวดจากแรงกดด้วยเครื่องมือ PPT digital pressure algometer (PPT) และการวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าด้วย (ROM) เครื่องมือ Goniometer โดยทดสอบในอาสาสมัคร 15 คน และคิดความแม่นยำเป็นเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ

**ตารางที่ 5** แสดงค่าสัมพัทธ์แบบ Intraclass correlation ภายในตัวผู้วัดเมื่อทำการทดสอบด้วย เครื่องมือ

ผู้วิจัย/ สหสัมพันธ์	HHD		PTT		ROM	
	ICC	ลำดับ	ICC	ลำดับ	ICC	ลำดับ
ผู้วิจัยคนที่ 1	0.853	1	0.853	3	0.773	3
ผู้วิจัยคนที่ 2	0.743	3	0.912	1	0.981	2
ผู้วิจัยคนที่ 3	0.767	2	0.854	2	0.991	1

จากตารางแสดงค่าความสัมพันธ์ จะเห็นได้ ผู้วิจัยคนที่ 1 มีค่า ICC = 0.853 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงถูกคัดเลือกให้ทำหน้าที่ในการวัดแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งค้างด้วยเครื่องมือ Hand held dynamometer (HHD) ในอาสาสมัครจริง

ผู้วิจัยคนที่ 2 มีค่า ICC = 0.912 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงถูกคัดเลือกให้ทำหน้าที่ในการวัดการวัดระดับขีดกันความเจ็บปวดจากแรงกดด้วยเครื่องมือ PTT digital pressure algometer (PTT) ในอาสาสมัครจริง

ผู้วิจัยคนที่ 3 มีค่า ICC = 0.991 ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงถูกคัดเลือกให้ทำหน้าที่ในการวัดมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าด้วย (ROM) เครื่องมือ Goniometer ในอาสาสมัครจริง

## 2. การได้มาซึ่งอาสาสมัครและข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร

จากการประชาสัมพันธ์ผ่านนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยา โดยให้ทำแบบสอบถามออนไลน์เกี่ยวกับแบบคัดเลือกอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อของในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี ซึ่งข้อมูลที่ได้รับ พบว่า มีผู้ตอบแบบถามรวมทั้งสิ้นจำนวน 42 คน มีผู้ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกจำนวนทั้งสิ้น 29 คน ผู้ที่ไม่ผ่านเข้าเกณฑ์การคัดเลือกจำนวนทั้งสิ้นจำนวน 11 คน เนื่องจากมีค่าดัชนีมวลกายไม่ปกติ และผู้ที่ไม่เข้าร่วมจำนวน 2 คน ดังนั้นจึงมีผู้ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกและคัดออก จำนวนทั้งสิ้น 29 คน คณะผู้วิจัยจึงสุ่มแบ่งอาสาสมัคร ด้วยวิธี Simple Random Sampling (การสุ่มอย่างง่าย) ผ่านโปรแกรม thaware เพื่อลดการอคติต่องานวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม จำนวนทั้งสิ้น 14 คน และกลุ่มทดลอง จำนวนทั้งสิ้น 15 คน โดยคำนึงถึงค่าตัวแปรหลักที่สนใจเป็นสำคัญ (Primary outcome) จำนวนอาสาสมัคร

ยังคงเดิมตลอดระยะเวลาการทดลอง โดยพบว่าไม่มีการสูญหายของอาสาสมัคร (No dropout rare) ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามคัดเลือกอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย (คน)

ชั้นปี	คณะ/สาขา	จำนวนทั้งหมด (คน)	จำนวนผู้ตอบ แบบสอบถาม (คน)	จำนวนที่ตอบ แบบสอบถาม (%)
1	สหเวชศาสตร์ สาขา กายภาพบำบัด	19	17	89.45
	สหเวชศาสตร์ สาขา เทคนิคการแพทย์	23	1	4.35
2	สหเวชศาสตร์ สาขา กายภาพบำบัด	10	9	90
	สหเวชศาสตร์ สาขา เทคนิคการแพทย์	17	3	17.65
3	สหเวชศาสตร์ สาขา กายภาพบำบัด	10	2	20
4	สหเวชศาสตร์ สาขา กายภาพบำบัด	10	7	70
	สถาปัตยกรรมและ ศิลปกรรมศาสตร์ สาขาการออกแบบ	20	3	15
รวม		109	42	38.53

ตารางที่ 7 จำนวนร้อยละจำแนกตามแบบคัดเลือกอสาสมัครเพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย (คน)

คำถาม		กลุ่มที่ 1 (A) กลุ่มควบคุม (Control group) 14 คน		กลุ่มที่ 2 (B) กลุ่มทดลอง (Experimental group) 15 คน	
		จำนวน ผู้ตอบแบบ ถาม (คน)	จำนวนที่ตอบ แบบสอบถาม(%)	จำนวน ผู้ตอบแบบ ถาม (คน)	จำนวนที่ตอบ แบบสอบถาม(%)
1. ท่านมีโรคประจำตัว หรือมีภาวะเสี่ยงต่อ สุขภาพหรือไม่	ไม่มี	13	92.86	13	86.67
	มี	1	7.14	2	13.33
2. การแพทย์	ไม่แพ้	13	92.86	15	100
	แพ้	1	7.14	0	0
3. พฤติกรรมสุขภาพ					
3.1 การสูบบุหรี่	ไม่สูบบุหรี่	14	100	15	100
	สูบบุหรี่	0	0	0	0
3.2 การดื่มสุรา	ไม่ดื่ม	12	85.71	14	93.33
	ดื่ม	2	14.29	1	6.67
4. การออกกำลังกาย	ไม่ออกกำลังกาย กำลังกาย	4	28.57	2	13.33
	ออกกำลังกาย ปกติ				
	น้อยกว่า 3 สัปดาห์ต่อ วัน	6	42.85	9	60
	มากกว่า 3 สัปดาห์ต่อ วัน	4	28.57	4	26.67
5. ออกกำลังกายแบบใช้ แรงต้านมาก่อนทำ แบบสอบถาม	ไม่มี	9	64.29	12	80
	มี	5	35.71	3	20
6. ในปัจจุบันมีอาการ บาดเจ็บของกล้ามเนื้อ น่องหรือไม่	ไม่มี	14	100	14	93.33
	มี	0	0	1	6.67
7. ในปัจจุบันมีอาการ บาดเจ็บของข้อเท้า หรือไม่	ไม่มี	14	100	15	100
	มี	0	0	0	0
8. ท่านเคยประสบ อุบัติเหตุหรือไม่	ไม่มี	9	64.29	14	93.33
	มี	5	35.71	1	6.67
9. ท่านเคยได้รับการการ ผ่าตัดใส่อุปกรณ์หรือไม่	ไม่มี	14	100	15	100
	มี	0	0	0	0

จากตารางที่ 7 ข้อมูลโรคประจำตัวของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่มีโรคประจำตัว คิดร้อยละ 92.86 และ 86.67 มีโรคประจำตัว คิดเป็นร้อยละ 7.14 และ 13.33 ซึ่งโรคประจำตัวที่พบได้แก่ โรคภูมิแพ้

ข้อมูลการแพ้ยาของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่แพ้ยา คิดเป็นร้อยละ 92.86 และ 100 แพ้ยา คิดเป็นร้อยละ 7.14 และ 0 ซึ่งการแพ้ยาที่พบได้แก่ Sulfonamides

ข้อมูลพฤติกรรมสุขภาพแบ่งออกเป็นการสูบบุหรี่และการดื่มสุรา ซึ่งข้อมูลการสูบบุหรี่ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งสองกลุ่ม สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 0 ทั้งสองกลุ่มและข้อมูลการดื่มสุราของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่ดื่มสุรา คิดเป็นร้อยละ 85.71 และ 93.33 ดื่มสุรา คิดเป็นร้อยละ 14.29 และ 6.67

ข้อมูลการออกกำลังกายของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่ออกกำลังกาย คิดเป็นร้อยละ 28.57 และ 13.33 ออกกำลังกายน้อยกว่า 3 สัปดาห์ต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 42.85 และ 60 ออกกำลังกายมากกว่า 3 สัปดาห์ต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 28.57 และ 26.67

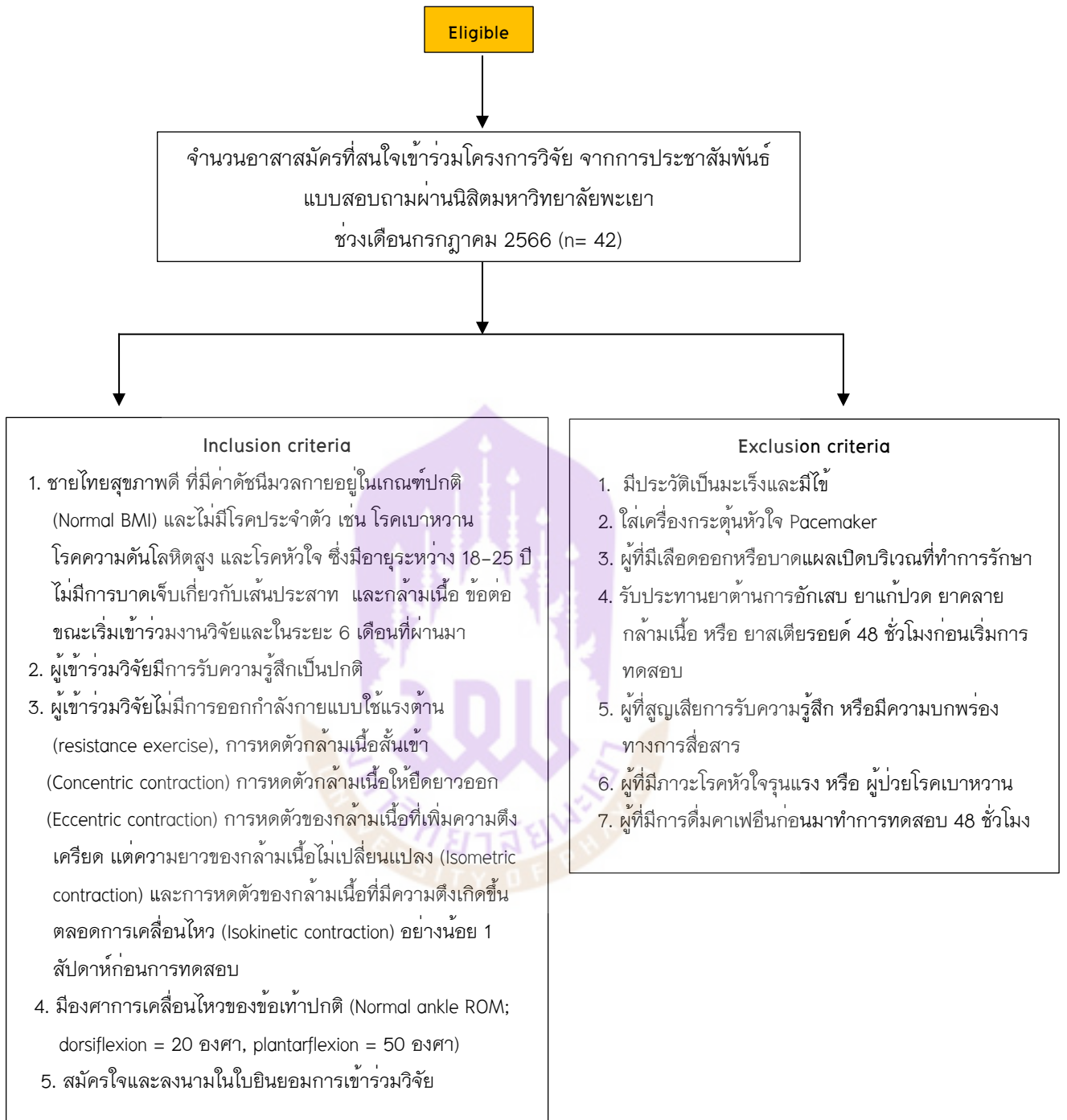
ข้อมูลการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่มีการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน คิดเป็นร้อยละ 64.29 และ 80 มีการออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน คิดเป็นร้อยละ 35.71 และ 20 ซึ่งการออกกำลังกายที่ใช้แรงต้านที่พบได้แก่ บริเวณหน้าอกและแขน

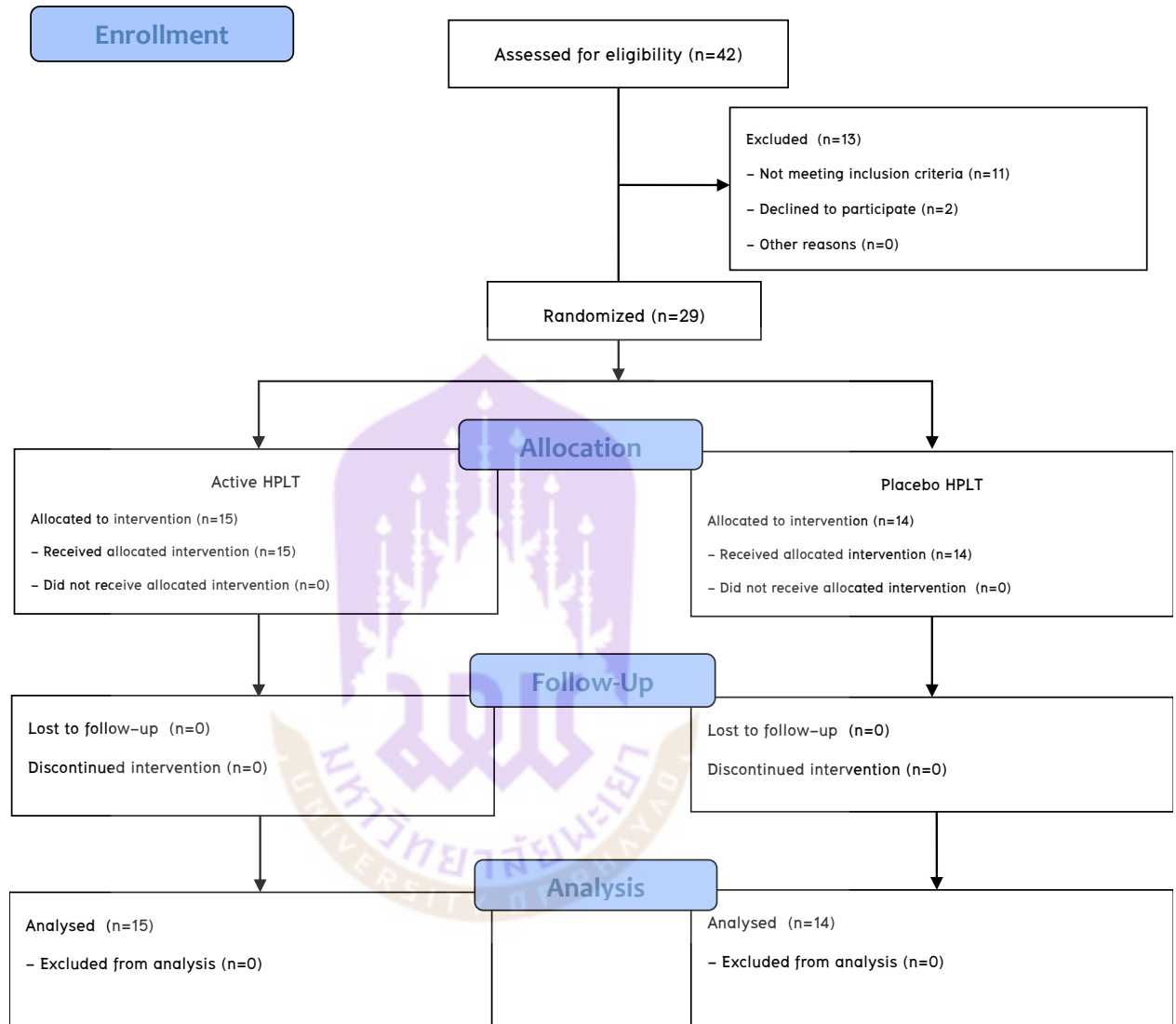
ข้อมูลการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อของของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่มีอาการบาดเจ็บ คิดเป็นร้อยละ 100 และ 93.33 มีอาการบาดเจ็บ คิดเป็นร้อยละ 0 และ 6.67

ข้อมูลการบาดเจ็บของข้อเท้าของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่มีอาการบาดเจ็บของข้อเท้า คิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งสองกลุ่ม

ข้อมูลการประสบอุบัติเหตุของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่เคยประสบอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 64.29 และ 93.33 เคยประสบอุบัติเหตุ คิดเป็นร้อยละ 35.71 และ 6.67 ซึ่งอุบัติเหตุที่พบได้แก่ คาง ศอก ขาและแขน

ข้อมูลการได้รับการผ่าตัดใส่อุปกรณ์ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลองพบว่า ไม่เคยได้รับการผ่าตัดใส่อุปกรณ์ คิดเป็นร้อยละ 100 ทั้งสองกลุ่ม





Abbreviations: HPLT; high power laser therapy

อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้เป็นนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยาเพศชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี จำนวน 42 คน เมื่ออาสาสมัครผ่านเกณฑ์คัดเข้าและคัดออก เหลือจำนวนทั้งสิ้น 29 คนอาสาสมัครจะถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ด้วยวิธีการสุ่มดังนี้ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมจำนวน 14 คน ได้รับการรักษาโดยการใช้อัลตราซาวด์กำลังสูงที่ไม่ปล่อยรังสีและกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน ได้รับการรักษาโดยการใช้อัลตราซาวด์กำลังสูง

กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม เพศชายจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 100 กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับการรักษาด้วยอัลตราซาวด์กำลังสูง เพศชายจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 100

ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ได้แก่ อายุ ขาข้างที่ถนัดข้างขวา ขาข้างที่ถนัดข้างซ้าย น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย มีค่าเฉลี่ย  $19.79 \pm 1.53$ , ร้อยละ 100, ร้อยละ 0,  $64.50 \pm 5.35$ ,  $173.07 \pm 0.93$ ,  $21.40 \pm 1.95$  ตามลำดับ

ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้แก่ อายุ ขาข้างที่ถนัดข้างขวา ขาข้างที่ถนัดข้างซ้าย น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย มีค่าเฉลี่ย  $19.40 \pm 1.30$ , ร้อยละ 86.67, ร้อยละ 13.33,  $61.33 \pm 6.62$ ,  $172.40 \pm 5.05$ ,  $20.53 \pm 1.93$  ตามลำดับ

ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติพบว่าข้อมูลพื้นฐานของทั้ง 2 กลุ่ม ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า *p*-value ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย คือ 4.72, 1.67, 0.692, 0.239 ตามลำดับ

ระดับความเจ็บปวด (Visual analog scale) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และ 0 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติ พบว่าระดับความเจ็บปวด (Visual analog scale) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า *p*-value = 1

มุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าขึ้น (Range of motion dorsiflexion) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $20.62 \pm 5.74$  และ  $19.98 \pm 6.76$  พบว่ามุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าขึ้น

(Range of motion dorsiflexion) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 0.785

มุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากดปลายเท้าลง (Range of motion plantar flexion) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $46.17 \pm 6.33$  และ  $45.13 \pm 5.31$  พบว่ามุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่าเหยียดปลายเท้าลง (Range of motion plantar flexion) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 0.639

ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Circumference) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $35.79 \pm 2.18$  และ  $35.35 \pm 2.09$  พบว่าเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง (Circumference) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 0.591

ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $13.49 \pm 1.9$  และ  $13.93 \pm 1.77$  พบว่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็ง (Muscle strength) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 0.531

ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนบนทางด้านในของน่อง (PPT: Upper part) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $6.64 \pm 1.42$  และ  $7.65 \pm 1.77$  พบว่าระดับขีดกันการรับความรู้สึกเจ็บปวดด้วยแรงกด (Pain pressure threshold) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 1.00

ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนกลางของน่อง (PPT: middle part) ของกลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $8.70 \pm 2.03$  และ  $9.06 \pm 1.58$  พบว่าระดับขีดกันการรับความรู้สึกเจ็บปวดด้วยแรงกด (Pain pressure threshold) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 0.99

ดังนั้น กล่าวโดยสรุปได้ว่า ข้อมูลเบื้องต้นของอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ได้แก่ อายุ ขาข้างที่ถนัด น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ระดับความเจ็บปวด มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่า

เหยียดปลายเท้าลง เส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง แรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็งและ การวัดระดับขีดกันความเจ็บปวดจากแรงกดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก่อน เริ่มทำการทดลอง โดยมีตารางแสดงข้อมูลลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร (Baseline) ดังตาราง ที่ 8



ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลลักษณะพื้นฐานของอาสาสมัคร (Baseline) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง

	กลุ่มที่ 1 (A) กลุ่มควบคุม	กลุ่มที่ 2 (B) กลุ่มทดลอง	p-value
เพศชาย (คน)	14 (100%)	15 (100%)	-
อายุ (ปี)	19.79 ± 1.53	19.40 ± 1.30	4.72
จำนวนขาข้างที่ถนัด (จำนวน)			
ข้างซ้าย	0 (100%)	2 (13.33%)	-
ข้างขวา	14 (100%)	13 (86.67%)	
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.50 ± 5.35	61.33 ± 6.62	1.67
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	173.07 ± 3.93	172.40 ± 5.05	0.692
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/เมตร <sup>2</sup> )	21.40 ± 1.95	20.53 ± 1.93	0.239
ระดับความเจ็บปวด (เซนติเมตร)	0	0	1
ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนบน ทางด้านในของน่อง	6.64±1.42	7.65±1.77	1
ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนกลาง ของน่อง	8.70±2.03	9.06±1.58	0.99
ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (เซนติเมตร)	35.79 ± 2.18	35.35 ± 2.09	0.591
มุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลาย เท้าขึ้น (องศา)	20.62 ± 5.74	19.98 ± 6.76	0.785
มุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าลง (องศา)	46.17 ± 6.33	45.13 ± 5.31	0.639
ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (กิโลกรัม)	13.49 ± 1.90	13.93 ± 1.77	0.531

### 3. การเปรียบเทียบผลภายในกลุ่มก่อน ระหว่างและหลังการศึกษา

ข้อมูลเปรียบเทียบภายในกลุ่มของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง แสดงดังตารางที่ 9

3.1 ความเที่ยงตรงของการเกิด DOMs ภายหลังการเหนี่ยวนำด้วยการออกกำลังกายแบบ Eccentric contraction ของกล้ามเนื้อน่องในขาข้างที่ถนัด (Validity of DOMs induction after Eccentric contraction exercise in dominant leg)

### กลุ่มควบคุม

จากการตรวจประเมินภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ DOMs พบว่าค่า PPT (upper) และ HHD (Plantarflexion) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 0.01 และ 0.03 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ DOMs (baseline) อีกทั้งยังพบว่า Calf Circumference ภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ DOMs มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 0.00) ส่วนค่า PPT (Middle), ROM (dorsiflexion) และ ROM (plantarflexion) ภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMs พบว่ามีค่าลดลง แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 1.00 นอกจากนี้ พบว่าค่า VAS ยังมีแนวโน้มลดลง แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 0.074)

### กลุ่มทดลอง

จากการตรวจประเมินภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ DOMs พบว่าค่า VAS และ Calf Circumference มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 0.01 และ 0.00 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะ DOMs (baseline) อีกทั้งยังพบว่าค่า PPT (upper) และ HHD (plantarflexion) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 0.00 และ 0.01 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม พบการเปลี่ยนแปลงของค่า PPT (middle) ลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น ( $p$ -value = 0.14) นอกจากนี้ ค่าองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่า dorsiflexion และ plantarflexion พบว่ามีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00 และ 1.00 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น

กล่าวโดยสรุปจะเห็นได้ว่า ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทุกอย่างภายหลังจากได้รับการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMs ทันทีของกล้ามเนื้อในขาข้างที่ถนัด ด้วยการก้าวขึ้นลงบันไดจำนวน 90 ครั้ง จึงอนุมานได้ว่า ภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMs ด้วยวิธีที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดการทำให้กล้ามเนื้อและเกิดการบาดเจ็บพบการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรที่ศึกษาในทุกพารามิเตอร์

## 3.2 การเปรียบเทียบผลจากการรักษาภายในกลุ่มภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS

### 3.2.1 ระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale: VAS)

### กลุ่มควบคุม

พบว่าระดับการรับรู้รู้สึกเจ็บปวด (VAS) ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอดทันที (ครั้งที่ 1) มีค่าลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ( $p\text{-value} = 1.00$ ) ต่อมาพบว่า ณ ช่วงเวลา หลังเหนี่ยวนำ DOMs ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 1.00$ ) ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอดทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และเมื่อติดตามผล ที่ 96 ชั่วโมง พบว่ามีค่าแนวโน้มระดับการรับรู้รู้สึกเจ็บปวดที่ลดลงจนเกือบเท่ากับก่อนการเริ่มเหนี่ยวนำ แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS โดยมีค่า  $p\text{-value} = 1.00$  และ 0.13 ตามลำดับ

### กลุ่มทดลอง

พบว่าระดับการรับรู้รู้สึกเจ็บปวด (VAS) ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) มีค่าลดลงแต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 1.00$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMs ต่อมาพบว่า ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMs ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p\text{-value} = 1.00$  ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผล ที่ 96 ชั่วโมง พบว่ามีค่าแนวโน้มระดับการรับรู้รู้สึกเจ็บปวดที่ลดลงเรื่อยๆ แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p\text{-value} = 1.00$  และ 0.24 ตามลำดับ

## 3.2.2 ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PPT)

### บริเวณส่วนบนทางด้านในของน่อง (Upper part )

#### กลุ่มควบคุม

ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดของส่วน Upper part ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMs ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMs ( $p\text{-value} = 1.00$ ) ผลภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอดทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผล ที่ 96 ชั่วโมง พบว่ามีค่าแนวโน้มที่ดีขึ้น

เนื่องจาก PPT มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ร่างกายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS (p-value = 1.09 และ 0.28 ตามลำดับ)

#### กลุ่มทดลอง

ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดของ Upper part ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) และ ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับร่างกายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS (p-value = 1.00 ทั้งสอง)

เมื่อภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง พบว่ามีค่าที่เพิ่มขึ้น ใกล้เคียงกับหลังเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 1.00) และเมื่อติดตามผล ที่ 96 ชั่วโมง พบว่ามีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ร่างกายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS (p-value = 0.13)

#### บริเวณส่วนกลางของน่อง (Middle part)

##### กลุ่มควบคุม

ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดกล้ามเนื้อน่องบริเวณ ส่วนกลางภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1), ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง พบว่ามีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับร่างกายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS (p-value = 1.00 ทั้งสามช่วง) แต่เมื่อติดตามผลที่ 96 ชั่วโมงพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 1.00)

##### กลุ่มทดลอง

ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดกล้ามเนื้อน่องบริเวณ ส่วนกลางภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง พบว่ามีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 1.00, 0.70 และ 1.00 ตามลำดับ) แต่เมื่อติดตามผลที่ 96 ชั่วโมงพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่า แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = 0.47) เมื่อเปรียบเทียบกับร่างกายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS

### 3.2.3 ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference)

#### กลุ่มควบคุม

ขนาดเส้นรอบวงของน่อง ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันที (ครั้งที่ 1) ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันทีใน ครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS โดยมีค่า  $p$ -value = 0.07, 0.00, 0.00, 0.00 ตามลำดับ

#### กลุ่มทดลอง

ขนาดเส้นรอบวงของน่อง ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) ณ ช่วงเวลาหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันทีใน ครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS โดยมีค่า  $p$ -value = 0.01, 0.004, 0.001 และ 0.001 ตามลำดับ

### 3.2.4 มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า

#### ท่ากระดูกปลายเท้าขึ้น (Range of motion : Ankle dorsiflexion)

#### กลุ่มควบคุม

องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าขึ้นภายหลังจากการรักษาด้วย เลเซอร์หลอกทันที (ครั้งที่ 1) ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติ ( $p$ -value = 1.00) และพบว่าในช่วงหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าลดลงแต่ไม่มี ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ( $p$ -value = 1.00)

#### กลุ่มทดลอง

องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าขึ้นภายหลังจากการรักษาด้วย เลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) ในช่วงหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง ภายหลังจากการรักษาด้วย เลเซอร์ทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความ ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00, 1.00, 1.00 และ 0.77 ตามลำดับ) เมื่อ เปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS

### ท่ากอดปลายเท้าลง (Range of motion : Ankle plantar flexion)

#### กลุ่มควบคุม

องค์การเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากอดปลายเท้าลงภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันที (ครั้งที่ 1) และ ในช่วงหลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 ชั่วโมงมีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00) และภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และเมื่อติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00)

#### กลุ่มทดลอง

องค์การเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากอดปลายเท้าลง ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) และ ในช่วงหลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 ชั่วโมงมีค่าลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00) ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00) และเมื่อติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $p$ -value = 0.03

### 3.2.5 ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction)

#### กลุ่มควบคุม

ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้างภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันที (ครั้งที่ 1) พบว่าในช่วงหลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 และ ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์หลอกทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง และติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนียวหน้าให้เกิด DOMS โดยมีค่า  $p$ -value = 1.00, 1.00, 0.45, 0.05 ตามลำดับ

#### กลุ่มทดลอง

ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้างภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันที (ครั้งที่ 1) พบว่าในช่วงหลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 และภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์ทันทีในครั้งที่ 2 ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p$ -value = 1.00 ทุกช่วงเวลา) และติดตามผลที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p=0.02$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับภายหลังจากการเหนียวหน้าให้เกิด DOMS

**ตารางที่ 9** เปรียบเทียบความแตกต่างภายในกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาของค่าระดับความเจ็บปวด (Level of pain) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold) ขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง (Calf circumference) แรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็ง (Maximal isometric contraction) มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (ROM)

Group	Outcome measures	Baseline	Post induction DOMs	Immediate after 1 <sup>st</sup> treatment	Post induction DOMs 48hrs	Immediate after 2 <sup>nd</sup> treatment	Follow up 96 hrs.
กลุ่มควบคุม (Control group) (n=14)	VAS	0	1.57±1.74	0.93±0.92*	1.64±1.86	1.07±1.21	0.14±0.36
	PPT (Upper)	6.64±1.42	5.60±1.24*	5.52±1.03	5.51±1.21	5.64±0.85	6.72±1.44
	PPT (Middle)	8.70±2.03	7.38±2.18	6.84±1.84*	7.01±2.30	7.14±1.86	8.30±1.64
	Calf Circumference	35.79±2.18	36.93±2.12*	36.38±2.09*#	36.07±2.09#	36.04±2.13#	36.05±2.10#
	ROM (Dorsiflexion)	20.62±5.74	19.14±5.65	19.29±5.63	19.00±5.88	19.57±5.82	20.55±5.99
	ROM (Plantarflexion)	46.10±6.34	44.33±5.28	43.74±5.17	44.02±7.42	44.81±6.48	46.45±6.36
	HHD	13.49±1.90	11.39±2.84*	11.65±2.38*	12.23±3.11	13.13±2.54	14.09±2.41
กลุ่มทดลอง (Experimental group) (n=15)	VAS	0	1.27±1.16*	1.00±1.25	1.27±1.49	1.00±1.36	0.27±0.80
	PPT (Upper)	7.65±1.77	6.54±1.54*	6.51±0.99	6.35±1.27	6.54±1.16	8.10±1.94
	PPT (Middle)	9.06±1.58	7.94±1.78	7.84±1.52*	7.20±1.10*	7.46±1.88*	9.42±2.75
	Calf Circumference	35.35±2.09	36.40±2.05*	35.73±2.31#	35.57±2.15#	35.47±2.11#	35.43±2.09#
	ROM (Dorsiflexion)	19.98±6.76	19.76±6.93	20.31±6.71	20.89±0.75	21.44±6.79	21.76±6.81
	ROM (Plantarflexion)	45.13±5.31	44.31±4.11	44.64±4.96	44.11±4.07	46.22±5.21	48.16±4.50#
	HHD	13.93±1.77	12.68±1.47*	12.85±2.36	13.10±2.00	14.04±1.97	16.13±2.01#

\*  $p$ -value < 0.05 define compare with baseline

#  $p$ -value < 0.05 define compare with post induced DOMs

#### 4. การเปรียบเทียบผลระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการศึกษา

จากตารางที่ 10 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่ามีเพียงค่า ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PPT) บริเวณส่วนบนด้านในของน่อง (Upper part) ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p=0.01$ ) ส่วนค่าตัวแปรระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนกลางของน่อง ขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้างของกล้ามเนื้ออกกลุ่มถีบปลายเท้าลง องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าขึ้นและลง ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ )

ในส่วนรายละเอียดของระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PPT) บริเวณส่วนบนด้านในของน่อง (Upper part) พบว่ากลุ่มทดลองมีค่าระดับกั้นความเจ็บปวดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ภายหลังจากจากรักษาทันทีครั้งที่ 1 ( $p=0.014$ ) ภายหลังจากจากรักษาทันทีครั้งที่ 2 ( $p=0.025$ ) และภายหลังจากเหนียวนำไปแล้ว 96 ชั่วโมง ( $p=0.038$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ณ ช่วงเวลาภายหลังจากเหนียวนำไปแล้ว 48 ชั่วโมง ( $p=0.81$ )

ทั้งนี้ ในส่วนของการวัดแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้างของกล้ามเนื้ออกกลุ่มถีบปลายเท้าลงยังพบว่า กลุ่มทดลองมีแรงในการหดตัวมากกว่ากลุ่มควบคุม ณ จุดภายหลังจากเหนียวนำไปแล้ว 96 ชั่วโมง ( $p=0.021$ ) แต่กลับไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ จุดอื่น ๆ ( $p>0.05$ )

โดยสรุปสามารถกล่าวได้ว่า อิทธิพลปัจจัยของกลุ่ม (Group factor) ที่พบในการศึกษาครั้งนี้มีเพียงในส่วนของตัวแปรระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนบนด้านในของน่องเท่านั้น พบว่าแตกต่างกันสามช่วงเวลา ( $p=0.01$ ) ส่วนตัวแปรที่มีแนวโน้มถัดมาคือ แรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้างของกล้ามเนื้ออกกลุ่มถีบปลายเท้าที่พบว่ามีอิทธิพลปัจจัยของกลุ่มแตกต่างกัน 1 ช่วงเวลา (ที่ 96 ชั่วโมงภายหลังจากการเหนียวนำไป) พบว่าค่า  $p=0.08$  ส่วนตัวแปรนอกจากนั้น (ระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนกลางของน่อง ขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง และองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในท่ากระดูกปลายเท้าขึ้นและลง) ไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ณ ทุกช่วงเวลาของการประเมิน ( $p>0.05$ )

**ตารางที่ 10** เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มก่อนและหลังการศึกษาของค่าระดับความเจ็บปวด (Level of pain) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold) ขนาดเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อน่อง (Calf circumference) แรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบเกร็ง (Maximal isometric contraction) มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (ROM)

Group	Outcome measures	Baseline	Post induction DOMs	Immediate after 1 <sup>st</sup> treatment	Post induction DOMs 48hrs	Immediate after 2 <sup>nd</sup> treatment	Follow up 96 hrs.	p-value
กลุ่มควบคุม	VAS	0	1.57±1.74	0.93±0.92	1.64±1.86	1.07±1.21	0.14±0.36	
กลุ่มทดลอง	VAS	0	1.27±1.16	1.00±1.25	1.27±1.49	1.00±1.36	0.27±0.80	0.76
กลุ่มควบคุม	PPT (Upper)	6.64±1.42	5.60±1.24	5.52±1.03*	5.51±1.21	5.64±0.85*	6.72±1.44*	
กลุ่มทดลอง	PPT (Upper)	7.65±1.77	6.54±1.54	6.51±0.99*	6.35±1.27	6.54±1.16*	8.10±1.94*	P=0.014 P=0.025 P=0.038 0.01
กลุ่มควบคุม	PPT (Middle)	8.70±2.03	7.38±2.18	6.84±1.84	7.01±2.30	7.14±1.86	8.30±1.64	
กลุ่มทดลอง	PPT (Middle)	9.06±1.58	7.94±1.78	7.84±1.52	7.20±1.10	7.46±1.88	9.42±2.75	0.30
กลุ่มควบคุม	Calf Circumference	35.79±2.18	36.93±2.12	36.38±2.09	36.07±2.09	36.04±2.13	36.05±2.10	
กลุ่มทดลอง	Calf Circumference	35.35±2.09	36.40±2.05	35.73±2.31	35.57±2.15	35.47±2.10	35.43±0.09	0.49
กลุ่มควบคุม	ROM (Dorsiflexion)	20.62±5.74	19.14±5.65	19.29±5.63	19.00±5.88	19.57±5.82	20.55±5.99	
กลุ่มทดลอง	ROM (Dorsiflexion)	19.98±6.76	19.76±6.93	20.31±6.71	20.89±0.75	21.44±6.79	21.76±6.81	0.65
กลุ่มควบคุม	ROM (Plantarflexion)	46.10±6.34	44.33±5.28	43.74±5.17	44.02±7.42	44.81±6.48	46.45±6.36	
กลุ่มทดลอง	ROM (Plantarflexion)	45.13±5.31	44.31±4.11	44.64±4.96	44.11±4.07	46.22±5.21	48.16±4.50	0.77

กลุ่ม	HHD	13.49±1.90	11.39±2.84	11.65±2.38	12.23±3.11	13.13±2.54	14.09±2.41
ควบคุม (Plantarflexion)							
กลุ่ม	HHD	13.93±1.77	12.68±1.47	12.85±2.36	13.10±2.00	14.04±1.97	16.13±2.01
ทดลอง (Plantarflexion)							
							0.08

\* $p$ -value < 0.05



## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของการวัดระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PPT) และมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle range of motion) ภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ภายหลังจากการออกกำลังกาย (DOMS) นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในพารามิเตอร์ ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) และขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference) เพิ่มเติมเพื่อศึกษาผลของการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อภาวะ DOMS โดยทั้งสองกลุ่มจะได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูงที่มีการตั้งค่าพารามิเตอร์เหมือนกัน ดังนี้ Wavelength 808 nm, Pulse frequency: continuous, Peak power: 1 W, Duty cycle: 50 %, Total energy: 20.82 J, Energy density: 6.63 J/cm<sup>2</sup> รักษาที่บริเวณสองตำแหน่ง คือส่วนบนทางด้านในและตรงกลางของน่อง ตำแหน่งละ 1 นาที แต่ในกลุ่มควบคุมนั้นจะไม่มีกรปล่อยรังสีเลเซอร์ออกมา จากการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูงภายหลังจากการเหนี่ยวนำ DOMS จำนวน 2 ครั้งในช่วงเวลาภายหลังจากการเหนี่ยวนำ DOMS ทันทีกและที่ 48 ชั่วโมง พบว่าระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนบนทางด้านในของน่อง (PPT: Upper part) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ( $p=0.01$ ) ที่ช่วงเวลาภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 1 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ทันทีก ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 96 ชั่วโมง แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมในพารามิเตอร์ ดังนี้ ระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดบริเวณตรงกลางน่อง (PPT: Middle part) มุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle range of motion) ในท่า Plantar flexion และ Dorsiflexor ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) และขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference) ตามลำดับ ในแต่ละช่วงเวลา

ภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย (DOMS) คือความเจ็บปวดกล้ามเนื้อที่มักพบได้บ่อยในผู้ที่ออกกำลังกายในลักษณะท่าทางที่ไม่คุ้นเคย หรือออกกำลังกายในความหนักที่มากเกินไปเกินความสามารถของกล้ามเนื้อ โดยอาการ DOMS มักเกิดขึ้นได้จากภายหลังจากการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อมีการหดตัวแบบยืดยาวออก (Eccentric contraction)

โดยอาการแสดงที่บ่งชี้ต่อภาวะ DOMS คือจะเริ่มแสดงอาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายภายใน 12-24 ชั่วโมง มีอาการกดเจ็บและตึง โดยทั่วไปความเจ็บปวดจะรู้สึกได้ก็ต่อเมื่อกล้ามเนื้อถูกยืด มีการหดตัว หรือถูกกด และปวดระหว่างการเคลื่อนไหว ร่วมกับมีอาการบวม ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง และมีการจำกัดช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ อีกทั้งยังมีอาการที่เกี่ยวข้องกับการอักเสบและความเสียหายของกล้ามเนื้อ เช่น เส้นใยกล้ามเนื้อบวม การเพิ่มขึ้นของเอนไซม์ภายในเฉพาะกล้ามเนื้อ เช่น creatine kinase (CK) และ lactate dehydrogenase (LDH) โดยอาการดังกล่าวจะทุเลาและหายไปภายใน 5-7 วันหลังออกกำลังกาย [44] จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้ตัวแปรต่าง ๆ ในการตรวจประเมินต่อภาวะ DOMS เช่น ระดับความรู้สึกความเจ็บปวด (VAS) ระดับขีดกั้นความรู้สึกความเจ็บปวดจากการกด (PPT) ช่วงองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (ROM) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) ขนาดเส้นรอบวง (circumference) และระดับปริมาณเอนไซม์ Creatine kinase ในกระแสเลือด [33],[45],[46] อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาปัจจุบันก็มีการใช้ค่าตัวแปรพารามิเตอร์ต่างๆ ในการตรวจประเมินภาวะ DOMS ดังนี้ ระดับการรับความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold) ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference) และมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle range of motion) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น มีเพียงการประเมินระดับปริมาณเอนไซม์ Creatine kinase ในกระแสเลือด ที่ยังเป็นข้อจำกัดในการศึกษานี้ จึงเป็นเหตุผลที่สำคัญต่อการนำไปศึกษาในครั้งต่อไป

จากผลการศึกษาภายในกลุ่มของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ภายหลังจากมีการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ดังนี้ ผลภายในกลุ่มควบคุมพบว่ามีค่าระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดที่บริเวณส่วนบนทางด้านในของน่อง (PPT: upper part) ลดลง ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference) เพิ่มขึ้น และระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) มีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ( $p=0.00$ ), ( $p=0.00$ ) และ ( $p=0.01$ ) ของภายในกลุ่ม อย่างไรก็ตามพบว่ามีค่าระดับการรับความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale) เพิ่มขึ้น ระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกดบริเวณตรงการน่อง (PPT: middle part) ลดลง และมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle range of motion) ในท่า Plantar flexion และ Dorsiflexor มีค่าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p=0.07$ ), ( $p=$

0.49), ( $p=1.00$ ) และ ( $p=1.00$ ) ของภายในกลุ่ม และผลภายในกลุ่มทดลองพบว่ามีความรู้สึกรับความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale) เพิ่มขึ้น ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดที่บริเวณส่วนบนทางด้านในของน่อง (PPT: upper part) ลดลง ขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference) เพิ่มขึ้น และระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) มีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ( $p=0.01$ ), ( $p=0.00$ ), ( $p=0.00$ ) และ ( $p=0.04$ ) ของภายในกลุ่ม อย่างไรก็ตามพบว่ามีความรู้สึกรับความรู้สึกเจ็บปวดจากการกดบริเวณตรงกลางน่อง (PPT: middle part) ลดลง และมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle range of motion) ในท่า Plantar flexion และ Dorsiflexor มีค่าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p>0.05$ ) ของภายในกลุ่ม จากผลการศึกษาข้างต้นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองสามารถบ่งบอกได้ว่าอาสาสมัครภายในทั้งสองกลุ่มมีแนวโน้มต่อการเกิดภาวะ DOMS เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทุกอย่างภายหลังจากการเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ทันทีก่อนการกดกล้ามเนื้อน่องในขาข้างที่ถนัด ด้วยการก้าวขึ้นลงบันไดจำนวน 90 ครั้ง จึงอนุมานได้ว่า ภายหลังจากเหนี่ยวนำให้เกิด DOMS ด้วยวิธีที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดการทำลายใยกล้ามเนื้อและเกิดการบาดเจ็บจนพบการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรที่ศึกษาในทุกพารามิเตอร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่บ่งบอกว่า DOMS มีความเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงของกล้ามเนื้อและ/หรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน และ/หรือการตอบสนองการอักเสบที่ตามมา [44]

จากผลการศึกษาที่มีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มทดลอง พบว่ามีเพียงระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดที่บริเวณส่วนบนทางด้านในของน่อง (PPT: upper part) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ( $p=0.01$ ) ที่ช่วงเวลาภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 1 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ทันทีก่อนการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 96 ชั่วโมง จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา Chang WD, Lin HY, Chang NJ, Wu JH (2021) อธิบายผลการลดปวดและการฟื้นฟูกล้ามเนื้อโดยใช้ light-emitting diode therapy (LEDT) 830 nm ที่มีความถี่เอาต์พุต 10 Hz ฉายรังสีเลเซอร์ที่กล้ามเนื้อ quadriceps เป็นเวลา 10 นาที โดยให้การรักษาจำนวน 4 ครั้ง ที่ภายหลังการออกกำลังกาย 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มยาหลอกพบว่ากลุ่ม LEDT แสดงการเพิ่มขึ้นของค่า PPT สำหรับจุดกดเจ็บของกล้ามเนื้อที่ 48-96 ชั่วโมง หลังการออกกำลังกาย และการฟื้นฟูตัวของช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อที่ 72 และ 96 ชม. หลังการออกกำลังกาย พบว่า LEDT 830 nm มีผลใน

ระดับปานกลางถึงมากต่อการบรรเทาอาการปวด พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของค่า PPT อย่างมีนัยสำคัญที่ 48–96 ชั่วโมง หลังการออกกำลังกาย อีกทั้งยังพบว่าระดับ VAS ในกลุ่ม LEDT มีค่าต่ำกว่ากลุ่มยาหลอกที่หลังออกกำลังกาย 48–96 ชั่วโมง [33] จากการศึกษานี้เป็นการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงภายหลังจากมีการเหนียวหน้าให้เกิด DOMS มีการตั้งค่าพารามิเตอร์ Wavelength 808 nm, Pulse frequency: continuous, Peak power: 1 W, Duty cycle: 50% , Total energy: 20.82 J, Energy density: 6.63 J/cm<sup>2</sup> รักษาที่บริเวณสองตำแหน่ง คือส่วนบนทางด้านในและตรงกลางของน่อง ตำแหน่งละ 1 นาที จำนวน 2 ครั้งในช่วงเวลาภายหลังจากการเหนียวหน้า DOMS ทันทันทีและที่ 48 ชั่วโมง มีผลลดคล้อยต่อการเพิ่มขึ้นของค่า PPT: upper part เพิ่มขึ้นในช่วงเวลาภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และหลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 96 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามการศึกษาในปัจจุบันพบว่าระดับ VAS ในกลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง มีค่าต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่หลังการเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 ชั่วโมง แต่มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่หลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 96 ชั่วโมง แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อีกทั้งยังพบว่ามุมมองศากการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 1 หลังเหนียวหน้า DOMS ทันทันที, ภายหลังจากการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และหลังเหนียวหน้า DOMS ที่ 96 ชั่วโมง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรายงานการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าหากมีการใช้ความยาวคลื่นที่เหมาะสม ช่วยให้รังสีเลเซอร์สามารถทะลุผ่านเข้าสู่เนื้อเยื่อได้ดีขึ้น และหากมีเวลาการฉายรังสีที่เพียงพอก็มีส่วนทำให้เกิดผลประโยชน์ของ LEDT สำหรับ DOMS ได้ดียิ่งขึ้น [33] อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาในปัจจุบันมีการใช้ความยาวคลื่น 808 nm. และใช้เวลาในการฉายรังสี 1 นาทีต่อจุด จึงอาจข้อจำกัดของผลการลดอาการปวดและการเพิ่มการฟื้นฟูของมุมมองศากการเคลื่อนไหวของข้อเท้า Santamato A, et al. (2009) รายงานผลการรักษาด้วยเลเซอร์ความเข้มสูงต่อการช่วยลดการอักเสบและอาการเจ็บปวด บ่งชี้ว่าหากมีการใช้รูปคลื่นเฉพาะที่มีจุดสูงสุดปกติของค่าแอมพลิจูดและระยะทาง (ในเวลา) ที่เพิ่มขึ้นระหว่างกัน จะสามารถลดปรากฏการณ์การสะสมความร้อน และสามารถกระตุ้นผลกระทบจาก photochemical และ photothermic ของเนื้อเยื่อชั้นลึกได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยเพิ่มการไหลเวียนของเลือดในหลอดเลือด การซึมผ่านและการเผาผลาญของเซลล์ อีกทั้ง HILT มีฤทธิ์ระงับปวดที่ปลายประสาท แต่ไม่มีหลักฐานว่าการอักเสบนั้นมีค่าลดลง อย่างไรก็ตามการรักษาด้วย HILT แสดงให้เห็นว่ามี

ผลต่อการลดความเจ็บปวดและมีการปรับปรุงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อของไหล่ที่ได้รับผลกระทบมากกว่าการรักษาด้วย US [38] อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในปัจจุบันพบว่าระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction) มีค่าเพิ่มขึ้นภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 1 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ทันที, ภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 96 ชั่วโมง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นี่อาจมาจากเหตุผลเดียวกันที่มีการใช้ความยาวคลื่น 808 nm. และใช้เวลาในการฉายรังสี 1 นาทีต่อจุด จึงส่งผลให้ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ Chang WD, et al (2019) ศึกษาผลของการกระตุ้นเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มต่อการปรับปรุงการฟื้นตัวและประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อในภาวะ DOMS ก่อนออกกำลังกาย ได้รายงานผลการเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงแขนว่าการรักษาด้วยวิธีกระตุ้นเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มมีผลต้านการบวมน้ำของกล้ามเนื้อได้ แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของเส้นรอบวงแขนเป็นเพียงการค้นพบหนึ่งที่สนับสนุนว่าการกระตุ้นด้วยเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มก่อนการเหนี่ยวนำ DOMS สามารถลดอาการบวมน้ำในกล้ามเนื้อที่บาดเจ็บได้ แต่กลไกทางสรีรวิทยาของการกระตุ้นด้วยเลเซอร์ที่จุดฝังเข็มยังไม่แน่ชัดที่จะยืนยันการค้นพบนี้ [7] ในการศึกษาปัจจุบันพบว่าขนาดเส้นรอบวงของน่อง (Calf circumference) มีค่าลดลงภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 1 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ทันที, ภายหลังการรักษาด้วยเลเซอร์กำลังสูง ครั้งที่ 2 หลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 48 ชั่วโมง และหลังเหนี่ยวนำ DOMS ที่ 96 ชั่วโมง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นี่ก็อาจจะเป็นเหตุผลเดียวกับข้างต้นที่กล่าวมา

สรุปผลการศึกษาผลของกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับการรับรู้ความรู้สึกเจ็บปวด (Visual analogue scale) ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold) และมุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle range of motion) ภายหลังจากการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี ในระยะเวลา 5 วัน พบว่าเมื่อเปรียบเทียบภายในกลุ่มของทั้งกลุ่มที่ได้รับและไม่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง พบว่าระดับความเจ็บปวดลดลง, ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกดทั้ง 2 ตำแหน่งเพิ่มขึ้น ระดับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง ขนาดเส้นรอบวงของน่องลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มยกเว้นมุมมองการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมนั้น มีเพียงระดับขีดกัน

ความเจ็บปวดจากการกดบริเวณส่วนบนทางด้านในของกล้ามเนื้อ ค่าเดียวเท่านั้นที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาผลของการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อไปในระยะเวลาที่เพิ่มมากขึ้น และมีการตั้งค่าparameter ที่เหมาะสมต่อภาวะ DOMS

### ข้อจำกัดของการศึกษา

1. การศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากมีระยะเวลาอย่างจำกัดจึงไม่เพียงพอต่อการหาอาสาสมัครมาเข้าร่วมงานวิจัยได้ครบตามจำนวนที่ตั้งไว้ และส่งผลให้มีจำนวนการรักษาอาสาสมัครต่อคนมีจำนวนไม่เพียงพอต่อการรักษาอาการ DOMS
2. การศึกษาในครั้งนี้ไม่มีกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง เพื่อดูผลทางจิตใจของอาสาสมัคร
3. วิธีการวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่ออาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อไม่ละเอียดเพียงพอ และอาจส่งผลต่อผลลัพธ์ทำให้เกิดค่าแปรปรวน และไม่เที่ยงตรง
4. เนื่องจากการศึกษางานวิจัยไม่เพียงพอเกี่ยวกับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง สำหรับ DOMS ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงไม่สามารถระบุค่าพารามิเตอร์ที่เพียงพอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งาน HILT จึงควรมีการวิจัยเพิ่มเติมที่เปรียบเทียบผลกระทบของความยาวคลื่นหลายช่วงของ HLIT ต่อ DOMS หลังการออกกำลังกาย และกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของการรักษา
5. เนื่องจากการดำเนินชีวิตประจำวันอาจจะส่งผลให้เกิดอาการ DOMS เพิ่มขึ้นอย่างไม่ตั้งใจ เช่น ขณะเดินขึ้นทางลาดชัน จึงยากต่อการควบคุมอาสาสมัคร

### การนำความรู้ในการนำไปประยุกต์ใช้

จากการศึกษาในปัจจุบันเกี่ยวกับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย (DOMS) อาจนำไปสู่ทางเลือกวิธีการรักษาใหม่ ๆ ทั้งในทางด้ายกายภาพบำบัด หรือในนักกีฬาที่มีภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายที่ต้องการกลับไปฝึกซ้อม และแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ การรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดความเจ็บปวด ฟันฟูการทำงานของกล้ามเนื้อ เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และส่งเสริมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

## เอกสารอ้างอิง

1. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 1984; 16(6): 529–38.
2. พรพิมล เหมือนใจ, จันทร์ทิพย์ นามสว่าง. การเปรียบเทียบผลของการศึกษาด้วยการยืดกล้ามเนื้อและการแช่น้ำเย็นต่อการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเย็บเข้าหลังการฝึกการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย. **วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด** 2558; 2: 160–1.
3. Hyldahl RD, Keadle J, Rouzier PA, Pearl D, Clarkson PM. Effects of ibuprofen topical gel on muscle soreness. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. 2010; 42(3): 614–21.
4. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. **Journal of Strength and Conditioning Research**. 2003; 17(1): 197–208.
5. Ahmed h, taleb e, ameen f. High intensity laser therapy on pain in patients with myofascial trigger point. **Egyptian Journal of Physical Therapy**. 2020; 3: 1–8.
6. Angelova A, Ilieva EM. Effectiveness of high intensity laser therapy for reduction of pain in knee osteoarthritis. **Pain Res Manag**. 2016; 2016: 9163618.
7. Chang WD, Wu JH, Chang NJ, Lee CL, Chen S. Effects of laser acupuncture on delayed onset muscle soreness of the biceps brachii muscle: a Randomized Controlled Trial. **Evid**
8. มหาวิทยาลัยมหิดล ศูนย์กายภาพบำบัด คณะกายภาพบำบัด. **DOMS ใครๆ ก็เป็นได้** [ออนไลน์] 2562 [อ้างเมื่อ 7 มกราคม 2566]. จาก: <https://pt.mahidol.ac.th/knowledge/?p=1137>
9. Sareen A. Gastrocnemius. **Physiopedia** [serial online] [cited 2023 January 8]. Available from: <https://www.physio-pedia.com/Gastrocnemius>
10. หมอกิต ทีมวิชาการการกีฬาประจำเว็บไซต์ Runnercart. **ทำความรู้จักกับ DOMS: อาการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกาย ชนิดไม่เจ็บพลงัน** [ออนไลน์] 2560 [อ้างเมื่อ 9 มกราคม 2566]. จาก: <https://www.runnercart.com/blog/67-doms-delayed-onset-muscle-soreness>

11. Hampton L. Exercise induced muscle damage. **Physiopedia** [serial online] [cited 2023 January 9]. Available from: [https://www.physio-pedia.com/Exercise\\_Induced\\_Muscle\\_Damage](https://www.physio-pedia.com/Exercise_Induced_Muscle_Damage)
12. Lall PS, Alsubiheen AM, Aldaihan MM, Lee H. Differences in medial and lateral gastrocnemius stiffness after exercise-induced muscle fatigue. **Int. J. Environ. Res. Public Health**. 2022; 19: 13891.
13. โรงพยาบาลขอนแก่น ราม. เครื่องเลเซอร์กำลังสูง เทคโนโลยีเลเซอร์เพื่อการรักษาปวด บวม อักเสบ [ออนไลน์] 2560 [อ้างเมื่อ 2 มกราคม 2566]. จาก <https://www.khonkaenram.com/th/services/health-information/health-articles/surg-ortho/high-power-laser-therapy-hpl>
14. Unique care station. อาการปวดอักเสบเฉียบพลัน หายได้ด้วย High laser power therapy. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 2 มกราคม 2566]. จาก: <https://uniquecarestation.com/high-power-laser-therapy/>
15. สิริรารัก คลินิกกายภาพบำบัด. เลเซอร์กายภาพบำบัด ช่วยอะไรได้บ้าง. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 2 มกราคม 2566]. จาก: <https://www.sarirarak.com/single-post/high-power-laser-therapy>
16. Chalk C. Pain relief and healing with laser therapy [serial online]. 2018 [cited 2023 January 9]. Available from: <https://www.spineuniverse.com/treatments/physical-therapy/pain-relief-healing-laser-therapy>
17. โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย. เครื่องเลเซอร์กำลังสูง เจ็บปวดเฉียบพลัน อาการดีขึ้นได้ในทันที [ออนไลน์] 2562 [อ้างเมื่อ 5 มกราคม 2566]. จาก: <https://chulalongkornhospital.go.th/kcmh>
18. Rehab Care Clinic. มหัตศจรรย์แห่ง High Power Laser. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 5 มกราคม 2566]. จาก: <https://www.rehabcareclinic.com/มหัตศจรรย์แห่ง-high-power-laser>
19. Be Pain Free. High intensity laser therapy for the relief of chronic pain. [serial online] [cited 2023 January 5]. Available from: <https://bepainfree.com.au/high-intensity-laser-therapy-for-the-relief-of-chronic-pain/>
20. Cameron MH. **Physical agents in rehabilitation**. Philadelphia: WB Saunders: 1999.

21. Kitchen S. and Bazin S. **Electrotherapy evidence-based practice**. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002.
22. Kitchen S. and Bazin S. **Electrotherapy evidence-based practice**. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2002.
23. Low J. and Reed A. **Physical principles explained**. London: Butterworth Heinemann; 1994.
24. Trigger Point Therapist. **Gastrocnemius trigger points: The calf cramp trigger points**. [serial online] [cited 2023 January 6]. Available from: <https://www.triggerpointtherapist.com/blog/gastrocnemius-pain/gastrocnemius-trigger-points-calf-cramp/>
25. ศรีสา เรื่องฤทธิ์ชาญกุล, อรพิชญา ไกรฤทธิ์. การประเมินความเจ็บปวดเรื้อรังในผู้สูงอายุ. **Ramathibodi Medical Journal**. 2561; 41(3): 95-7.
26. สุภาพ สมะนุบ. เปรียบเทียบคุณสมบัติของมาตรวัดความปวดในผู้ป่วยหลังผ่าตัด ผู้ใหญ่ ผู้สูงอายุที่ไม่มีและเริ่มมีอาการของความเสื่อมทางการคิดและการตัดสินใจ. 2551.
27. Bohannon R. Test-retest reliability of hand held dynamometry during a single session of strength. **Physical Therapy**. 1986; 66: 206-9.
28. กนกทิพย์ สว่างใจธรรม, สมเวียง ตันเสถียร. การเปรียบเทียบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข้าที่มุมงอเข้า 15 องศา ระหว่างหญิงไทยอ้วนและไม่อ้วน. 2540.
29. Brockett CL, Chapman GJ. Biomechanics of the ankle. **Orthop Trauma**. 2016; 30(3): 232-8.
30. จุฑามาต พันธุ์ดี, ชนินทร เกลี้ยงดา, ต๋องพร วรรณะรูป. พิสัยการเคลื่อนไหวของข้อในผู้บาดเจ็บรายงค์: การประเมินและการพยาบาล. **วารสารสภาการพยาบาล**. 2565; 1.
31. วีระศักดิ์ ต๊ะปัญญา, นพรัตน์ สังฆฤทธิ์, สายสุนีย์ คนสนิท. ผลเฉียบพลันของอุปกรณ์นวดกดจุดกล้ามเนื้อคอและไหล่ที่พัฒนาจากลูกเทนนิส. **ศรีนครินทร์เวชสาร**. 2560; 2.
32. Tuvayanon. **วิธีวัดขนาดของร่างกาย**. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 7 มกราคม 2566]. จาก: <http://www.tuvayanon.net/j-TUVA-2-Academic>
33. Chang WD, Lin HY, Chang NJ, Wu JH. Effects of 830 nm light-emitting diode therapy on delayed onset muscle soreness. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. 2021; 2021: 6690572.

34. Verma S, Esht V, Chahal A, Kapoor G, Sharma S, Alghadir AH, et al. Effectiveness of high power laser therapy on pain and isokinetic peak torque in athletes with proximal hamstring tendinopathy: a Randomized Trial. **Biomed Res Int.** 2022; 2022: 4133883.
35. Ahmad MA, A. Hamid MS, Yusof A. Effects of low-level and high-intensity laser therapy as adjunctive to rehabilitation exercise on pain, stiffness and function in knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. **Physiotherapy.** 2022; 114: 85–95.
36. Alayat MSM, Aly THA, Elsayed AEM, Fadil ASM. Efficacy of pulsed Nd: YAG laser in the treatment of patients with knee osteoarthritis: a Randomized Controlled Trial. **Lasers in Medical Science.** 2017; 32(3): 503–11.
37. Kheshie AR, Alayat MSM, Ali MME. High-intensity versus low-level laser therapy in the treatment of patients with knee osteoarthritis: a Randomized Controlled Trial. **Lasers in Medical Science.** 2014; 29(4): 1371–6
38. Santamato A, Solfrizzi V, Panza F, Tondi G, Frisardi V, Leggin BG, et al. Short-term effects of high-Intensity laser therapy versus ultrasound therapy in the treatment of people with Subacromial Impingement Syndrome: a Randomized Clinical Trial. **Physical Therapy.** 2009; 89(7): 643–52.
39. พรพิมล เหมือนใจ, จันทร์ทิพย์ นามสว่าง. การเปรียบเทียบผลของการรักษาด้วยการยืดกล้ามเนื้อและการแช่น้ำเย็น ต่อการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข้าหลังการฝึกการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย. 2558: 8.
40. ปรัชญากรณ์ อารยสมโพธิ. ผลของการรักษาด้วยความร้อนร่วมกับความเย็นบำบัด และการออกกำลังกายที่มีต่อการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย และความสามารถในการทำงานในบุคคลทั่วไป. 2563: 25–6.
41. ศติกานต์ สีหะวงษ์, กชพร ศุภาวาสวัสดิ์, วิสสุตา ชาญณรงค์. การศึกษาเปรียบเทียบผลของ Pressure Biofeedback ต่อ Craniovertebral angle, neck disability index และ visual analog scale ในนิสิตมหาวิทยาลัยพะเยาที่มีภาวะศีรษะยื่นไปข้างหน้า. 2565: 37–8.
42. ศิรินทิพย์ คำฟู สาขาวิชากายภาพบำบัด. (2554). การออกกำลังกายเพื่อความยืดหยุ่น. เอกสารปฏิบัติการรายวิชา 381220 การบำบัดด้วยการออกกำลังกาย 1, พะเยา: มหาวิทยาลัยพะเยา.

43. Lawley M. **Calf stretching**. [serial online] [cited 2023 January 7]. Available from:  
<https://www.mountlawleyphysioandpod.com.au/calf-stretching/>
44. Meamarbashi A. Herbs and natural supplements in the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness. **Avicenna J Phytomed**. 2017;7(1):16–26.
45. อัศรพล ดวงกุลสา, เพียรชัย คำวงษ์, อาทิตย์ พวงมะลิ. ผลของการรักษาด้วยไอน้ำเย็นจากเครื่อง Cryo 6 ต่ออาการปวดกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกาย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา**. 2560;17
46. พัชรภรณ์ สิ้นบุญ. ผลของวิตามินซีต่ออาการปวดกล้ามเนื้อที่เกิดขึ้นหลังการออกกำลังกาย. 2553





ภาคผนวก



Coed :

## แบบบันทึกข้อมูล

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน แล้วตรวจสอบข้อมูลให้  
ครบถ้วนสมบูรณ์และตามความเป็นจริง

วันที่กรอกข้อมูล.....

## ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. รหัสผู้เข้าร่วมกิจกรรม ( ID Number) .....
2. อายุ.....ปี
3. น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร  
BMI ..... กิโลเมตร/เมตร<sup>2</sup>
4. ท่านมีโรคประจำตัวหรือมีภาวะเสี่ยงต่อสุขภาพหรือไม่  
 ไม่มี  
 มี โปรดระบุโรค.....

หากมีโรคประจำตัวที่ระบุไว้ข้างต้น ให้ระบุดังต่อไปนี้

- เข้ารับการรักษาอย่างต่อเนื่อง
  - ไม่ได้เข้ารับการรักษาอย่างต่อเนื่อง
5. การแพ้ยา  
 ไม่แพ้  
 แพ้ โปรดระบุชื่อยา.....
  6. การแพ้สารอาหารต่างๆ  
 ไม่แพ้  
 แพ้ โปรดระบุชื่อ.....

## 7. พฤติกรรมสุขภาพ

## 6.1 การสูบบุหรี่

 ไม่สูบ สูบ

## 7.2 การดื่มสุรา

 ไม่ดื่ม ดื่ม

## 8. การออกกำลังกาย

 ไม่ออกกำลังกาย ออกกำลังกาย ไปรระเบียบ น้อยกว่า 3 สัปดาห์ต่อวัน มากกว่า 3 สัปดาห์ต่อวัน

## 9. ออกกำลังกายแบบใช้แรงต้าน (Resistance exercise) มาก่อนการทำแบบสอบถาม

 ไม่มี มี

## 10. ในปัจจุบันมีอาการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อหรือไหม้ ( หากมีให้ระบุสาเหตุ ชาติที่ได้รับการบาดเจ็บ ระยะเวลาการบาดเจ็บ )

 ไม่มี มี

## 11. ในปัจจุบันมีอาการบาดเจ็บของข้อเท้าหรือไหม้ ( หากมีให้ระบุสาเหตุ ชาติที่ได้รับการบาดเจ็บ ระยะเวลาการบาดเจ็บ )

 ไม่มี มี

12. ท่านเคยประสบอุบัติเหตุหรือไม่ หากมีให้ระบุบริเวณที่ได้รับบาดเจ็บ ระยะเวลาที่ )

( ได้รับการบาดเจ็บ

ไม่มี

มี โปรดระบุ.....

13. ท่านเคยได้รับการผ่าตัดใส่อุปกรณ์หรือไม่ ( หากมีให้ระบุบริเวณที่ได้รับการผ่าตัด

ระยะเวลาที่ได้รับการผ่าตัด )

ไม่มี

มี โปรดระบุ.....








ภาคผนวก ข  
ข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย



	<b>ข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมใน โครงการวิจัย</b> <b>(Information Sheet for Research Participant)</b>
---	--

**ชื่อโครงการวิจัย**

ผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี

**ผู้สนับสนุนการวิจัย**

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

**ผู้ทำวิจัย**

ชื่อ นางสาวกัญจนพร ยอดคำ

ที่อยู่ 115 หมู่ 8 ต.ยางซ้าย อ.โพธิ์ทอง จ.อ่างทอง 14120

เบอร์โทรศัพท์ 0613819660

**ผู้ทำวิจัย**

ชื่อ นางสาวกาญจนา ศรีสมบัติเจริญ

ที่อยู่ 44 ถ.พหลโยธิน ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

เบอร์โทรศัพท์ 0947134721

**ผู้ทำวิจัย**

ชื่อ นางสาวนารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา

ที่อยู่ 108 หมู่ 6 บ้านทุ่งกู่ต้าย ต.ปงแสนทอง อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

เบอร์โทรศัพท์ 0821813482

**อาจารย์ที่ปรึกษาภาคนิพนธ์**

ชื่อ อ.ดร.ภก.สินธุ์พร มหารัญญ์

ที่อยู่ 19 หมู่ 2 ถ.พหลโยธิน ต.แม่กา อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา 56000

เบอร์โทรศัพท์ 054466697

## เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี ถ้าท่านเข้าร่วมโครงการนี้ ท่านจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ในรูปแบบ eccentric exercise เพื่อกระตุ้นให้เกิดการล้าในขาข้างที่ถนัดและจะได้รับการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงหลังการออกกำลังกาย จำนวน 2 ครั้ง ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของแพทย์ผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมทำวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่า จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

## เหตุผลความเป็นมา

Delayed onset muscle soreness หรือ DOMS คือภาวะปวดเมื่อยของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย มักเกิดจากการออกกำลังกายครั้งแรกร้อย่างหนัก การเล่นกีฬาในท่าทางที่ไม่ถูกต้องจนเกิดการบาดเจ็บที่มัดกล้ามเนื้อ หรืออาการปวดที่เกิดจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคย โดยเฉพาะในผู้ที่เริ่มออกกำลังกายใหม่ ๆ และการทำกิจกรรมที่กล้ามเนื้อทำงานแบบ eccentric contraction เช่น การเดินขึ้น-ลงเขา การฝึกพลัยโอเมตริก เพื่อเพิ่มกำลังกล้ามเนื้อ (muscle power) โดยอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ มีระดับสูงสุดในช่วง 24-48 ชั่วโมงแรก หลังจากการหยุดออกกำลังกาย และจะลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งหายไปภายใน 5-7 วัน การบาดเจ็บของกล้ามเนื้อส่งผลให้มีการลดระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ปวดเมื่อยล้า องค์การเคลื่อนไหวลดลง ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง จากที่กล่าวมาข้างต้น ภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อจะนำมาซึ่งความบกพร่องของศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้ไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันได้เหมือนเดิม รวมไปถึงการลดลงของช่วงการออกกำลังกายในครั้งต่อไป ยิ่งหากเป็นในนักกีฬาความพร้อมในการแข่งขันและช่วงเวลาการฝึกซ้อมจะลดลงไปด้วยเช่นกัน ซึ่งในปัจจุบันการรักษาอาการ DOMS มีหลากหลายวิธี เช่น การรักษาด้วยยา NSAIDs การรักษาทางกายภาพบำบัด เช่น การนวดบำบัด การยืดกล้ามเนื้อ การรักษาด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ การรักษาด้วยความเย็น การกระตุ้นด้วยไฟฟ้า เครื่องเลเซอร์ เป็นต้น

ปัจจุบันได้มีการนำเครื่องเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาใช้เพื่อเพิ่มศักยภาพการทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น ทั้งก่อน ระหว่างและหลังการออกกำลังกาย เครื่องเลเซอร์กำลังสูง (High Power Laser ; HPL) เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้รักษาด้วยแสงเลเซอร์ ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังและเนื้อเยื่อ สามารถเห็นผลทันทีหลังการรักษา ใช้เวลาในการรักษาต่อครั้งไม่นาน โดยจะให้ผลดีต่อการลดความเจ็บปวด บวม การอักเสบของกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ ผ่อนคลายกล้ามเนื้อ ดังนั้นทางกลุ่มวิจัยจึงนำการใช้เครื่องเลเซอร์กำลังสูงมาประยุกต์ใช้กับการบรรเทาอาการ DOMS และเพิ่มความสามารถในการฟื้นตัวของกล้ามเนื้อภายหลังจากการเกิดอาการ DOMS

แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องของ DOMS ยังคงมีจำกัด ทางกลุ่มวิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการใช้เครื่องเลเซอร์กำลังสูง เพื่อสามารถเพิ่มทางเลือกในการรักษาทางกายภาพบำบัดให้แก่ผู้มีภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย โดยเฉพาะในประชาชนทั่วไปที่เริ่มหันมาออกกำลังกายในระยะแรก ให้มีความต่อเนื่องในการออกกำลังกายในครั้งต่อไป และลดความจำกัดในการทำกิจวัตรประจำวัน เป็นหลักการดูแลตนเองเบื้องต้นในการออกกำลังกายอย่างปลอดภัย หรือทำการวิจัยต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของการรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูงต่อการเปลี่ยนแปลงของการวัดระดับความเจ็บปวด(VAS) ระดับขีดกั้นความเจ็บปวด(PTT) และช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) ภายหลังจากการออกกำลังกาย

### วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

การวิจัยนี้เกี่ยวกับผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการลดภาวะปวดเมื่อยกล้ามเนื้อภายหลังจากการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อน่องในอาสาสมัครชายที่มีอายุ 18-25 ปี หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอตรวจประเมินร่างกายโดยการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง วัดองศาข้อเท้า เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะเข้าร่วมในการวิจัย

เมื่อท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้าและให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้ทำวิจัยตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยนัดหมาย คือ ในวันจันทร์ถึงวันศุกร์ เวลา 16:30-18:00 น. และในวันเสาร์ถึงวันอาทิตย์ เวลา 9:00-11:00 น. ช่วงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม พ.ศ. 2566 เป็นจำนวน 3 ครั้ง เพื่อทำการทดสอบดังนี้

วันที่ 1 ก่อนให้โปรแกรมการออกกำลังกาย อาสาสมัครจะถูกประเมินสัญญาณชีพ ก่อนเริ่มการรักษาดังต่อไปนี้

1. วัดความดันโลหิตจากเครื่องวัดความดันโลหิต โดยที่อาสาสมัครจะต้องมีความดันโลหิตไม่เกิน 140/90 mmHg
  2. วัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือด จากเครื่อง Pulse oximeter โดยที่อาสาสมัครมีค่าอัตราการเต้นของหัวใจปกติอยู่ที่ 60–100 ครั้งต่อนาทีและค่าความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ 95%
  3. ระดับความเจ็บปวด (Visual analog scale: VAS)
  4. วัดค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ โดยวัดค่าความแข็งแรง (strength) ของกล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius)
  5. ค่าระดับขีดกันความเจ็บปวด (Pressure pain threshold: PPT)
  6. Range of motion ทำการวัดค่าองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า
  7. ระดับเส้นรอบวงของน่อง
  8. ให้การออกกำลังกายกล้ามเนื้อ gastrocnemius รูปแบบ eccentric exercise เพื่อกระตุ้นให้เกิดการล่าในขาข้างที่ถนัด
  9. วัดค่าพารามิเตอร์เช่นเดียวกับข้อที่ 3–7
  10. ให้การรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (HPLT)
  11. วัดค่าพารามิเตอร์เช่นเดียวกับข้อที่ 3–7
- โดยใช้ระยะเวลาในวันที่ 1 ทั้งสิ้น 1 ชั่วโมงต่อคน

วันที่ 3 ทำการวัดค่าพารามิเตอร์หลังออกกำลังกาย 48 ชั่วโมง เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 9 จากนั้นให้การรักษาด้วยเครื่องเลเซอร์กำลังสูง (HPLT) ให้แก่ผู้ทดสอบ และวัดค่าพารามิเตอร์ เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 9 และทำการประเมินอาการแสดงของ DOMS โดยใช้ระยะเวลาในวันที่ 3 ทั้งสิ้น 30 นาทีต่อคน

วันที่ 5 ทำการวัดค่าพารามิเตอร์หลังออกกำลังกาย 96 ชั่วโมง เช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 9 โดยใช้ระยะเวลาในวันที่ 5 ทั้งสิ้น 15 นาทีต่อคน

โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย คือ 1 สัปดาห์และมาพบผู้วิจัยหรือผู้ร่วมทำวิจัยทั้งสิ้น 3 ครั้ง

**ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใครขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ

เพื่อให้ได้ผลการรักษาที่ชัดเจน ท่านไม่ควรยาทาภายนอกหรือรับประทานยาที่มีผลลดและรักษาอาการปวดหลังจากการทดสอบระหว่างการเข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากยาดังกล่าวอาจมีผลต่อผลการรักษาที่ท่านได้รับจากผู้ทำวิจัย ดังนั้นขอให้ท่านแจ้งผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับยาที่ท่านได้รับในระหว่างที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย

### **ความเสี่ยงที่อาจได้รับ**

ความเสี่ยงจากการได้รับการทดสอบเมื่อเข้าร่วมวิจัยอาจทำให้เกิดอาการไม่พึงประสงค์ได้ทั้งสิ้นไม่มากก็น้อย ผู้ทำการวิจัยขอชี้แจงถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่อาจสัมพันธ์กับการศึกษาทั้งหมดดังนี้

ท่านมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บปวดและเมื่อยล้ากล้ามเนื้อ อารมณ์ซึมเศร้า อารมณ์บวมบริเวณกล้ามเนื้อในช่วงระยะเวลา 1 สัปดาห์ หลังจากการทดสอบในระหว่างการเข้าร่วมวิจัย

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย จากการใช้เลเซอร์ในการรักษา ระหว่างการเข้าร่วมวิจัย หรืออาการนอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไปหรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

### **การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง (ถ้ามี)**

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที ถึงแม้ว่าจะอยู่นอกตารางการนัดหมาย เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

### ประโยชน์ที่อาจได้รับ

ท่านจะไม่ได้รับประโยชน์ใดๆ จากการเข้าร่วมในการวิจัยครั้งนี้ แต่ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อสาธารณชนได้ทราบถึงผลการรักษาของเลเซอร์ และสามารถนำไปประกอบการตัดสินใจในการเลือกรับการรักษาต่างๆ อีกทั้งสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดให้ได้รับการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในอนาคต การเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้อาจจะทำให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น หรืออาจจะลดความรุนแรงของอาการได้ แต่ไม่ได้รับรองว่าสุขภาพของท่านจะต้องดีขึ้นหรือความรุนแรงของอาการจะลดลงอย่างแน่นอน

### ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย (ถ้ามี)

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลการบาดเจ็บเกี่ยวกับเส้นประสาท กล้ามเนื้อ และข้อต่อของท่าน ทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งข้อมูลการออกกำลังกายก่อนการเริ่มทำการทดสอบแก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านงดการรับประทานคาเฟอีนก่อนทำการทดสอบ 48 ชั่วโมง
- ขอให้ท่านงดการใช้ยา รวมถึงการรักษาอื่น ๆ ขณะเข้าร่วมการทำวิจัย เช่น การรักษาด้วยการรับประทานยาบรรเทาอาการปวด ยาต้านการอักเสบ ยาคลายกล้ามเนื้อ ยาสแตียรอยด์ การทายาบรรเทาอาการปวด การประคบร้อน การประคบเย็น การประคบสมุนไพร การแปะแผ่นบรรเทาอาการปวด การนวด หรือการรักษาอย่างอื่นที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาเพื่อลดอาการปวดจากการทำการทดสอบ
- ขอให้ท่านงดการออกกำลังกายหลังได้รับการทดสอบตลอดจนสิ้นสุดการเข้าร่วมวิจัย
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านแจ้งข้อมูลผลของอาการหลังจากได้รับการทดสอบด้วยความสัตย์จริง เพื่อเป็นการติดตามผลการวิจัย

### **อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของ ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย (ถ้ามี)**

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที และท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมนักวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ

- 1.นางสาวกัญจนพร ยอดคำ ติดต่อ 0613819660
- 2.นางสาวกาญจนา ศรีสมบัติเจริญ ติดต่อ 0947134721
- 3.นางสาวนารีลักษณ์ ฤกษ์สุภา ติดต่อ 0821813482 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

### **ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี)**

ท่านจะได้รับได้รับอาหารว่าง 1 ครั้ง ในครั้งแรกที่มาเข้าร่วมวิจัยเป็นค่าตอบแทนการเดินทางและเสียเวลา หรือความไม่สะดวก ไม่สบาย และท่านจะได้รับค่าตอบแทนในวันสุดท้ายที่เข้าร่วมวิจัย จำนวน 150 บาท

### **การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย**

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านมีประวัติเป็นมะเร็งและมีไข้
- ท่านใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ Pacemaker
- ท่านมีการบาดเจ็บและเลือดออกหรือบาดแผลเปิดบริเวณที่ทำการรักษา
- ท่านรับประทานยาต้านการอักเสบ ยาแก้ปวด ยาคลายกล้ามเนื้อ หรือ ยาสแตติน 24 ชั่วโมงก่อนเริ่มการ 48ทดสอบ
- ท่านที่มีสัญญาณการรับความรู้สึก หรือมีความบกพร่องทางการสื่อสาร
- ท่านที่มีภาวะโรคหัวใจรุนแรง หรือ ผู้ป่วยโรคเบาหวาน
- ท่านที่มีการดื่มคาเฟอีนก่อนมาทำการทดสอบ 48 ชั่วโมง

- ท่านที่ไม่สบายในวันที่ทำการทดสอบ เช่น เวียนศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน เป็นต้น
- ท่านที่ติดภารกิจส่วนบุคคลเป็นเหตุให้ไม่สามารถมาเข้าร่วมการทดลองตามนัดได้ใน 3 2 วัน
- ท่านที่มีความประสงค์อยากยุติการทดสอบ

### **การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร**

ข้อมูลนี้อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

### **สิทธิของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางกลุ่มผู้ทำวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะได้รับการเปิดเผยถึงทางเลือกในการรักษาด้วยวิธีอื่น ยา หรืออุปกรณ์ซึ่งมีผลดีต่อท่านรวมทั้งประโยชน์และความเสี่ยงที่ท่านอาจได้รับ
6. ท่านจะได้รับทราบแนวทางในการรักษา ในกรณีที่พบโรคแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย
7. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
8. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
9. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
10. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง


หากท่านไม่ได้รับการชดเชยอันควรต่อการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการวิจัย หรือท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ปรากฏในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยพะเยา หมายเลขโทรศัพท์ 054466666 โทรสาร 054466714 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้



ภาคผนวก ค  
แบบบันทึกยินยอมเข้าร่วมการทดสอบของอาสาสมัคร



 <p style="text-align: center;">University of Phayao Human Ethics Committee</p>	<p style="text-align: center;"><b>หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย สำหรับอาสาสมัครอายุมากกว่า 18 ปีขึ้นไป (Informed Consent Form)</b></p>
--	--

การวิจัยเรื่อง

การศึกษาผลของเลเซอร์กำลังสูงต่อการบรรเทาอาการปวดกล้ามเนื้อน่องภายหลังจากออกกำลังกายในอาสาสมัครชายที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี

วันที่คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว.....

ที่อยู่.....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่.....

และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนาม และ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้ง ประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (และระบุด้วยว่าจะได้รับการชดเชยจากผู้สนับสนุนการวิจัยหรือไม่.....)

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอาจได้รับอนุญาตให้เข้า

มาตรวจและประมวลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในรูปแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านเภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม  
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง  
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า  ยินยอม  
 ไม่ยินยอม

ให้เก็บตัวอย่างชีวภาพที่เหลือไว้เพื่อการวิจัยในอนาคต

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม  
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง  
วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย  
 (.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง  
 วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน  
 (.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง  
 วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าไม่สามารถอ่านหนังสือได้ แต่ผู้วิจัยได้อ่านข้อความในแบบคำยินยอมนี้ให้แก่ข้าพเจ้า  
 ฟังจนเข้าใจดี ข้าพเจ้าจึงประทับตราลายนิ้วมือขวาของข้าพเจ้าในแบบคำยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

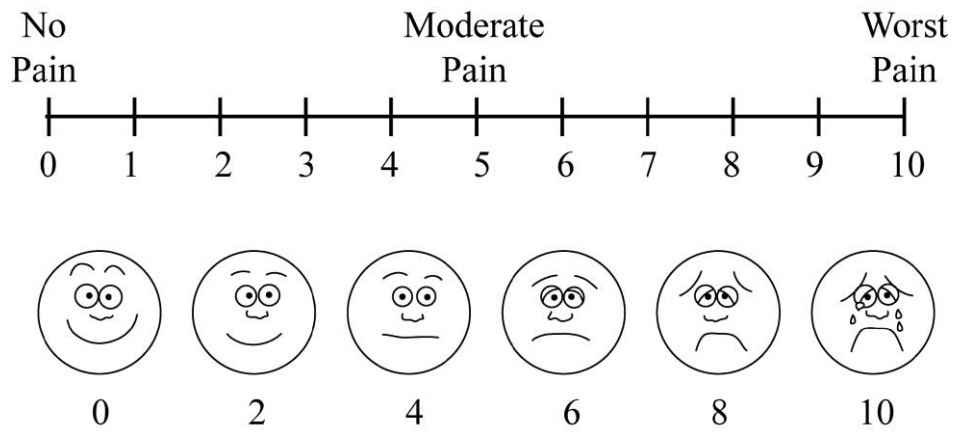
ลายมือชื่อผู้อธิบาย.....  
 (.....)

พยาน.....(ไม่ใช่ผู้อธิบาย)  
 (.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ประทับลายนิ้วมือขวา





มาตราวัดความเจ็บปวดด้วยสายตา

ที่มา : Yale University (2023)

1-3 = mild pain

4-6 = moderate pain

7-10 = severe pain



ภาคผนวก จ  
การประเมินแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง  
(Maximal isometric contraction)



## การประเมินแรงหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดแบบเกร็งค้าง (Maximal isometric contraction)

### วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius and Tibialis anterior

### เครื่องมือ

Hand held Dynamometer

### วิธีการประเมิน Hand held Dynamometer (Crompton et al.,2007)

1. ให้อาสาสมัครอยู่ในท่านอนหงาย เข่าเหยียดตรง ข้อเท้าอยู่ในท่าทางปกติ (neutral position)
2. การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ tibialis anterior โดยผู้วัดวางเครื่องมือที่ด้านหลังเท้า บริเวณ (metatarsal bone )
3. ออกคำสั่งให้อาสาสมัครกระดกปลายเท้าขึ้นมากที่สุดเท่าที่ทำได้ต้านกับเครื่องมือเกร็งค้างไว้ 5 วินาที แต่ละครั้ง ทำการทดสอบ 3 รอบและพักระหว่างรอบ 30 วินาที
4. การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ gastrocnemius โดยผู้วัดวางเครื่องมือที่อุ้งเท้าบริเวณ (metatarsal bone )
5. ออกคำสั่งให้อาสาสมัครเหยียดปลายเท้าลงมามากที่สุดเท่าที่ทำได้ต้านกับเครื่องมือเกร็งค้างไว้ 5 วินาที แต่ละครั้ง ทำการทดสอบ 3 รอบและพักระหว่างรอบ 30 วินาที
6. บันทึกค่าบันทึกค่าน้ำหนักที่มากที่สุด



ภาคผนวก จ  
ประเมินมุมมองศากการเคลื่อนไหวของข้อเท้า  
(Range of motion )



## ประเมินมุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Range of motion)

### วัตถุประสงค์

เพื่อการตรวจประเมินช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเท้า

### เครื่องมือ

ยูนิเวอร์ซัล โกนิโอมิเตอร์ (universal goniometer)

### การตรวจ ankle dorsiflexion และ plantar flexion

#### วิธีการประเมิน

**ท่าตั้งต้น (starting position):** ให้ผู้ถูกทดสอบนอนหงายราบบนเตียง ใช้หมอนรองไว้ที่บริเวณใต้เข่าและ ขาที่อ่อนล้าของผู้ถูกทดสอบ ให้ข้อเท้าที่จะทดสอบยื่นออกจากปลายเตียงมาเล็กน้อย หรือจะใช้ท่าเริ่มต้นใน ท่านั่งห้อยขาก็ได้ วิธีการวางตำแหน่งของ goniometer และการวัดมี 2 แบบดังต่อไปนี้

#### แบบที่ 1

- จุดหมุน (axis): กำหนดจุดหมุนให้อยู่ ณ จุดตัดระหว่างเส้นตรงที่ลากจากหัวกระดูกน่อง (head of fibula) มายังปุ่มกระดูกตาตุ่มด้านนอก (lateral malleolus) และ เส้นตรงที่ลากผ่านแนวกระดูกฝ่าเท้าชิ้นที่ 5 (5<sup>th</sup> metatarsal bone)
- แขนอยู่นิ่ง (stationary arm): วางขนานกับแนวเส้นสมมติที่ลากจากหัวกระดูก fibula มายัง lateral malleolus
- แขนเคลื่อนที่ (moveable arm): วางขนานกับแนวกระดูก 5<sup>th</sup> metatarsal

#### แบบที่ 2

- จุดหมุน (axis): กำหนดจุดหมุนให้อยู่ ณ ปุ่มกระดูกตาตุ่มด้านนอก (lateral malleolus)
- แขนอยู่นิ่ง (stationary arm): วางขนานกับแนวเส้นสมมติที่ลากจากหัวกระดูก fibula มายัง lateral malleolus
- แขนเคลื่อนที่ (moveable arm): แนวเส้นสมมติที่ตั้งฉาก (90 องศา) กับแนวของ stationary arm

**การทดสอบ:** จัดทำให้อข้อเท้าอยู่ในท่า neutral ซึ่งอยู่ในลักษณะตั้งฉาก (90 องศา) ออกคำสั่งให้ผู้ถูก ทดสอบกระดุกข้อเท้าขึ้น (ตรวจการเคลื่อนไหว dorsiflexion) หรือถีบปลายเท้าลง (ตรวจการเคลื่อนไหว plantar flexion) จากนั้นผู้ทดสอบอ่านค่ามุมการทดสอบที่ทดสอบได้

#### ค่าเฉลี่ยปกติ

- ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนไหว dorsiflexion เท่ากับ 20 องศา
- ค่าเฉลี่ยของการเคลื่อนไหว plantar flexion เท่ากับ 50 องศา



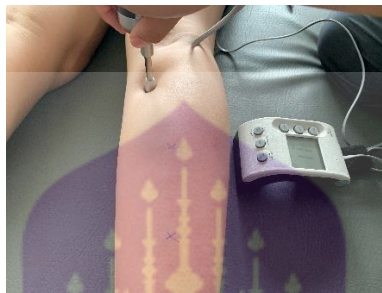
ภาคผนวก ช  
ระดับขีดกันความเจ็บปวดจากการกด  
(Pressure pain threshold: PPT)



## ประเมินระดับขีดกั้นความเจ็บปวดจากการกด (Pressure pain threshold: PPT)

### วิธีการ

ให้แรงกดลงไปตรงตำแหน่งของจุดกดเจ็บที่ไวต่อการตอบสนองมากที่สุด ของกล้ามเนื้อ  
น่อง โดยวัดจากจุดกึ่งกลางที่วัดระหว่าง popliteal line และ lateral malleolus





ภาคผนวก ซ  
ขนาดเส้นรอบวงของน่อง

## การวัดขนาดเส้นรอบวงของน่อง

สามารถวัดรอบบริเวณที่มีพยาธิสภาพหรือบริเวณที่มีอาการบวม วัดจาก popliteal line ลงมาถึงบริเวณส่วนที่ใหญ่ที่สุดของน่อง โดยขณะวัดให้อาสาสมัครกดสันเท้าลง ทิ้งน้ำหนักตัวลงบนเท้าทั้งสองข้างให้เท่ากัน เช่น ระดับเส้นรอบวงของน่อง ประเมินเส้นรอบวงของน่องโดยใช้สายวัด วัดจาก popliteal line ลงมา 8 เซนติเมตร

