# ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

นางสาว พรพิมล เหมือนใจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# EFFECTS OF CRYOTHERAPY AND PETRISSAGE MASSAGE ON FUNCTIONAL SIGNS OF DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS OF KNEE EXTENSORS FOLLOWING STIMULATED PLYOMETRIC EXERCISE IN THAI MALE

Miss Pornpimol Muanjai

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine

Faculty of Medicine

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

| | |
|---|---|
| Thesis Title | EFFECTS OF CRYOTHERAPY AND PETRISSAGE MASSAGE ON FUNCTIONAL SIGNS OF DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS OF KNEE EXTENSORS FOLLOWING STIMULATED PLYOMETRIC EXERCISE IN THAI MALE |
| By | Miss Pornpimol Muanjai |
| Field of Study | Sports Medicine |
| Thesis Advisor | Associate Professor Sompol Sanguanrungsirikul, M.D., M.Sc. |
| Thesis Co-Advisor | Associate Professor Wilai Anomasiri, Ph.D. |

---

Accepted by the Faculty of Medicine, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

…… Dean of the Faculty of Medicine
(Professor Adisorn Patradul, M.D.)

THESIS COMMITTEE

…….. Chairman
(Associate Professor Pongsak Yuktanadana, M.D.)

……..…… Thesis Advisor
(Associate Professor Sompol Sanguanrungsirikul, M.D., M.Sc.)

…….. Thesis Co-Advisor
(Associate Professor Wilai Anomasiri, Ph.D.)

…….. Examiner
(Attarit Srinkapaibulaya, M.D.)

…….. External Examiner
(Kasem Chaiklongkit, M.D., Ph.D.)

พรพิมล เหมือนใจ : ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย. (EFFECTS OF CRYOTHERAPY AND PETRISSAGE MASSAGE ON FUNCTIONAL SIGNS OF DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS OF KNEE EXTENSORS FOLLOWING STIMULATED PLYOMETRIC EXERCISE IN THAI MALE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : รศ.ดร.วิไล อโนมะศิริ, 110 หน้า.

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทยอายุระหว่าง 17-25 ปี จำนวน 45 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละเท่า ๆ กัน ได้แก่ กลุ่มแช่น้ำเย็นที่ 15°C กลุ่มนวด และกลุ่มควบคุม ซึ่งการรักษาใช้เวลา 20 นาที ภายใน 10-15 นาทีหลังการกระโดดดร็อบจัมพ์ drop jump 100 ครั้ง และผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกทดสอบหาปริมาณ serum creatine kinase การรับรู้ความเจ็บปวดเมื่อย วัดความยาวรอบวงของขา องศาการเคลื่อนไหว ความแข็งแรง (strength) ในขาข้างที่ไม่ถนัด และความสูงที่กระโดดได้ (vertical jump performance) ทั้งหมด 7 ครั้ง ได้แก่ ก่อนและหลังการออกกำลังกายและหลังรับการรักษาทันที และ 24, 48, 72, 96 ชั่วโมงหลังออกกำลังด้วยการกระโดด

ผลการศึกษาพบว่า การออกกำลังในครั้งนี้ทำให้เกิดการถูกทำลายของกล้ามเนื้อ จากการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของค่าตัวแปรต่าง ๆ หลังออกกำลังกาย 24-48 ชม. เมื่อเทียบกับค่า baseline นอกจากนั้นยังพบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม ของค่าการรับรู้ความเจ็บปวดเมื่อย ค่าความยาวรอบวงขาที่จุดกึ่งกลางของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในกลุ่มควบคุมมากกว่ากลุ่มแช่น้ำเย็น ค่าองศาการเคลื่อนไหวมากกว่าในกลุ่มแช่น้ำเย็นและกลุ่มนวด เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ค่าของการทดสอบความแข็งแรง MVC (maximal voluntary contraction) ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในกลุ่มนวดมากกว่ากลุ่มแช่น้ำเย็นและกลุ่มควบคุม หลังออกกำลังกาย ($p<0.05$) แต่พบว่าศักยภาพในการกระโดดมีค่าน้อยกว่าในกลุ่มแช่น้ำเย็น เมื่อเทียบกับอีกสองกลุ่ม หลังได้รับการรักษา อย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ดังนั้นจากผลของการศึกษาในครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงผลการนวด petrissage massage สามารถลดการรับรู้ความเจ็บปวดเมื่อย คงองศาการเคลื่อนไหว และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า หลังออกกำลังกาย ได้ดีกว่ากลุ่มที่แช่น้ำเย็น

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2553 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

## 5174796630 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORDS : DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS / PETRISSAGE MASSAGE / CRYOTHERAPY / PLYOMETRIC EXERCISE

PORNPIMOL MUANJAI: EFFECTS OF CRYOTHERAPY AND PETRISSAGE MASSAGE ON FUNCTIONAL SIGNS OF DELAYED ONSET OF MUSCLE SORENESS OF KNEE EXTENSORS FOLLOWING STIMULATED PLYOMETRIC EXERCISE IN THAI MALE. ADVISOR: ASSOC. PROF. SOMPOL SANGUANRUNGSIRIKUL, M.D., M.Sc. CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. WILAI ANOMASIRI, Ph.D., 110 pp.

This study focused on effects of cryotherapy and petrissage massage on functional signs of delayed onset of muscle soreness of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male aged 17-25 years old. Forty-five participants were equally randomized into 3 groups; cold-water immersion at 15°C (CWI), petrissage massage (MAS), and control (CON). Participants performed 100 drop jump exercise. Treatments were given within 10-15 min after the exercise for 20 min. Serum creatine kinase, soreness sensation, thigh circumference (TC), range of motion (ROM), strength test and vertical jump performance were measured 7 times; immediately before exercise, after exercise, after treatment, 24, 48, 72 and 96 h after exercise.

All markers of DOMS were significant change compared to baseline ($p<0.05$) after the exercise indicating the presence of muscle damage, especially at 24-48 h. The results showed that there were significant different between groups on soreness sensation, greater on TC at mid-belly in CON compared with CWI group, greater on ROM in CWI and MAS compared with CON groups, greater on MVC (maximal voluntary contraction) in MAS compared with CWI and CON after the exercise ($p<0.05$). A lower in CWI compared with MAS and CON groups on vertical jump after 20 min treatment ($p<0.05$) were observed. These data reveal that petrissage massage could reduce soreness sensation and maintained ROM, and MVC following the exercise, compared to cryotherapy.

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

Academic Year : 2010 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature.....

# ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to acknowledge the extensive support and assistance from my advisor, Associate Professor Sompol Sanguanrungsirikul, M.D., M.Sc. and my co-advisor, Associate Professor Wilai Anomasiri, Ph.D. for their valuable advice and guidance throughout this investigation. I would also like to thank Associate Professor Pongsak Yuktanadana, M.D., Attarit Srinkapaibulaya, M.D., Kasem Chaiklongkit, M.D., Ph.D. for their recommendations in this study.

I offer a sincere thank to Faculty of Sport Science, Burapha University and Chirapa Nakhanakhup, M.Sc. for their student participation, co-operation throughout this study and always being available to work with me, help me out, and keep me on track with whatever was needed. Also, Department of Physical Medicine and Rehabilitation Clinic in Samitivej Sriracha Hospital, whenever I needed support or their' s equipment for measurements, thank the Sports Authority of Thailand, Department of Sports Science for allowing me in using Swift Yardstick to analyze high of vertical jump in this study, and Huachiew Chalermprakiet University for allowing me in using Baselines Hydraulic Push-Pull Dynamometer to analyze quadriceps muscle strength in this study.

I am grateful to the financially supported by Ratchadapiseksompotch Fund., Faculty of Medicine, Chulalongkorn University.

I would also like to thank my family and all my friends in the program of Sports Medicine for their support, encouragement, and amazing abilities and talents that helped me and contributed to my success. Finally, I would especially like to thank my parents, for always being there to provide support and encouragement whenever I need it

# CONTENTS


PAGE

ABSTRACT (THAI)…….. iv

ABSTRACT (ENGLISH)…….. v

ACKNOWLEDGEMENTS……... vi

CONTENTS…….. vii

LIST OF TABLES……. x

LIST OF FIGURES…….. xii

LIST OF ABBREVATIONS……. xiv

CHAPTER

I. INTRODUCTION…….. 1

BACKGROUND AND RATIONALES……. 1

RESEARCH QUESTION…….. 3

OBJECTIVE……... 3

HYPOTHESIS……..…….. 4

CONCEPTUAL FRAMEWORK……..……. 4

SCOPE OF RESEARCH……..……... 4

ASSUMPTIONS……..... 5

LIMITATIONS…… 5

OPERATIONAL DEFINITIONS…….. 6

EXPECTED BENEFITS AND APPLICATIONS…….. 6

II. REVIEW LITERATURES…….. 8

ECCENTRIC CONTRACTIONS ……..…… 8

PLYOMETRIC EXERCISE……..……..…… 9

DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS (DOMS)……..…….. 10

FUNCTIONAL SIGNS AND SYMPTOMS OF DOMS……..…… 11

PREVENTION OF DOMS…….…….... 14

| CHAPTER | | PAGE |
|---|---|---|
| III. | RESEARCH METHODOLOGY…….. | 23 |
| | RESEARCH DESIGN…….. | 23 |
| | POPULATION ……..… | 23 |
| | SCREENING……..……..……..…… | 23 |
| | INCLUSION CRITERIA…… | 23 |
| | EXCLUSION CRITERIA…….. | 24 |
| | SAMPLE……..……..…..…… | 24 |
| | INSTRUMENTS……...…..…… | 26 |
| | OUTCOME MEASUREMENT……..…… | 27 |
| | TEST-RETEST RELIABILITY FOR MEASUREMENTS……..… | 34 |
| | EXERCISE- INDUCED MUSCLE DAMAGE PROTOCOL……..….. | 34 |
| | INTERVENTION PROGRAMS……..…… | 35 |
| | DATA ANALYSIS…….. | 37 |
| IV. | RESULTS……... | 39 |
| | CHARACTERISTICS OF PARTICIPANTS …… | 39 |
| | DOMS AFTER EXERCISE……..……..….. | 39 |
| | CREATINE KINASE ACTIVITY…… | 39 |
| | SORENESS SENSATION……..…..…..….. | 42 |
| | THIGH CIRCUMFERENCES (TC)……..…… | 44 |
| | RANGE OF MOTION (ROM)…… | 51 |
| | MAXIMAL VOLUNTARY CONTRACTION (MVC) OF KNEE EXTENSORS ISOMETRIC STRENGTH……..….. | 53 |
| | LEG ISOMETRIC STRENGTH…… | 54 |
| | VERTICAL JUMP PERFORMANCE…….. | 57 |
| | ACUTED TREATMENT EFFECT…… | 59 |
| | DELAYED TREATMENT EFFECT……..…… | 60 |
| | TREATMENT RECOVERY…….. | 61 |

CHAPTER PAGE

V. DISCUSSION AND CONCLUSION……... 63

DISCUSSION …….. 63

CONCLUSION ……. 67

REFERENCES…….. 68

APPENDICES……... 74

APPENDIX A PATIENT INFORMATION SHEET…….. 75

APPENDIX B CONSENT FORM……..... 92

APPENDIX C SUBJECTS'S INFORMATION FORM……..……..... 96

BIOGRAPHY…… 110

# LIST OF TABLES


| TABLE | | PAGE |
|---|---|---|
| 2.1 | Selected indices evaluating muscle damage…… | 11 |
| 4.1 | Baseline characteristics of participants …….. | 40 |
| 4.2 | Comparison of serum creatine kinase activity between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……. | 40 |
| 4.3 | Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with standing between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……... | 42 |
| 4.4 | Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with passive quadriceps between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……... | 44 |
| 4.5 | Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with MVC between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group…….. | 46 |
| 4.6 | Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with VJ between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……... | 47 |
| 4.7 | Comparison of TC at mid-belly of rectus femoris m. point between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……..…….. | 49 |
| 4.8 | Comparison of TC at musculotendinous junction point between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……..…… | 50 |
| 4.9 | Comparison of ROM between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group…….…… | 52 |

PAGE


| | | |
|---|---|---|
| 4.10 | Comparison of MVC of knee extensors between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……..… | 54 |
| 4.11 | Comparison of leg isometric strength between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group……..… | 56 |
| 4.12 | Comparison of vertical jump height between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group..……..… | 58 |
| 4.13 | The results of acute treatment effect on functional signs of DOMS…... | 60 |
| 4.14 | The results of delayed treatment effect on functional signs of DOMS…. | 61 |
| 4.15 | The results of functional signs recovery from DOMS after treatments.... | 62 |

# LIST OF FIGURES


| FIGURE | | PAGE |
|---|---|---|
| 2.1 | Schematic showing possible sequence of injury and treatments of DOMS …….…… | 10 |
| 2.2 | Schematic showing possible the effect of cryotherapy on inflammatory muscle tissue injured responds……..… | 15 |
| 2.3 | Schematic showing possible mechanisms of massage on DOMS…… | 18 |
| 3.1 | Visual analog scale for perceived soreness assessment …….. | 29 |
| 3.2 | Thigh circumference measurements for swelling assessment…….. | 29 |
| 3.3 | ROM measurement for muscle stiffness assessment ……. | 30 |
| 3.4 | Quadriceps isometric strength test ……..… | 32 |
| 3.5 | Leg isometric strength test……..…….. | 33 |
| 3.6 | Vertical jump test ……..……. | 34 |
| 3.7 | Drop jump exercise…….…… | 35 |
| 3.8 | Cold water immersion……..…….…… | 36 |
| 3.9 | Petrissage massage ……..…….…… | 36 |
| 4.1 | Mean serum creatine kinase (CK) activity for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..……..…… | 41 |
| 4.2 | Mean perceived soreness with standing for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..……..…….. | 43 |
| 4.3 | Mean perceived soreness with passive quadriceps stretch for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..……..... | 45 |
| 4.4 | Mean perceived soreness with MVC for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..……..… | 47 |

PAGE

4.5 Mean perceived soreness with vertical jump for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 48

4.6 Mean relative percentage change of TC at mid-belly point for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 50

4.7 Mean relative percentage change of TC at musculotendinous junction point for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 51

4.8 Mean relative percentage change in ROM of knee flexion for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 53

4.9 Mean relative percentage change in MVC of knee extensors muscle for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 55

4.10 Mean relative percentage change in leg strength for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 57

4.11 Mean relative percentage change in vertical jump height for the cryotherapy, massage and control groups after the damaging plyometric exercise..... 59

.

# LIST OF ABBREVATIONS

| | |
|---|---|
| BP | blood pressure |
| °C | temperature in Celsius |
| CK | creatine kinase |
| cm | centimeters |
| CON | control group |
| CWI | cold water immersion group |
| DJ | drop jump |
| DOMS | delayed onset muscle soreness |
| EIMD | exercise induced muscle damage |
| h | hour |
| HR | heart rate |
| HRV | heart rate variability |
| Kg | kilograms |
| Kg/BW | kilograms per body weight |
| Km | kilometers |
| MAS | massage group |
| m | meters |
| min | minute |
| MVC | maximum voluntary contraction |
| RM | one repetition maximum |
| ROM | range of motion |
| s | seconds |
| TC | thigh circumference |
| U/L | units per liter |
| VAS | visual analogue scale |
| VJ | vertical jump |

# CHAPTER I

# INTRODUCTION

## Background and Rationales

Before each competition, regular training programs are integral parts of aerobic training, flexibility, weight training, and sport-specific training for athletic peak performance of their sports. Interestingly, weight training or resistance training is a training program for preparing muscular system via improve strength also muscular endurance. Especially, eccentric training exercise produces greater gains in muscle hypertrophy, strength and neuromuscular adaptation compared with isometric and concentric training exercise (Connolly et al., 2003).

Strenuous training programs contribute to delayed onset muscle soreness (DOMS). It is one of the most common types of muscle pain which is identified by pain or soreness sensation on individuals. It often occurs following unaccustomed or intense exercise involving eccentric contractions during pre-season resistance training and plyometric training or explosive jump training, which involves the stretch and recoil characteristics of skeletal muscle for sports that require powerful, propulsive movements (e.g. landing, reactive power, take-off, throwing, and starting power) such as football, volleyball, sprinting, high jump, long jump, and basketball (McArdle et al., 2007). After the strenuous exercise results in a dull and aching pain, which begins 8-24 h post-exercise, and increases in intensity. It peaks at 24-72 h and subsides within 5-7 days post-exercise (Armstrong, 1984; Connolly et al., 2003). Other functional signs associated with DOMS are consistent of swelling, a reduction in muscle strength, a decreased range of motion and an increased blood creatine kinase. Conclusively, these signs were due to interrupted muscle functional performance, felt unattractive able to subsequent training, and also might increase the risk factor of undesirable injury.

According to Thomas et al. (2008), massage has been defined as “a mechanical manipulation of body tissues with rhythmical pressure and stroking”, and massage was a consisted of up to 45% of total treatment time in physiotherapy for sport-related injury and performance. It is one of the treatments commonly used to alleviate DOMS because it is contribute to increase local blood and lymph flow (i.e. vasodilation), neutrophils, and decrease edema, pain sensation, and blood creatine kinase (Pornratshanee, 2005). Significant reductions in soreness sensation of DOMS after massage have been reported (Robertson et al., 2004; Ogai et al., 2008; Willems et al., 2009; Farr et al., 2002; Rhea et al., 2009; Hilbert et al., 2003; Zainuddin et al., 2005; Bakhtiary et al., 2007; Hemmings et al., 2000; Mancinelli et al., 2006). A particularly usual massage technique for sport-related is Swedish massage, which consists of effleurage, petrissage, friction, vibration, and percussion. Attractively, one of the most efficient techniques for relieving DOMS is petrissage massage (Ogai et al., 2008). It is a sequence of compression and decompression exerted on muscular tissue in reducing muscle tone, local swelling, soreness sensation, and also providing muscle blood flow.

Cold-water immersion has become a popularly used to mitigate DOMS in muscle recovery method of competitive sport (Sellwood et al., 2007). It is used as the therapeutic application for reducing inflammation, tissue metabolism, pain sensation, edema, local blood flow (i.e. vasoconstriction), and muscle spasm (Scott et al., 2004) after induced muscle damage from eccentric exercise (Vaile et al., 2010; Crowley et al., 1991; Buchheit et al., 2009; Eston et al., 1999; Vaile et al., 2008; Bailey et al., 2007; Parouty et al., 2010; Ingram et al., 2009; Rowsel et al., 2009; Montgomery et al., 2008; Skurvydas et al., 2006). However, some studies have shown no reduction in the functional signs of muscle damage following cryotherapy (Sellwood et al., 2007; Giuseppe et al., 2007; Jakeman et al., 2009; Howatson et al., 2009; Goodall et al., 2008).

In addition, the majority of researches about effects of massage/ cryotherapy on DOMS has received little attention, results controversy, inappropriate method protocol,

and used small sample sizes, which limited the statistical power. However, the cold-water immersion is a popular, convenient, a low cost and be a simple passive recovery method with advocated by hydrostatic pressure principle for enhanced waste clearance and the massage one is an effective optional recovery way, but it was influentially applied actions by masseur performance. By the way, it has not found any research comparison effects between massage and cryotherapy on functional signs of DOMS.

Therefore, the aim of this study focused on effects of cryotherapy and petrissage massage on functional signs of delayed onset of muscle soreness of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male for trend to be the optional ways and application to promote athletic performance, who has done the same as a training program likes this protocol.

## Research Question

Is there a difference in functional signs of DOMS between healthy Thai male with cold-water immersion and petrissage massage treatment following stimulated plyometric exercise?

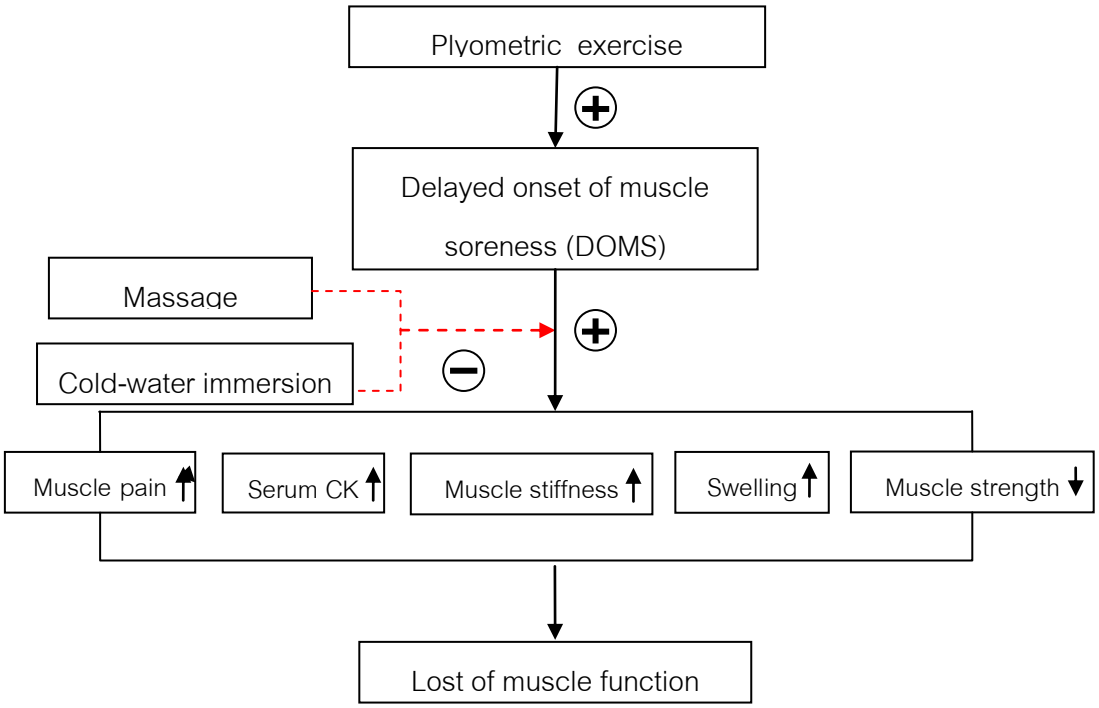
## Objective

1. To study effects of cold-water immersion and petrissage massage treatment on functional signs of DOMS in healthy Thai male.
2. To compare effects of cold-water immersion to petrissage massage treatment on functional signs of DOMS in healthy Thai male.

## Hypothesis

Healthy Thai male with cold-water immersion treatment have difference in functional signs of DOMS to those with petrissage massage treatment following stimulated plyometric exercise.

## Conceptual framework




## Key words

Delayed onset of muscle soreness, DOMS, Petrissage massage, Cryotherapy, Plyometric exercise

## Scope of research

This study is a human experimental research in which healthy male students actively engaged in sports participated as the participants. The study approval was obtained from the Institutional Review Board of Faculty of Medicine, Chulalongkorn

University. Written informed consent was obtained from each participant before the experiment started. On participation, participants were given the details of the research procedure and risk involved, and reminded of their right to withdraw at any stage of the study.

## Assumption

1. The equipments were calibrated for standard accuracy and reliability.

2. All participants should be healthy with no physical problem that impedes the research.

3. The massage was applied to both exercised legs by trained physical therapist or a senior sports science student.

4. Participants were asked to refrain from any analgesic, NSAIDs, and supplementations such as vitamin C/E, Arnica, Ubiquinone, L-carnitine and estrogen, or not change their diet at least 2 weeks prior to, and during the investigation.

5. All participants voluntarily participated in this study.

## Limitations

1. This study requires cooperation of all qualified healthy male.

2. This study requires cooperation of various institutes which all equipments are used for tests.

3. The result of research cannot be extended to other male who are not in this study age range, physical fitness level and another exercise forms.

4. The lifestyle of participants cannot be controlled this study for physical activity, food intake, and amount of exercise during period of this investigation.

## Operational definitions

1. Healthy male is defined as men aged 17 to 25 years old.

2. Delayed onset of muscle soreness, is defined as the sensation of discomfort or pain sensation in skeletal muscle following unaccustomed eccentric muscular exertion. This soreness typically peaks 24–48 h after the exercise and subsides within 96 h.

3. Petrissage massage composed of a sequence of compression and release technique from compression exerted on muscular tissue in reducing muscle tone, local swelling and the experience of soreness to improve muscle blood flow.

4. Cryotherapy is defined as the therapeutic application of any substance to the body that removes heat from the body, resulting in decreased tissue temperature, decreases tissue blood flow by causing vasoconstriction, and reduces tissue metabolism, oxygen utilization, inflammation, and muscle spasm.

5. Plyometric training involved the stretch and recoil characteristics of skeletal muscle for sports and is defined as one of the most effective methods for developing explosive power to generate maximal force or strength; the more of it can be converted into sport-specific power.

6. Functional Signs of DOMS consisted of swelling, a reduction in muscle strength, a decreased range of motion and an increased blood creatine kinase after the damaging plyometric exercise.

## Expected benefits and applications

1. To understand results of cold-water immersion/petrissage massage treatment that affects functional signs of DOMS following stimulated plyometric exercise in healthy Thai male.

2. To determine the difference between cold-water immersion and petrissage massage treatment that affect functional signs of DOMS following stimulated plyometric exercise in healthy Thai male.

3. To gain insight on the design and implementation of effective DOMS prophylactic or treatment for the younger adults.

4. To be an optional methods that helps to improve functional signs of DOMS that leads to prevention of soreness and enhance hasten recovery.

5. To provide preliminary data for further studies.

# CHAPTER II
# REVIEW LITERATURES

Intense training programs and inadequate rest period contributes to prevalence of delayed onset of muscle soreness (DOMS) in athletic population. DOMS represents inflammatory pain following unaccustomed or intense exercise involving eccentric contractions during pre-season resistance training and plyometric training. A dull and aching pain, which begins 8-24 h post-intense exercise, and gradually increases in intensity, peaks at 24-72 h and subsides within 5-7 days post-exercise. Other functional signs associated with DOMS are consistent of a reduction in muscle strength usually peaks immediately after exercise or within 48 h after exercise, with full recovery taking more than 5 days. Increased serum creatine kinase usually peak 24-48 h after the damaging exercise also. Swelling and a decreased range of motion usually peak 3–4 days after exercise and normally become to baseline within 10 days (Connolly et al., 2003). These various signs can also present independently of each other. Therefore, these signs were due to interrupted muscle functional performance, felt unattractive able to subsequence training, and also was to be a risk factor of undesirable injury.

## ECCENTRIC CONTRACTIONS

Eccentric exercise is defined as the force generated muscle activation involving lengthening of a muscle. It is a part of component in routine daily activities such as stair descent, squatting, and lowering objects. Athlete requires eccentric muscle force for some functional sport-related tasks such as limb deceleration when throwing a ball, bicycling, plyometric training and downhill running (McArdle et al., 2007).

Generally, the muscle force production from eccentric activity is approximately twice than isometric contractions; however, the total number of attached cross bridges

in a strongly bound state is only ~10% greater than isometric contraction (Fedorko, 2007). The force is distributed over a smaller cross-sectional area of muscle, producing a greater tension per active motor unit, according to increasing the risk for mechanical damage to an inflammatory response that leads to $PGE_2$ and leukotriene synthesis as shown in Figure 2.1 (Armstrong, 1994). Conclusively, eccentric contractions will fine out greater delayed soreness than isometric or isotonic contractions.

## PLYOMETRIC EXERCISE

Plyometric training is one of the most requested forms of training by athletes. It was referred to as “jump training” and thought to stimulate changes in the neuromuscular system, the ability of the muscle groups to respond the rapid stretching (lengthening) followed by a rapid concentric (shortening) contraction immediately to produce a powerful movement over a short time.

Abass (2009) described “plyometric exercises as explosive ballisthenic-like exercises which involve the conditioning of the neuromuscular system to permit faster and more powerful changes of direction such as moving from up and down in jumping or switching leg positions as in running.”

There are many plyometric exercise forms for lower body. As with other forms of sports training, such as rebound jumping, box jump, depth jump, cone hop, hurdle hop, long jump from box (McArdle et al., 2007). The exercise protocol adopted for this study was based on the principle of plyometric training.

## DELAYED ONSET MUSCLE SORENESS (DOMS)

Delayed onset muscle soreness (DOMS) is defined as the sensation of discomfort or dull and aching pain in skeletal muscle after unaccustomed exercise (Armstrong, 1984). DOMS usually appears approximately 8 h following exercise, peaks from 24-72 h and gradually subsides within 5 - 7 days (Newham, 1988; Fedorko, 2007). In untrained individuals are often occurred on DOMS when compared to trained persons.

Hough (1902) described “the phenomenon of DOMS hypothesized the etiology as being the result of microtears or microruptures in the muscle fibers and the associated connective tissue directly related to the forces developed during exercise and their rate of force development”.

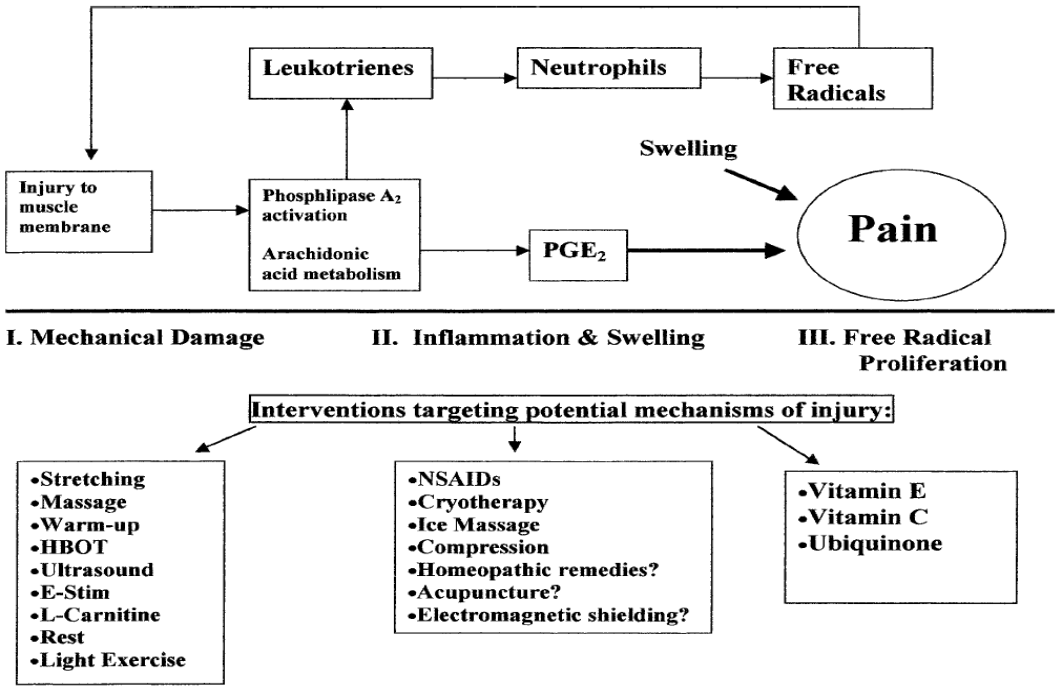



**Figure 2.1** Schematic showing possible sequence of injury and treatments of Delayed onset of muscle soreness (Connolly et al., 2003)

To date, the research about the primary mechanism cause of DOMS has been able to conclusively inconsistency; however, many researches guided involving exercise-induced muscle damage has informed events similar to associated with an acute inflammation response.

## FUNCTIONAL SIGNS AND SYMPTOMS OF DOMS

The pain and impaired functional signs just lead to the short-term damage. These signs have not only no long-term damage reduced muscle function, but also can return to the baseline by themselves within recovery period (Armstrong, 1984). The most appropriate way to observe and control the effects of DOMS is consisted of the measurement of swelling, range of motion and strength coupled with the assessment of pain (Table 2.1) (Fedorko, 2007).

| Index | Damage information | Cost | Difficulty of measure | Reliability | Comments |
|---|---|---|---|---|---|
| Biopsy | Local | High | High | High | Best indicator |
| Strength | Local | Low | Low | Medium | |
| Pain | Central | Low | Low | Medium-high | High subjectivity |
| Tenderness | Local | Low | Low | Medium | High subjectivity |
| Stiffness | Local | Low | Low | Medium-high | |
| Swelling | Local | Low | Low | Medium-high | |
| Creatine kinase | Central | Low | Low | Low | High inter- and intraindividual variation |
| Lactate dehydrogenase | Central | Low | Low | Low | High inter- and intraindividual variation |
| Glutamic oxaloacetic transaminase | Central | Low | Low | Low | High inter- and intraindividual variation |

**Table 2.1** Selected indices evaluating muscle damage. (Connolly et al., 2003)

### Pain

Pain is a reception and sensation of the body to protect the around tissues from injury interruption. Individual generally begin to feel muscular soreness in the musculotendinous junction area between 8 - 24 h post-exercise, with peak intensities about 24-72 h post-exercise (Newham, 1988)

Smith (1991) suggested that “macrophages are present in large numbers at 24 and 48 h after eccentric exercise and the sensation of pain was related to the synthesis of $PGE_2$ by the macrophage”. The sensation of pain by stimulating pain afferents, especially myelinated type III and unmyelinated type IV pain afferents was directly caused by $PGE_2$ (Fedorko, 2007).

### Swelling

Howatson and Someren (2008) described that “swelling occurs from the attraction of water to free proteins accumulating in the interstitium following injury. This accumulation results in a disruption of normal capillary filtration pressure”. Some study has suggested that the increased local tissue pressure can be generated pain involving swelling during DOMS (Connolly et al., 2003).

### Range of Motion

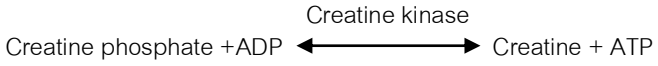
Range of motion (ROM) is defined as the arc over of a joint, and this eliminates the muscle length range for single joint muscles (Warren et al., 1999). A reduction in joint ROM has been appeared from a loss of strength or swelling within the perimuscular connective tissues, especially in the areas of the musculotendinous junctions after the exercise induced muscle damage (Howatson and Someren, 2008).

### Strength

One of the most valid and reliable indirect detects of muscle damage is strength loss after strenuous eccentric exercise (Warren et al., 1999). This mechanism has not been plainly identified. It might be from the damaged local muscular tissues or the soreness perceptions it causes. (Newham, 1988).

## Creatine Kinase

Brancaccio et al. (2007) described that "creatine Kinase (CK) is a dimeric globular protein. It buffers cellular ATP and ADP concentrations during contraction. At least five isoforms of CK exist: three isoenzymes in cytoplasm (CK-MM, CK-MB and CK-BB) and two isoenzymes in mitocondria (non-sarcomeric and sarcomeric). CK isoenzymes give specific information on injured tissue because of their tissue distribution. CK-MM is found in the muscle fiber where ATP consumption is high and is a marker of muscle disease. CK-MB increases in acute myocardial infarction, and CK-BB increases in brain damage. Mitochondrial CK is raised in mitochondrial myopathies".




MM-CK is specifically bound to the myofibrillar M-Line structure found in the sarcomere. Indication of cellular necrosis and muscle damage may be shown by increased in these enzymes follow muscle injuries. It has been used as an indirect marker of DOMS in healthy people.

CK values show great variability among individuals. Total creatine kinase (CK) levels depend on age, gender, race, muscle mass, body mass, physical activity, level of training (resting levels higher in athletes than in sedentary subjects), fibre type, and climatic condition (Brancaccio et al., 2007).

After strength training, peak serum CK levels of about 2-fold over baseline occurs 8 h. CK levels are increased between 2 and 7 days, peak for 24 h and remains increased for 48 h when subjects rest after eccentric exercise (Brancaccio et al., 2007).

Normally, only CK-MM is present in the serum, but prolonged and strenuous exercise can be increase the serum activity of all three CK-isoenzymes in the absence of myocardial damage (Newham, 1988).

## PREVENTION OF DOMS

The final goal of the way to relieving DOMS was being to restore maximal function of the damaged muscles as rapidly as possible following strenuous eccentric exercise; although these results are conflicting. To date, no treatment or intervention has consistently reduced DOMS or its functional signs. These interventions can divided into 3 parts: pharmacological treatments using non-steroidal anti-inflammatory drugs (NSAIDs), nutritional supplements and therapeutic modalities (Connolly et al., 2003).

Nevertheless, cryotherapy and massage therapy have been interestingly shown to be an effective, simple, convenient, non-expensive, non-invasive, and non-side effect techniques for eliminating the functional signs of muscle damage.

## CRYOTHERAPY

Scott et al. (2004) explained that “cryotherapy is the application of cold for therapeutic goals. It is usually applied during the acute stage of trauma and is used to diminish the undesirable effects of soft tissue injury by reducing the inflammatory response, swelling, edema, haematoma and pain”. The effects of cryotherapy are interesting to be a consequence of analgesia of the injured tissue, hypometabolism of the tissue, and a decreased blood flow (i.e. vasoconstriction) and haematoma formation. Several cryotherapy forms have been applied to treat DOMS not only ice massage, ice pack, cryokinetic, and vapocoolant spray, but also cold water immersion has become in a popularly applied muscle recovery way to help and control functional signs of DOMS following intense eccentric exercise.

Beneficial effects of cold water immersion (CWI) following eccentric exercise have also been reported by Vaile et al. (2010) effects of cold water immersion (CWI) at 15°C for 15 min could be reduced on resting limb blood flow, rectal temperature and repeated cycling performance in the heat in 10 endurance-trained male cyclists. Crowley et al. (1991) demonstrated the effect of cooling the legs at 11.5-12.2°C for 30 minutes on performance in a standard Wingate test in 3 healthy male. The result showed that peak power, average power output, and cumulated work to the point of fatigue index were all decreased by cooling. Buchheit et al. (2009) expressed that 5 min of CWI in 14°C significantly restored the impaired HR variability indexes observed after two repeated supramaximal cycling exercises in 10 male cyclists.

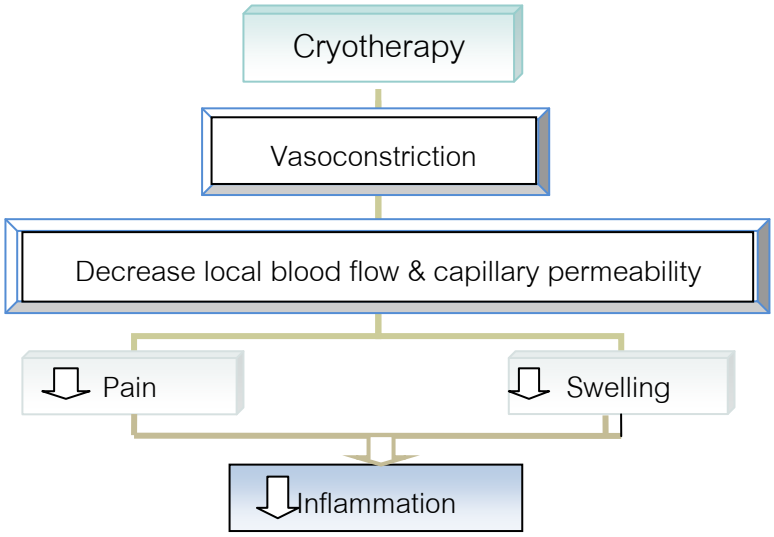



**Figure 2.2** Schematic showing possible effect of cryotherapy on inflammatory muscle tissue injured responses (Scott et al., 2004)

Eston et al. (1999) found that 15°C for 15 min cold water immersion, immediately after exercise and every 12 h for next 7 days, was greater on relaxed elbow angle and lower on creatine kinase activity in the CWI group than the controls on days 2 and 3 following 8 sets of 5 maximal eccentric exercises of the elbow flexors. Vaile et al. (2008) found that 14 min of 15°C cold water immersion was significantly enhanced on squat jump performance and isometric force recovery at 48 and 72 h post leg press protocol

in 38 strength trained males. Bailey et al. (2007) conducted that 10 min cold-water immersion at 10°C was reduced muscle soreness at 1, 24, and 48 h, decrements in MVC of the knee flexors at 24 and 48 h, and reduced myoglobin 1 h after exercise. But it had no effect on the creatine kinase response following a 90-min intermittent shuttle run in 20 males. Parouty et al. (2010) revealed that 5 min of cold water immersion (CWI) at 14°C was associated with decrease in peak HR, better in perceived of recovery, and sprint times after 100-m swimming sprints in 10 well-trained swimmers. Ingram et al. (2009) showed that cold-water immersion for 15 min resulted in significantly lower muscle soreness ratings, as well as in reduced decrements to isometric leg extension and flexion strength at 48 h, and also accelerated a more rapid return to baseline repeated sprint performances following 80 min of a 20-m shuttle run test to exhaustion in 11 male athletes.

Rowsel et al. (2009) expressed that after 4th match of soccer tournament, 15°C cold water immersion was no significant reductions in countermovement jump height and repeated sprint ability. The perceptions of leg soreness and general fatigue were lower in the CWI group than the thermoneutral immersion group. Creatine kinase and lactate dehydrogenase concentrations were no changes over time in 20 junior male soccer players. Montgomery et al. (2008) found that 5x1 min of cold water immersion was substantially better in maintaining 20-m acceleration with only a 0.5% after 3 days, line-drill performance, and the smallest reduction in flexibility after a 3-day tournament basketball competition in 29 male players. Peiffer et al. (2009) also investigated to compare the effect of 5, 10 and 20 min of cold-water (14°C) immersion found that a greater decrease in rectal and muscular temperature was showed in all CWI compared with control; however, muscle temperature was lower for the 10- and 20-min conditions compared with 5 min, but no effect on isometric and isokinetic torque after 4 cycling time-to-exhaustion trials in hot conditions in 12 cyclists. Similarly to, Skurvydas et al. (2006) concluded that cold water immersion significantly accelerated the disappearance of muscle pain and CK activity, quadriceps muscle voluntary contraction

force, force evoked by electrical stimulation and jump height, except for low-frequency fatigue after 100 drop jump (DJs) in 20 healthy untrained men.

However, cold water immersion has also been unsuccessful in alleviating muscle soreness. Their studies have shown little or no reduction in the intensities of muscle soreness or the acceleration recovery following eccentric activity. Sellwood et al. (2007) determined that after 120% of 1 RM of knee extension eccentric exercise with their non-dominant leg, there was a significant greater in pain on sit-to-stand at 24 h following three 1-min cold-water immersions (5°C) in 40 untrained volunteers. Giuseppe et al. (2007) tested effects of 5°C leg cold-water immersion for 15 min after speed agility training in rugby players. After that, the athletes who performed active recovery followed by cold-water immersion gave a nonsignificant result. Jakeman et al. (2009) found that a single 10-min bout of cold-water immersion at 10°C was no significant between group on plasma creatine kinase activity, perceived soreness and maximal voluntary contraction of the quadriceps in 18 physically active female volunteers after 10 sets of 10 counter-movement jump. Howatson et al. (2009) elucidated that 12-min cold water immersions (CWIs) at 15°C was no differences on maximum voluntary contraction, soreness, creatine kinase, thigh girth and range of motion between the CWI and control groups following two bouts of drop jump exercise separated by 14–21 days on the repeated bout effect (RBE) in 16 males. Moreover, Goodall et al. (2008) showed that repeated 12 min cold water immersions (CWIs) at 15 ± 1 °C did not attenuate any of maximal voluntary contraction of the knee extensors, creatine kinase activity, muscle soreness, range of motion and limb girth following 100 drop jump exercise in 18 males.

Cryotherapy appears an attractive method to control the functional signs of EIMD because it offers a quick, simple and convenient intervention. Actually, there are many reports focused on applying cold water immersion following competition and training in an attempt to enhance recovery of athletes. In contrast, the research involving

effects of cryotherapy on muscle function and soreness is still equivocal, especially in term of plyometric exercise form.

## MASSAGE

Athletic muscle soreness and micro-injury is widely eliminated by massage therapy and many athletes are convinced by its potential to help muscle soreness. A lack of consistency in the literature about the effects and mechanisms of massage, which it might be effective; however, there is most of evident base to support its in reducing exercise-induced muscle soreness. These effects may be explained by Pornratshanee (2005) “the physical disruption of neutrophil accumulation within muscle and a consequent reduction in prostaglandin production”.

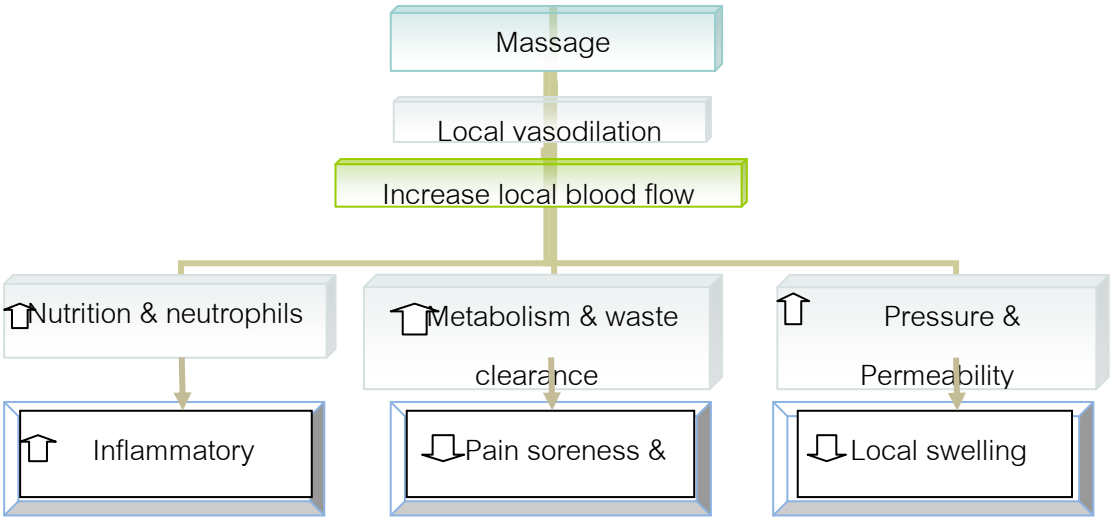



**Figure 2.3** Schematic showing possible mechanisms of massage on delayed onset of muscle soreness (Pornratshanee, 2005)

A particularly common massage technique for sport-related is Swedish massage, which consists of effleurage, petrissage, friction, vibration, and percussion. Attractively, one of the most efficient techniques for relieving DOMS is petrissage massage. It is a sequence of compression and decompression exerted on muscular

tissue in reducing muscle tone, local swelling, soreness sensation, and also providing muscle blood flow. Which there are many sub-techniques e.g. kneading, picking up, wringing, skin rolling, and compression.

Beneficial effects of various types of massage therapy following eccentric exercise have been shown by Robertson et al. (2004) found that 20-min leg massage was no main effect on blood lactate concentration, heart rate, maximum power or mean power, but a significantly lower fatigue index after repeated Wingate cycling exercise bouts in 9 male games players. Ogai et al. (2008) showed that recovery from measured muscle stiffness and better on perceived lower limb fatigue during the second exercise bout in 10-min petrissage massage group, but its not effect on blood lactate and total power following intensive cycle pedaling for 5 s x 8 times in 11 healthy female students actively engaged in sports. Morales et al. (2008) investigated that 40-min whole-body massage (myofascial release) was similar to baseline levels in heart rate variability (HRV) index, high-frequency values, whereas the HRV index and the high fatigue tended to be lower in the placebo group. Likewise, diastolic BP returned to baseline levels in the massage group followed by three Wingate tests in 62 healthy active. Willems et al. (2009) expressed that after a 20 min downhill walk (speed: 6.4 km/h, gradient: –25%), DOMS was reduced by 25 min leg massage at 48 h post-exercise in the rectus femoris and vastus lateralis but not in the vastus medialis and improved recovery in jumping performance at 48 and 72 h post-exercise in 7 moderately active females.

Rhea et al. (2009) found that following resistance training and repeated sprints, it identified a significantly lower level of perceived pain at all post workout among the whole-body vibration (WBV) massage group in 16 untrained men. Hilbert et al. (2003) expressed that it was no significant 20-min massage treatment differences for peak torque, ROM, neutrophils, soreness, and mood. However, the intensity of soreness was significantly lower at 48 h post 6 sets of 8 maximal eccentric contractions of the right hamstring in 18 volunteers. Zainuddin et al. (2005) found that after eccentric exercise 10

sets of 6 maximal isokinetic (90°/s) of the elbow flexors. 10-min massage group had significant lower DOMS, peak value on plasma creatine kinase at 4 days post-exercise and upper arm circumference at 3 and 4 days post-exercise than the control in 10 healthy subjects. Bakhtiary et al. (2007) showed that it decreased isometric maximum voluntary contraction force, reduced pressure pain threshold and significantly increased mean of DOMS and CK levels in the control group, compared to the vibration group ($P = 0.001$) after downhill walking at a speed of 4 km/h in 50 healthy persons. Hemmings et al. (2000) found that after boxing exercise, there was no significant massage treatment difference for performance, blood lactate or glucose after the second performance compared with control group. However, the massage intervention significantly increased perceptions of recovery ($p<0.01$) in 8 amateur boxers. Mancinelli et al. (2006) also expressed that after 4th training day, it showed significant changes in vertical jump displacement, perceived soreness ($p<0.01$) and algometer readings for the effleurage, petrissage and vibration massage group in 22 women collegiate athletes.

However, some researches have reported no significant beneficial effects of massage treatments on DOMS. These studies have shown no difference in soreness levels or force generation following massage treatment. It has been suggested that the inconsistency in research findings may be attributed to the large variety of massage techniques and massage therapists (Pornratshanee et al, 2005). Micklewright (2009) showed that VAS scores of soft tissue release (STR) group were higher immediately ($p < 0.01$) and 48 h after treatment ($p < 0.005$). There were no between-group differences on relaxed joint angle, active range of motion, passive range of motion, and arm girth. Moreover none of the variables returned to baseline levels after stimulating by 4 x 20 eccentric elbow extensions at 80% of 1RM in 20 male. Hart et al. (2005) determined that sport massage did not reduce girth of triceps surae muscle (2, 4, 6, and 8 inches below the knee joint line) or any pain in the lower leg after eccentric exercise at 90% of 1 RM within 72 h in 19 healthy subjects. Farr et al. (2002) showed that isokinetic strength at 60°/s and vertical jump height were significantly lower for the 30-min received massage

limb at 1 and 24 h post-walk and no significant differences in muscle soreness, tenderness, and isometric strength following 40-min downhill treadmill walk loaded with 10% of their body mass in 8 male subjects. Dawson et al. (2004) found that repeated 30-min massage therapy on days 1, 4, 8, and 11 post-race did not affect the recovery of muscles in strength, swelling, or soreness following a half marathon (21.1 km) in 12 recreational runners.

To date, the majority of the massage evidence being effective in alleviating muscle soreness, although its effect is still unclear and inconsistency on muscle function and performance. In this part may be according to methodological limitations in the previous literature, (e.g. inadequate therapist training, different massage techniques used, insufficient duration of treatment, small sample size, and had not any research about the effect of massage following the plyometric exercise form) that have been focused.

## CONCLUSION

Recently, cold-water immersion and massage were found to decrease the functional signs and aching pain associated with DOMS in the lower extremity following eccentric exercise. However, research concerning these modality is limited, unclear, variation of method protocol, and used small sample sizes, which limited the statistical power. There are no reported studies that have examined the comparison effects between cold-water immersion and massage on the functional signs of DOMS following eccentric based activity, especially in plyometric exercise form. Therefore, continued research needs to be investigated the effectiveness of cold-water immersion and massage intervention on the functional signs and perception of soreness following exercise-induced muscle damage (i.e. plyometric exercise) in the lower extremity around hot climate. By the way, the cold-water immersion is a popular, convenient, a low cost and a simple way with advocated by hydrostatic pressure principle and the

massage one is an effective optional way, but it was influentially applied the action by masseur performance.

The results of this investigation provide additional information about effects of cold-water immersion and massage on DOMS and its functional signs following eccentric exercise. An effective method of treating DOMS would accelerate the return of individuals to activity in sports and application to promote athletic performance, who has done the same as a training program likes this protocol.

# CHAPTER III
# RESEARCH METHODOLOGY

## 3.1 Research design

This study was controlled trial human experimental research. It was designed to examine effects of cryotherapy and petrissage massage on functional signs of delayed onset of muscle soreness of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male in accordance with a defined protocol on which all participants were examined 5 days: a pre-test prior to the exercise, at 24, 48, 72 and 96 h after plyometric exercise.

## 3.2 Population

In this study, the target population was active Thai male ranging in age from 17 to 25 years. The study samples were recruited according to the following criteria. These recruited male volunteers were sports sciences student in Burapha University and they consented to participate in the study.

### 3.2.1 Screening

Participants aged between 17 and 25 years old with no certified diseases or conditions listed in the exclusion criteria completed written informed consent. All volunteers were initially contacted by telephone to determine their eligibility before being recruited in the study. After the screening process, 45 male volunteers were eligible and all of them remained to complete the study.

**Inclusion criteria**

1. Healthy Thai male aged between 17 and 25 years.

2. Participants did not perform resistance/plyometric exercise regularly at least 3 months before investigation.

3. All participants were healthy and had no injuries before joining the study.

4. Participants had normal reference ranges of body mass index (BMI) 20-24.9 $kg/m^2$.

5. Participants had skinfold thickness of knee extensor muscle group ≤ 20 mm.

6. Volunteers signed the consent form to become participants.

**Exclusion criteria**

1. The participants were sick or injured.

2. Participants had a problem associated with neuromuscular or skeletal in lower extremities.

3. Participants were not joining in sports, such as basketball, volleyball, rugby, and athlete.

4. Participants had limitation or contraindication for received massage therapy or cryotherapy from underlying disease such as diabetes with peripheral neuropathy, and Raynaud's disease.

5. Participants were not purely voluntary.

6. Participants were absent from investigation more than 20%.

## 3.3 Sample

### 3.3.1 Sampling technique

This study used purposive sampling technique and restricted randomization (block of nine) was used to equally categorize participants into 3 groups: cold-water immersion group (CWI), petrissage massage group (MAS), and control group (CON).

### 3.3.2 Sample size determination

Sample size determination of this investigation was derived from sample size calculation of Mancinelli C.A. et al. (2006), which studied female athletes divided into 2 groups: massage group with 11 women, and control group with 11 women. According to muscle soreness rating test, the massage group had a mean of muscle soreness rating at $4^{th}$ day training period equaled 3 ± 1 cm and the control group had a mean of muscle soreness rating equaled 5 ± 1 cm. And other resulting of vertical jump height, and shuttle run time test of these 2 groups are in the same as levels. More another one study of Jeremy I et al. (2009), which studied male athletes divided into 2 groups: cold-water immersion group, and control group. According to muscle soreness rating test, the cryotherapy group had a mean of muscle soreness rating after training period equaled 4 ± 1 cm and the control group had a mean of muscle soreness rating after training period equaled 5 ± 1 cm. And other resulting of repeated sprint ability and strength test of these 2 groups are in the same as level. Therefore, sample size of this study could be calculated from clinical controlled trials formula (three means) as shown below:

Formula $n$ / *group* = $22\ s^2/d^2 + 1$

$\alpha$ = 0.05

$\beta$ = 0.20 (power of statistic = 80%)

$s^2$ = within group standard deviation

d = mean differentiation of muscle pain scale between massage and cold-water immersion group/control group = 1 mm

Substitute all variables

$n$ / *group* = $22\ (1^2)/\ (1^2+1)$

= 11 persons

n for each group will be 11 persons. To prevent drop out rate during the experiment and detect more reliability, participants will be added for more 30 %. Totally, participants are 15 persons for each group- 3 groups in this investigation.

### 3.4 Instruments

1. Case record form
2. Height measuring board
3. Weighing apparatus (TANITA BF-700, Japan)
4. Skinfold caliper (Lange)
5. Stopwatch (JS-609, FBT®, China)
6. Box jump height 60 cm
7. Massage mat
8. Towels
9. Metronome (AM-705, AROMA digital metronome, China)
10. Body lotion
11. Total creatine kinase Analyser (Olympus CK-NAC, O' Callaghan's Mills, Co., Clare, Ireland)
12. 70% alcohol/ Cotton/ Plaster
13. Anthropometric tape measure (Butterfly Products, China)
14. Marking pen
15. Goniometer (Mahidol University Products, Bangkok, Thailand)
16. Isometric dynamometer (Hydraulic Push-Pull Dynamometer, Baselines Evaluation Instruments, White Plains, New York, USA)
17. Back-leg isometric dynamometer (Takei A5102, Takei Scientific Instruments Co., Ltd., Akiha-Ku, Japan)
18. Vertical jump measurement (Yardstick, Swift Yardstick, Australia)
19. Mercury thermometer
20. Crushed ice/ water
21. Ice bath/ ice bucket

22. 10 ml syringe (SS+10S6, Terumo Corporation, Tokyo, Japan)
23. 13 x 75 mm blood clot tube
24. 22 x 1.5 inch disposable Needle (AH2138, Nipro Corporation, Osaka, Japan)

## 3.5 Outcome measurements

The assessments of this research were separated into 6 variables; serum creatine kinase analysis, soreness sensation assessment, thigh circumference, range of motion, strength test and vertical jump performance. These variables were measured 7 times; immediately before exercise, immediately after exercise, after 15-20 min intervention, 24, 48, 72 and 96 h after exercise, but serum creatine kinase was only measured 6 times; immediately before exercise, after exercise, 24, 48, 72 and 96 h after exercise.

### 3.5.1 Participants preparation

All participants were asked to refrain from caffeine, alcohol, vigorous physical activity 24 h prior to each test session. In addition, food was not allowed within 2 h prior to testing. Upon arrival to the laboratory, weight, height, and skinfold thickness of knee extensors group were recorded. Comfortable clothing should be worn, and participants were instructed to wear the shoes and socks for all test sessions. Then participants were explained, demonstrated and familiarized to all test procedures and experimental protocols.

### 3.5.2 Standard measurements

Measurements of height and weight provide baseline characteristics of the participants. The following procedures were performed and baseline characteristics of the participants were recorded.

**Standing height:** The participants were standing bare feet with the heels together, and then stretching upward to the fullest extent. Heels, buttocks, and upper back were touching a wall. The chin was kept in the eye level. Measurement was recorded in centimeters.

**Weight:** Weight was recorded with the individual wearing comfortable clothing and no shoes. Weight was recorded in kilograms.

**Body mass index:** The BMI, is used to assess weight relative to height and is calculated by dividing body weight in kilograms by height in squared meters ($kg \cdot m^{-2}$).

### 3.5.3 Serum creatine kinase analysis

Venipuncture was performed by a registered nurse at 6 time points; before, immediately after the drop jump exercise protocol, and 24, 48, 72, 96 h after exercise.

Five milliliters of whole blood sample from the antecubital vein were collected via puncture and immediately careful transferred to blood clot tube for minimized haemolysis, then were stored at 2-8°C in foam box for light protection and transferred to Chonburi RIA Laboratory within 12 h after blood collection for assay of serum creatine kinase.

The assays were using an automated kinetic UV test (OLYMPUS CK-NAC Analyser, O' Callaghan's Mills Co., Clare, Ireland). The normal reference ranges of serum CK using this method are 55-170 U/L, and the assay can accurately detect value between 10 and 2000 U/L. The intra-sample co-efficient of variation (CV) for the analyzer at lower and higher concentrations of CK was <3%.

### 3.5.4 Soreness sensation assessment

A 100 mm visual analogue scale (VAS) was used for rating muscle soreness by participants (Figure 3.1) with the far-left border representing 'no pain/soreness' and the

far-right border representing ‘extremely painful/soreness’ that they felt on knee extensors muscle group for these activities; standing, passive quadriceps stretch, quadriceps isometric strength test and vertical jump test of non- dominant leg. Distance from the left border of the line (0) to the marked point was measured in millimeters, and this value was used for the analysis.

No pain/soreness Extremely pain

**Fig 3.1** Visual analog scale for perceived soreness assessment

### 3.5.5 Thigh circumference (swelling assessment) (Figure 3.2)

The two measurements of mid-thigh circumferences of the non-dominant leg were determined mid-way between the inguinal crease and the superior border of the patella (represented mid-belly of rectus femoris muscle point) and above 5 cm of superior pole of the patella (represented musculotendinous junction point of knee extensors muscle group) with alternately measured between two position points using an anthropometric tape measure (Butterfly Products, China). The skin was marked with a semi permanent marker for consistency on subsequent days. The mean of three measures each position was used for data analysis.

**Fig 3.2** Thigh circumference measurements for swelling assessment

### 3.5.6 Range of motion (ROM) - knee flexion (muscle stiffness assessment)

Participants laid prone on a couch, and were asked to perform full active flexion at the knee joint of the non-dominant leg. The knee joint angle (Figure 3.3) was determined between the lateral epicondyle of the femur, lateral malleous of fibula and greater trochanter (Howason & Goodall, 2009) using a goniometer (Mahidol University Products, Bangkok, Thailand).

These bony landmarks were marked on the initial day of testing with a semi permanent pen to ensure consistency on subsequent days. The mean of three measurements were used for data analysis.

**Fig 3.3** ROM measurement for muscle stiffness assessment

### 3.5.7 Isometric strength test

Quadriceps muscle strength (Figure 3.4) of participants was examined while they were performing maximum isometric contraction by using Baseline Hydraulic Push–Pull Handheld Dynamometer with analog gauge (White Plains, New York, USA); a unit of measurement is Kg. This dynamometer registers 0.0 to 22.5 kg with a precision of 0.5 kg and accuracy is ± 1 % at 25-75 % scale, ± 2 % at 0-25 % and 75-100% scale.

1. Participants performed static stretching exercise for quadriceps muscle, hamstring muscle and gastrocnemius muscle for 1 minutes and jogging for 1 minute before the test.

2. Participants performed the test in sitting position; that is, they sat and leaned back against seatback tilt at 90° and non-dominant knee flexed at 90° while their thighs and hip were fasten by seat belts. While performing the test, participants were required to fold their arms in order to prevent compensation movement.

3. The same seat and this position were set for all of tests.

4. Participants performed slowly and smoothly a maximal leg extension effort exerted against a stationary push-pull dynamometer while the tester kneeled and stabilized tester's right elbow against tester's right anterior superior iliac spine to assist tester in stabilizing the dynamometer perpendicular to the tested limb segment. A small towel was folded and placed above 1 cm of the non-dominant ankle side to provide cushioning from the large padded circular dynamometer' s force plate. For each maximal contraction was held for 4 seconds. (Protocol adopted from Dunn et al., 2003; Andrews et al. 1996, Bohannon, 1986; Turner et al., 2009)

5. Verbal encouragements were provided for participants to produce maximum efforts. Before the test was begun, participant received instructions about procedures and was requested to perform a single practice trial to ensure each participant understood the commands.

6. Participants performed 3 trials of knee extension of non-dominant side and rested 30 seconds during each trial. Dial continuously shows instantaneous force and holds the maximum force reading by an axle arrow. This maximum reading should be manually recorded prior to resetting for the next test.

7. The best strength of quadriceps muscle was recorded in Kg. And the total force values were normalized based on body weight (weight normalized) in kg/BW.

**Fig 3.4** Quadriceps isometric strength test

Leg isometric strength (Figure 3.5) of participants was tested by using Back-leg dynamometer; a unit of measurement is also Kg. This dynamometer registers 0.0 to 300 kg with a precision of 0.5 kg. This test was applied after quadriceps isometric strength test.

1. Participants stood on a base of equipment with their feet apart at a comfortable distance of shoulder width for their balance. Their hands grasped each end of a bar. The participant was asked to flex their knees approximately 135°. The back was kept straight beside the wall and the hips were positioned directly over the ankle joints for the activation of back muscles was limited. The chest was kept forward and the head was kept in an erected position. The participant attempted to extend their knees smoothly and as forcefully as possible. (Protocol from Ayse et al., 2005)

2. Three trials were done and the best score was recorded and rested 15 seconds between trials.

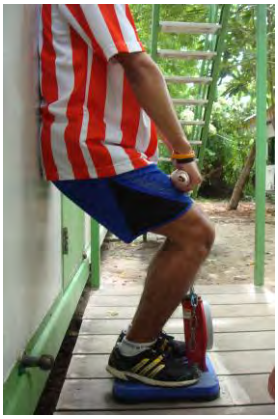


**Fig 3.5** Leg isometric strength test

### 3.5.8 Vertical jump performance

Vertical jump displacement (Figure 3.6) was assessed using a device known as the Yardstick, (Swift Yardstick, Australia).The participants stood directly under the Yardstick with the dominant upper extremity, reaching upward with the shoulder fully flexed and elbow, wrist, and fingers extended. The horizontal bar touched by the tip of the long finger determined the highest baseline vertical reach of the participant. They were then asked to jump as high as he could without taking a step, touching the highest bar possible. Flexing the knees and free arm swing were used before the jump.

Vertical reach was subtracted from the jump height and the difference was used to represent vertical jump performance. Three trials were performed for each participant and the best vertical jump displacement was recorded.

**Fig 3.6** Vertical jump test

### 3.5.9 Test-retest reliability for measurements

Test- retest reliability was established by determining an instrument's capability of measuring a variable with consistency. The reliability data collected from the 15 participants (mean age of 20.3 ± 1.4 years) for the two pre-exercise measurements taken during the familiarization one and before drop jump exercise. The same investigator and period took all the measurements. Testing in present study revealed intraclass correlation coefficient (ICC) = 0.998, 0.997, 0.987, 0.825, 0.903, and 0.986 for thigh circumference at mid-belly point, thigh circumference at musculotendinous junction point, range of motion, quadriceps isometric strength, leg isometric strength, and vertical jump test respectively.

### 3.6 Exercise- induced muscle damage protocol (i.e. drop jump exercise) (Figure 3.7)

Muscle damage was induced through the use of a drop jump protocol similar to that used by Miyama & Nosaka (2004), Goodall et al (2008), Howatson et al (2009).

1. All participants were demonstrated the required technique before the plyometric exercise protocol and were coached during the protocol to ensure proper technique and maximal effort were maintained throughout. Upon this time temperature of the environment was recorded.

2. Participants stood in training shoes and dropped from a 60 cm box and upon landing jumped up maximally, landing on the same surface. Five sets of twenty drop jump (100 drop jump) were performed on a concrete based floor, in time with a set of recorded beeps allowing 10 seconds rest between each jump and 2 minutes rest between each set.

**Fig 3.7** Drop jump exercise

### 3.7 Intervention programs

#### 3.7.1 Cold water immersion (Figure 3.8) (modified from Howatson et al., 2008/2009)

Participants were submerged (to the iliac crest for taking the hydrostatic pressure) in an inflatable ice bath for a period of 20 min wearing short trousers and their legs were kept apart in the cold water to ensure a maximum surface area exposure within 10-15 min after the plyometric exercise. The temperature of the water was maintained at 15 ± 1°C by adding crushed ice. Although there are no recorded recommendations based on practical evidence for the duration and temperature of CWI application. One recommendation (Meeusen and Lievens, 1986) was that a drop in

intramuscular temperature of 5–10°C was necessary for the treatment to be of any benefit, which suggested that a similar temperature and duration to that used in this investigation may be sufficient to achieve this cooling effect.

**Fig 3.8** Cold water immersion

**3.7.2 Petrissage massage (**Figure 3.9**)** (modified from Ogai et al., 2008)

Petrissage was applied as massage technique for 20 min within 10-15 min after the plyometric exercise of knee extensor muscle group of both legs by physical therapist or a senior sports science student. The Petrissage technique was divided into 3 sub-techniques; compression (5 minutes), picking-up (5 minutes), skin rolling (5 minutes) ,and finishing with compression (5 minutes). For each stroke the treatment consisted of a sequence of 12 strokes within 1 min by listening the metronome rhythm (5 seconds/stroke) direction from distal (above patella) to proximal (hip joint). To ensure that intensity of massage pressure remained above pain threshold, the therapist intermittently asked the participants feedback about sensations of pain or displeasure. A small amount of body lotion and some water were applied to the participant's leg as a lubricant before and during receiving petrissage massage treatment.

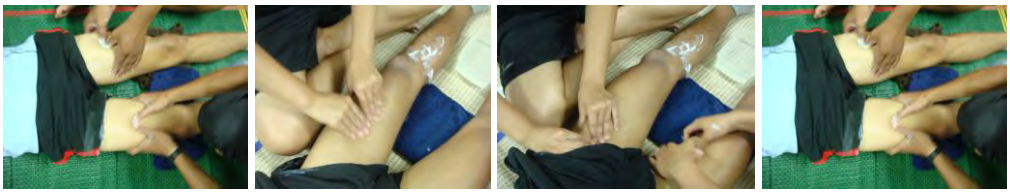


**Fig 3.9** Petrissage massage

### 3.7.3 Rest control

Participants remained long seated for 20 min within 10-15 min after the plyometric exercise. During this time, participants did not perform any stretching or cool down activities.

### 3.8 Data Analysis

The results were shown as mean, mean difference and standard deviation (S.D.). All data were analyzed using statistical method as follows.

1. All data were tested for normality before analysis.
2. Descriptive statistics (age, weight, height, weekly exercise day, and the baseline of serum creatine kinase, ROM, strength, thigh girth & vertical jump height ) were used for baseline calculation and one-way ANOVA analysis was used for baseline comparison between groups; Post Hoc Multiple Comparisons with Tukey. For baseline comparison between groups of non-parametric data were analyzed by Kruskal-Wallis Test.
3. The results of strength, ROM, thigh girth and vertical jump height were transformed to relative percentages change from baseline in order to decrease inter-subject variation.
4. The comparison of the differences of serum creatine kinase, soreness sensation and relative % change of thigh circumference, range of motion, strength and vertical jump performance between cold-water immersion group, petrissage massage group, and control group were done by two-way repeated-measure ANOVA (7 time x 3 group), for the treatment between subject factor. Post Hoc Multiple Comparisons with Bonferroni were conducted following significant times effects to determine differences between times and treatments for parametric variables and by using Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests for non-parametric variables.

5. To determine the effects of each intervention, changes in serum creatine kinase, soreness sensation and relative % change of thigh circumference, range of motion, strength and vertical jump performance were analyzed by two-way repeated-measure ANOVA (7 time x 3 group), using time as the within-subjects factors for normative data, and by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests for non-parametric data between baseline and the subsequent reassessments.

6. Intraclass correlation coefficients (ICC) were used to determine an instrument's capability of measuring a variable with consistency for thigh circumference, range of motion, quadriceps isometric strength, leg isometric strength, and vertical jump test.

An alpha level of 0.05 was used to determine statistical significance. All statistical analysis was performed by using Statistic Package for the Social Sciences (SPSS for Window version 16.0, Chicago, IL, USA).

# CHAPTER IV
# RESULTS

## Characteristics of participants

Forty-five eligible male volunteers were recruited according to the following criteria and categorized into 3 groups of 15, i.e. cold-water immersion group (CWI), petrissage massage group (MAS), and control group (CON). No participants dropped out of this investigation. Therefore, all of 45 males were remained in this investigation.

Baseline characteristics of the participants were shown in Table 4.1. The age of 45 participants ranged from 19 to 22 years, mean age of cold-water immersion, massage and control groups were 20.2 ± 0.9 years, 20.3 ± 1.4 years and 21.4 ± 0.5 years respectively. BMI of all participants were in a normal reference range.

### DOMS after plyometric exercise

The drop jump exercise protocol was successful in producing DOMS as indicated by the significant changes from baseline to 24-48 h in pain with passive stretch ($p<0.05$ for 3 groups), pain with maximal isometric contraction ($p<0.05$ for 3 groups), pain with standing ($p<0.05$ for CWI, CON), pain with vertical jump ($p<0.05$ for CWI, CON), serum CK, muscle strength, ROM, and vertical jump test ($p<0.05$ for 3 groups) (Table 4.2-4.12).

### Creatine kinase activity

Serum CK data were shown in mean ± SD (Table 4.2). There was a significant main effect of time on CK activity ($p <0.05$) that CK activity showed significant differences at any time points from baseline. No difference between groups was found

on CK activity. The CK activity of 3 groups followed a similar temporal pattern, peaking at 24 h after plyometric exercise, and returning to baseline value at 48 h (Figure 4.1).

**Table 4.1 Baseline characteristics of participants**

| Characteristics | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
|---|---|---|---|
| Age (years) | 21.4 ± 0.5 | 20.2 ± 0.9 | 20.3 ± 1.4 |
| Height (m) | 1.74 ± 0.1 | 1.72 ± 0.1 | 1.73 ± 0.1 |
| Body mass (kg) | 69.8 ± 10.9 | 63.2 ± 6.7 | 65.7 ± 8.6 |
| BMI ($kg/m^2$) | 23 ± 2.7 | 21.3 ± 1.4 | 22 ± 2.7 |
| Weekly exercise sessions (n) | 3.4 ± 2.0 | 3.7 ± 1.8 | 3.9 ± 1.8 |
| MVC (kg) | 15.9 ± 2.2 | 14.9 ± 1.7 | 15.7 ± 1.0 |
| Leg Strength (kg) | 204.9 ± 22.3 | 239 ± 21.1 | 228.6 ± 29.1 |
| Vertical jump height (cm) | 51.7 ± 5.6 | 57.8 ± 6.8 | 57.0 ± 4.6 |
| TC mid-belly (cm) | 54.6 ± 5.7 | 53.3 ± 3.3 | 54.7 ± 4.4 |
| TC musculotendinous (cm) | 43.1 ± 4.3 | 41.3 ± 3.0 | 42.3 ± 3.0 |
| Range of motion (°) | 128.2 ± 2.6 | 129.7 ± 0.8 | 128.3 ± 4.5 |
| Serum Creatine kinase (U/L) | 314.6 ± 232.4 | 318.5 ± 494.9 | 299.8 ± 299.3 |

Values are Mean ± SD. BMI, body mass index; MVC, maximal voluntary contraction; TC, thigh circumference

**Table 4.2** Comparison of serum creatine kinase activity between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | Serum creatine kinase (U/L) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 314.6 ± 232.4 | 318.5 ± 494.9 | 299.8 ± 299.3 |

**Table 4.2** (Cont.)

| Time | Serum creatine kinase (U/L) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| immediate after EIMD | 352.9 ± 253.5† | 362.4 ± 554.9† | 333.1 ± 344.9† |
| 24 h after EIMD | 597.9 ± 362.3† | 470.6 ± 524.5† | 422.3 ± 386.9† |
| 48 h after EIMD | 439.6 ± 258.0† | 375.5 ± 489.1† | 357.6 ± 313.6† |
| 72 h after EIMD | 377.2 ± 242.5† | 343.7 ± 494.8† | 320.9 ± 298.6† |
| 96 h after EIMD | 343.5 ± 233.0† | 330.7 ± 492.5† | 306.9 ± 302.3† |

Values are Mean ± SD. EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

† Significant time difference from baseline for 3 groups by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$).

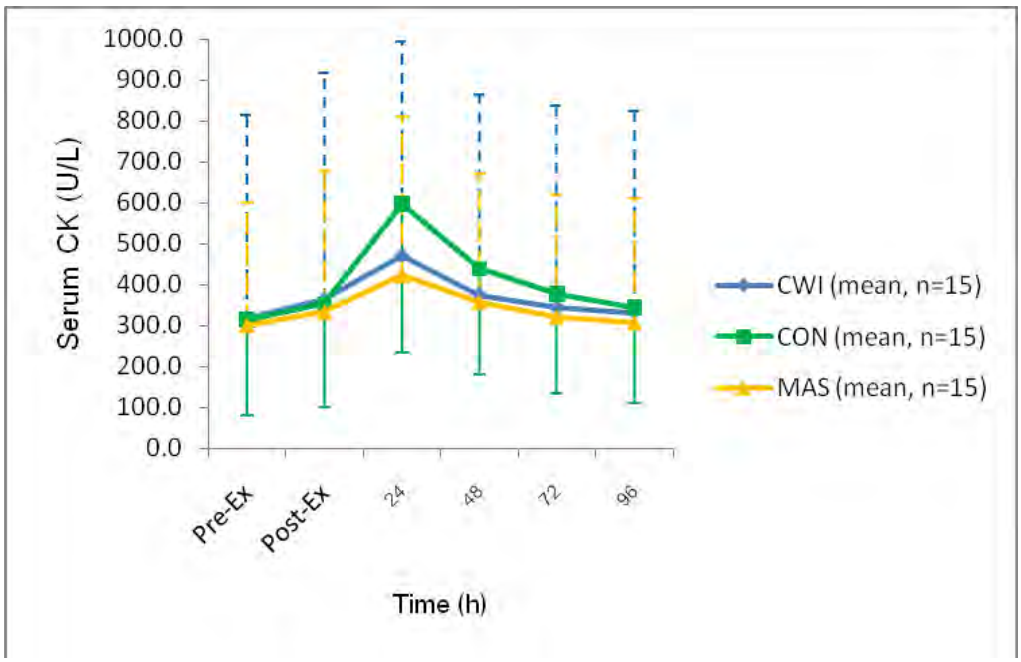



**Figure 4.1** Mean serum creatine kinase (CK) activity for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Soreness sensation**

Soreness sensation assessment by VAS data were shown in mean ± SD. A significant main effect of time and difference between assigned groups on perceived soreness with standing, with passive quadriceps stretch, with MVC and with VJ ($p<0.05$) was observed (Table 4.3-4.6).

Soreness sensation of three groups were demonstrated a similar pattern immediately increased intensity after the exercise, peaked at 24 h after exercise-especially perceived soreness with passive quadriceps stretch and VJ, then they were gradually decreased into baseline level, especially completely full recovery for MAS group (Figure 4.2-4.5).

**Table 4.3** Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with standing between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | VAS (mm) of perceived soreness with standing | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| Baseline | 0 ± 0.5 | 0 ± 0.0 | 0 ± 0.0 |
| immediate after EIMD | 12 ± 9.8$^{\dagger *\#}$ | 4 ± 8.3$^{\dagger *\S}$ | 1 ± 2.2$^{\#\S}$ |
| after 20 min treatment | 7 ± 8.4$^{\dagger}$ | 3 ± 4.4$^{\dagger}$ | 14 ± 24.1$^{\dagger}$ |
| 24 h after EIMD | 19 ± 13.5$^{\dagger\#}$ | 13 ± 21.2$^{\dagger}$ | 10 ± 19.7$^{\#}$ |
| 48 h after EIMD | 13 ± 11.3$^{\dagger\#}$ | 7 ± 7.7$^{\dagger}$ | 12 ± 29.5$^{\#}$ |
| 72 h after EIMD | 7 ± 7.3$^{\dagger *\#}$ | 2 ± 4.5$^{\dagger *}$ | 0 ± 0.2$^{\#}$ |
| 96 h after EIMD | 2 ± 1.5$^{\#}$ | 0 ± 0.7$^{\dagger\S}$ | 0 ± 0.0$^{\#\S}$ |

Values are Mean ± SD. VAS, visual analog score; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

* Significant difference between CWI and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

§ Significant difference between CWI and MAS groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

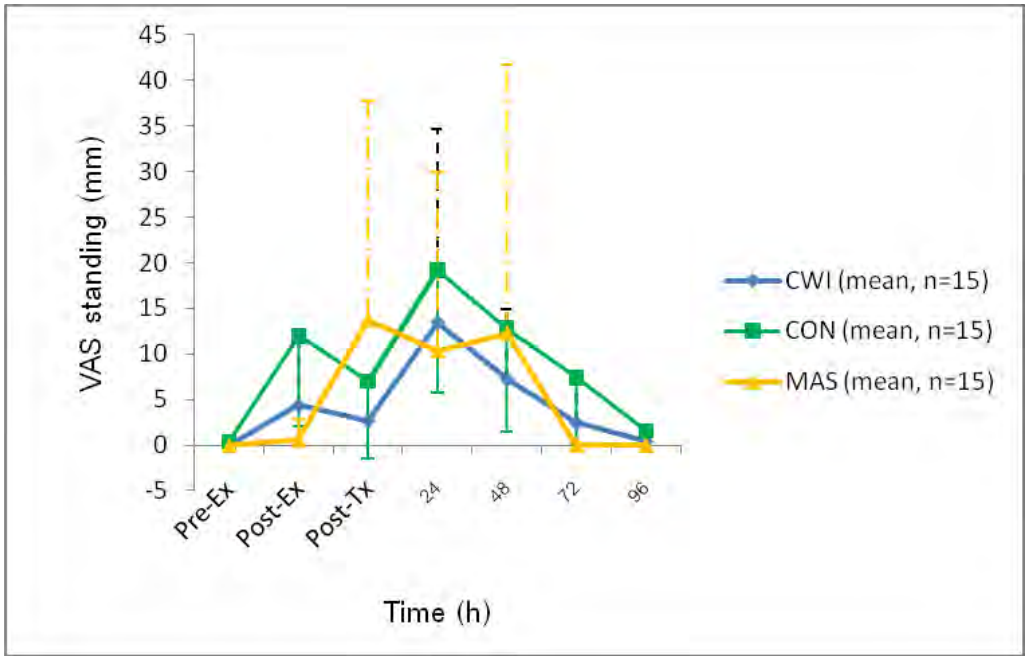



**Figure 4.2** Mean perceived soreness with standing for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Table 4.4** Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with passive quadriceps stretch between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | VAS (mm) of perceived soreness with passive quadriceps stretch | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 0 ± 0.5 | 0 ± 0.0 | 0 ± 0.0 |
| immediate after EIMD | 10 ± 12.3$^{\dagger}$ | 25 ± 31.3$^{\dagger}$ | 13 ± 16.7$^{\dagger}$ |
| after 20 min treatment | 14 ± 12.3$^{\dagger}$ | 18 ± 19.8$^{\dagger}$ | 21 ± 26.5$^{\dagger}$ |
| 24 h after EIMD | 28 ± 22.4$^{\dagger}$ | 29 ± 26.5$^{\dagger}$ | 22 ± 20.6$^{\dagger}$ |
| 48 h after EIMD | 23 ± 18.4$^{\dagger\#}$ | 22 ± 22.5$^{\dagger\S}$ | 13 ± 25.4$^{\dagger\#\S}$ |
| 72 h after EIMD | 16 ± 12.7$^{\dagger\#}$ | 11 ± 15.6$^{\dagger}$ | 7 ± 11.1$^{\dagger\#}$ |
| 96 h after EIMD | 5 ± 4.0$^{\dagger\#}$ | 3 ± 5.3$^{\dagger\S}$ | 1 ± 2.2$^{\#\S}$ |

Values are Mean ± SD. VAS, visual analog score; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

§ Significant difference between CWI and MAS groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

**Thigh circumferences (TC)**

Thigh circumference measurements were expressed as mean ± SD and relative % change from baseline (Figure 4.6-4.7). There was a significant main effect of some time points on TC at mid-belly of knee extensors muscle point (Table 4.7) and TC at

musculotendinous junction point (Table 4.8) ($p<0.05$). TC at mid-belly point showed only a significant increase in CON group when compared to CWI group ($p<0.05$) at 48 h after exercise, and a significant decrease in MAS group when compared to CON group ($p<0.05$) at 96 h after exercise, but no groups effect on TC at musculotendinous junction point was found.

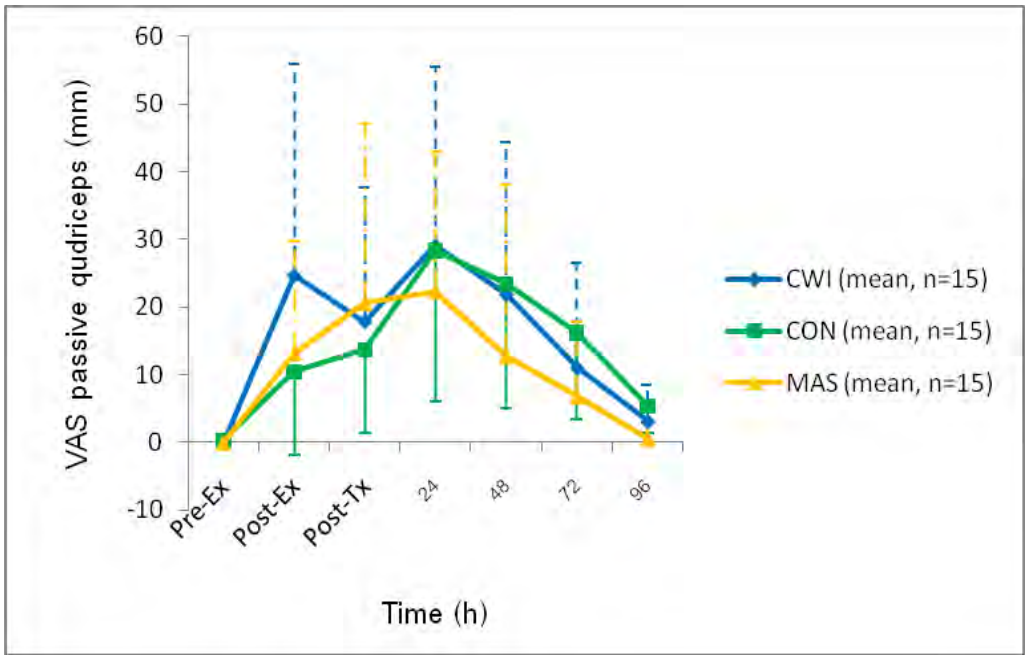



**Figure 4.3** Mean perceived soreness with passive quadriceps stretch for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Table 4.5** Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with MVC between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | VAS (mm) of perceived soreness with MVC | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 0 ± 0.5 | 0 ± 0.0 | 0 ± 0.0 |
| Immediate after EIMD | 7 ± 7.4$^{\dagger\#}$ | 6 ± 9.8$^{\dagger}$ | 2 ±5.2$^{\#}$ |
| after 20 min treatment | 4 ± 4.7 $^{\dagger}$ | 9 ± 19.7$^{\dagger}$ | 10 ± 16.9$^{\dagger}$ |
| 24 h after EIMD | 8 ± 7.7$^{\dagger}$ | 19 ± 23.2$^{\dagger}$ | 11 ± 18.3$^{\dagger}$ |
| 48 h after EIMD | 15 ± 15.2$^{\dagger\#}$ | 15 ± 22.1$^{\dagger\S}$ | 0 ± 1.2$^{\#\S}$ |
| 72 h after EIMD | 6 ± 4.8$^{\dagger\#}$ | 6 ± 7.5$^{\dagger\S}$ | 0 ± 0.0$^{\#\S}$ |
| 96 h after EIMD | 2 ± 1.5$^{\dagger\#}$ | 2 ± 4.9$^{\dagger\S}$ | 0 ± 0.0$^{\#\S}$ |

Values are mean ± SD. VAS, visual analog score; MVC, maximal voluntary contraction; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

§ Significant difference between CWI and MAS groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

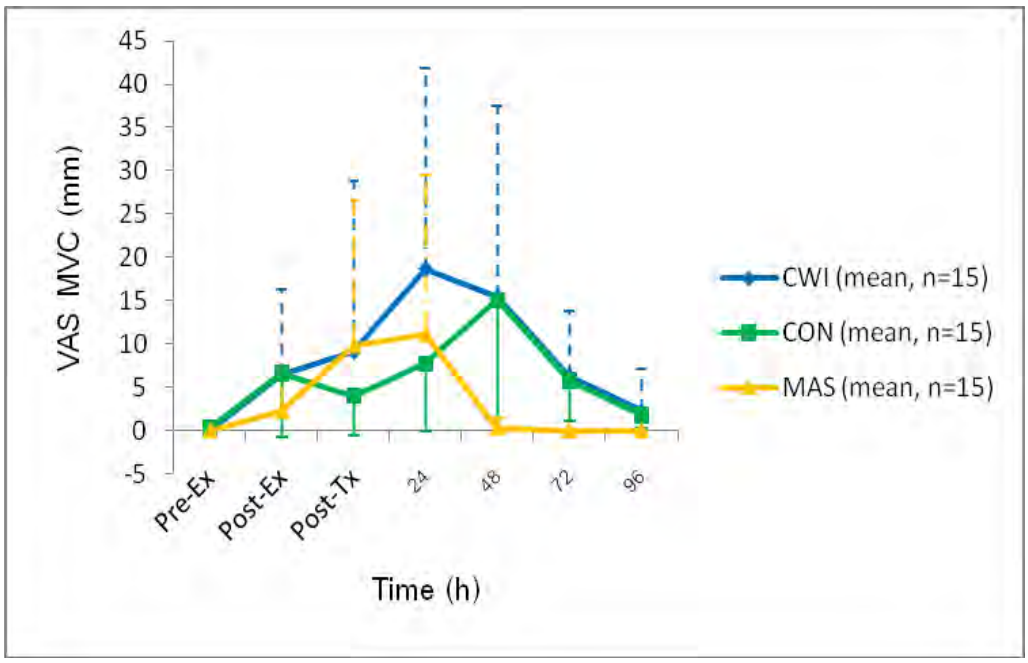



**Figure 4.4** Mean perceived soreness with MVC for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Table 4.6** Comparison of perceived soreness (0-100 mm) with VJ between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | VAS (mm) of perceived soreness with VJ | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| Baseline | 0 ± 0.5 | 0 ± 0.0 | 0 ± 0.0 |
| immediate after EIMD | 13 ± 13.6$^{\dagger\#}$ | 21 ± 19.8$^{\dagger\S}$ | 2 ± 6.0$^{\#\S}$ |
| after 20 min treatment | 7 ± 7.9$^{\dagger\#}$ | 15 ± 23.5$^{\dagger\S}$ | 7 ± 19.2$^{\#\S}$ |
| 24 h after EIMD | 24 ± 12.7$^{\dagger\#}$ | 26 ± 28.3$^{\dagger\S}$ | 12 ± 22.7$^{\#\S}$ |
| 48 h after EIMD | 20 ± 14.7$^{\dagger\#}$ | 20 ± 27.1$^{\dagger\S}$ | 3 ± 7.2$^{\#\S}$ |
| 72 h after EIMD | 10 ± 6.9$^{\dagger\#}$ | 10 ± 9.9$^{\dagger\S}$ | 0 ± 0.0$^{\#\S}$ |
| 96 h after EIMD | 3 ± 1.8$^{\dagger\#}$ | 3 ± 6.9$^{\dagger\S}$ | 1 ± 3.0$^{\#\S}$ |

Values are mean ± SD. VAS, visual analog score; VJ, vertical jump; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

§ Significant difference between CWI and MAS groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

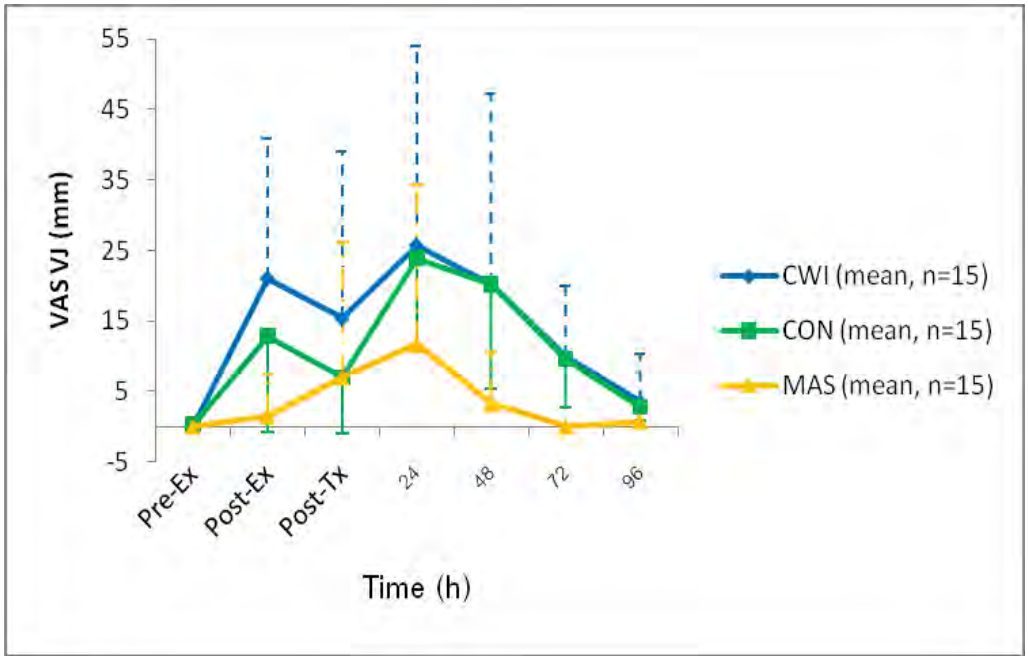



**Figure 4.5** Mean perceived soreness with vertical jump for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Table 4.7** Comparison of TC at mid-belly of rectus femoris muscle point between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | TC at mid-belly of rectus femoris muscle point (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 54.6 ± 5.7 | 53.3 ± 3.3 | 54.7 ± 4.4 |
| immediate after EIMD | 55.2 ± 5.7 | 53.6 ± 3.4 | 54.8 ± 4.2 |
| after 20 min treatment | 54.6 ± 5.7 | 53.1 ± 3.4 | 54.5 ± 4.1 |
| 24 h after EIMD | 55.3 ± 5.6† | 53.7 ± 3.6 | 54.9 ± 4.3 |
| 48 h after EIMD | 55.4 ± 5.4†* | 53.4 ± 3.7* | 54.8 ± 4.3 |
| 72 h after EIMD | 55.0 ± 5.7† | 53.9 ± 3.6 | 54.6 ± 4.6 |
| 96 h after EIMD | 54.7 ± 5.5# | 53.4 ± 3.9 | 54.0 ± 4.4†# |

Values are Mean ± SD. TC, thigh circumference; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

* Significant difference between CWI and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

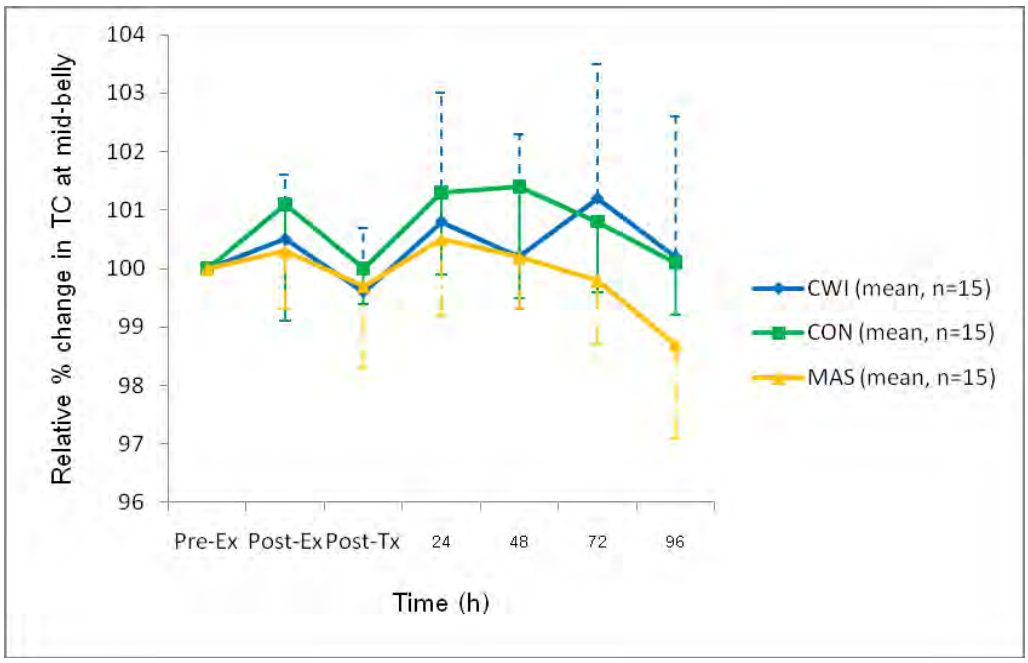



**Figure 4.6** Mean relative percentage change of TC at mid-belly point for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Table 4.8** Comparison of TC at musculotendinous junction point between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | TC at musculotendinous junction point (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 43.1 ± 4.3 | 41.3 ± 3.0 | 42.3 ± 3.0 |
| immediate after EIMD | 43.4 ± 4.2 | 41.8 ± 3.2† | 42.6 ± 2.8† |
| after 20 min treatment | 43.2 ± 4.7 | 41.4 ± 3.1 | 42.4 ± 3.0 |
| 24 h after EIMD | 43.3 ± 4.4 | 41.4 ± 3.5 | 42.6 ± 2.8 |
| 48 h after EIMD | 43.5 ± 4.5 | 41.1 ± 3.2 | 42.6 ± 2.8† |
| 72 h after EIMD | 43.2 ± 4.2 | 41.4 ± 3.1 | 42.3 ± 3.2 |
| 96 h after EIMD | 43.1 ± 4.7 | 40.8 ± 3.1† | 41.6 ± 3.0† |

Values are Mean ± SD. TC, thigh circumference; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

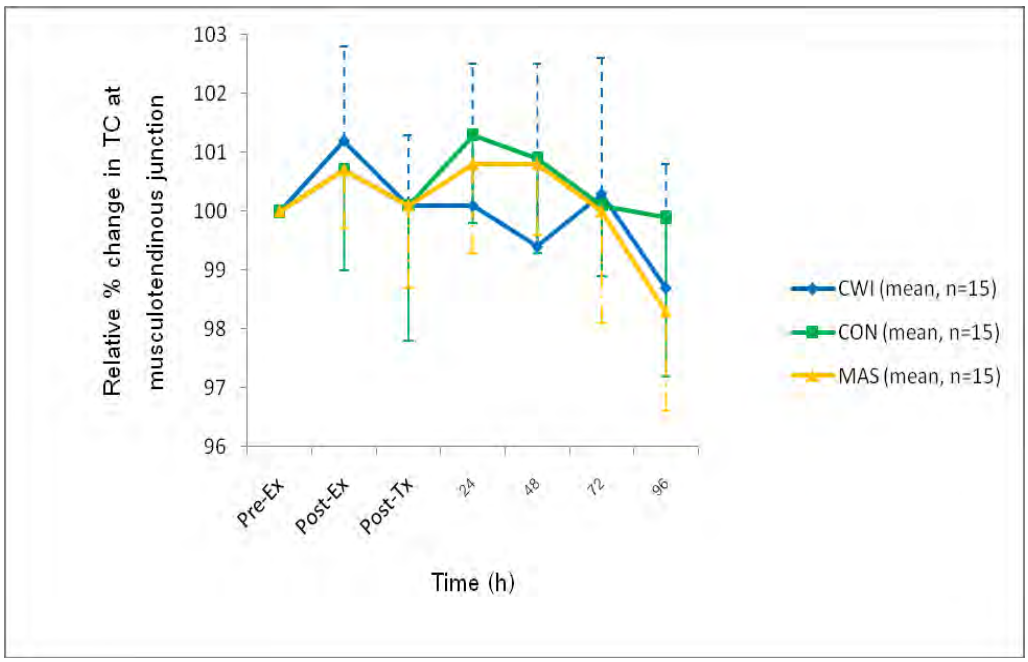



**Figure 4.7** Mean relative percentage change of TC at musculotendinous junction point for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Range of motion (ROM)**

Range of motion (ROM) was expressed as mean ± SD and relative % change from baseline (Figure 4.8). All three groups there was a significant main effect of time ($p<0.05$) on ROM (Table 4.9), which they showed significant difference at any time points from baseline, but ROM were increased into baseline level after EIMD 96 h for 3 groups ($p>0.05$). They showed a significant greater on ROM in CWI compared with CON groups at 20 min post treatment, 24 and 48 h after exercise ($p<0.05$) and showed

a significant greater on ROM in MAS compared with CON groups at 20 min post treatment, 48 and 72 h after exercise ($p<0.05$). The ROM of 3 groups was showed a similar pattern, the lowest at 24 h after plyometric exercise, and returning to baseline value at 48 h which completely returned to baseline at 96 h after drop jump ($p>0.05$) (Figure 4.8).

**Table 4.9** Comparison of ROM between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | ROM knee flexion (degrees) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 130 ± 2.6 | 130 ± 0.8 | 130 ± 4.5 |
| immediate after EIMD | 127 ± 4.7† | 128 ± 1.0† | 127 ± 5.0† |
| after 20 min treatment | 125 ± 3.8†*# | 128.3 ± 1.5†* | 127.7 ± 4.6†# |
| 24 h after EIMD | 125.7 ± 4.7†* | 127.3 ± 1.3†* | 127.7 ± 5.6† |
| 48 h after EIMD | 124.7 ± 4.0†*# | 128.3 ± 1.0†* | 128.3 ± 5.6†# |
| 72 h after EIMD | 127.7 ± 3.6†# | 129 ± 0.8† | 130 ± 4.7†# |
| 96 h after EIMD | 130 ± 2.8 | 130 ± 0.8 | 130 ± 4.7 |

Values are Mean ± SD. ROM, range of motion; EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

* Significant difference between CWI and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

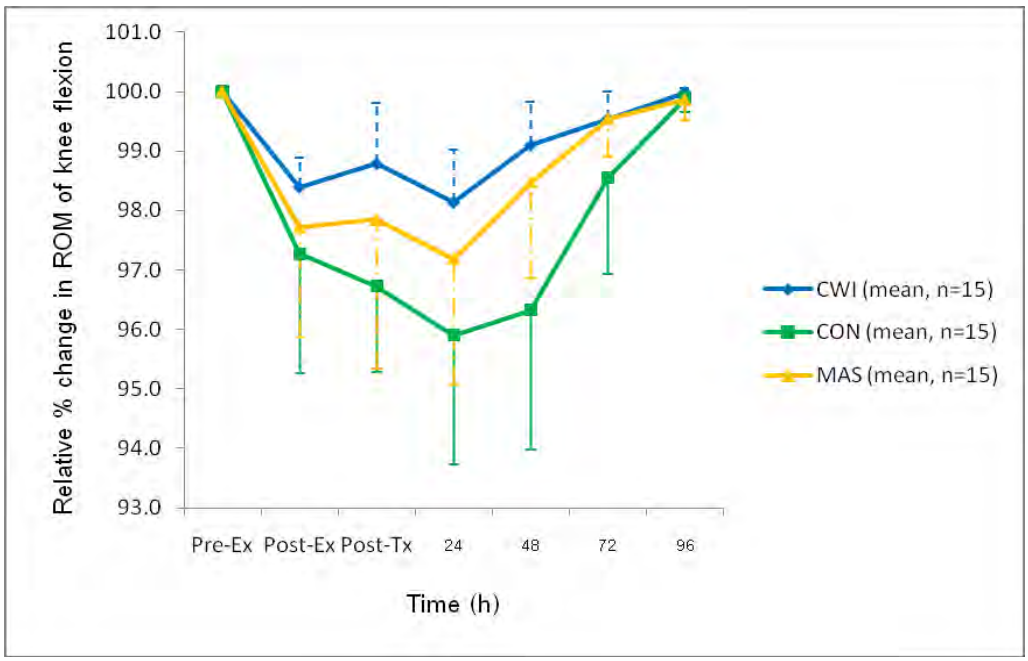



**Figure 4.8** Mean relative percentage change in ROM of knee flexion for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Maximal voluntary contraction (MVC) of knee extensors isometric strength**

Kilogram per bodyweight (Table 4.10) and relative % change from baseline (Figure 4.9) of maximal voluntary contraction (MVC) represented to knee extensors isometric strength test. All three groups there was a significant main effect of time ($p<0.05$) on knee extensors isometric strength. They showed a significant greater on MVC in CON compared with CWI groups at 20 min post treatment and 24 h after exercise ($p<0.05$) and showed a significant greater on MVC in MAS compared with CWI groups at immediately post-exercise & treatment and 24 h after exercise ($p<0.05$).

The MVC of knee extensors of 3 groups was showed the lowest percentage decrement at 20 min post-treatment, 24, and 48 h from baseline measures for the CWI,

MAS and CON group was 70%, 84% and 78% respectively (Figure 4.9), and returning to baseline value at 48 h.

**Table 4.10** Comparison of MVC of knee extensors between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | MVC of knee extensors (kg/BW) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 0.23 ± 0.03 | 0.24 ± 0.04 | 0.24 ± 0.03 |
| immediate after EIMD | 0.19 ± 0.05† | 0.18 ± 0.03†§ | 0.21 ± 0.02†§ |
| after 20 min treatment | 0.20 ± 0.03†* | 0.16 ± 0.03†*§ | 0.21 ± 0.03†§ |
| 24 h after EIMD | 0.20 ± 0.04†* | 0.18 ± 0.03†*§ | 0.20 ± 0.03†§ |
| 48 h after EIMD | 0.18 ± 0.04† | 0.19 ± 0.04† | 0.21 ± 0.03† |
| 72 h after EIMD | 0.20 ± 0.04† | 0.20 ± 0.04† | 0.22 ± 0.03† |
| 96 h after EIMD | 0.22 ± 0.04† | 0.22 ± 0.04† | 0.23 ± 0.03† |

Values are Mean ± SD. EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

* Significant difference between CWI and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

§ Significant difference between CWI and MAS groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

**Leg isometric strength**

Kilogram per bodyweight (Table 4.11) and relative % change from baseline (Figure 4.10) of leg isometric strength test expressed in this part. There was a significant

main effect of any time point compared with baseline ($p<0.05$) on leg isometric strength. Only a significant greater in CON compared with CWI and MAS groups were found on leg isometric strength after treatment ($p<0.05$). A quite similar pattern in the leg isometric strength of 3 groups could be observed, the lowest percentage decrement at immediately post-exercise and treatment from baseline measures for the CWI, CON and MAS group was 80%, 86% and 78% respectively (Figure 4.10), and returning to baseline value at 48 h.

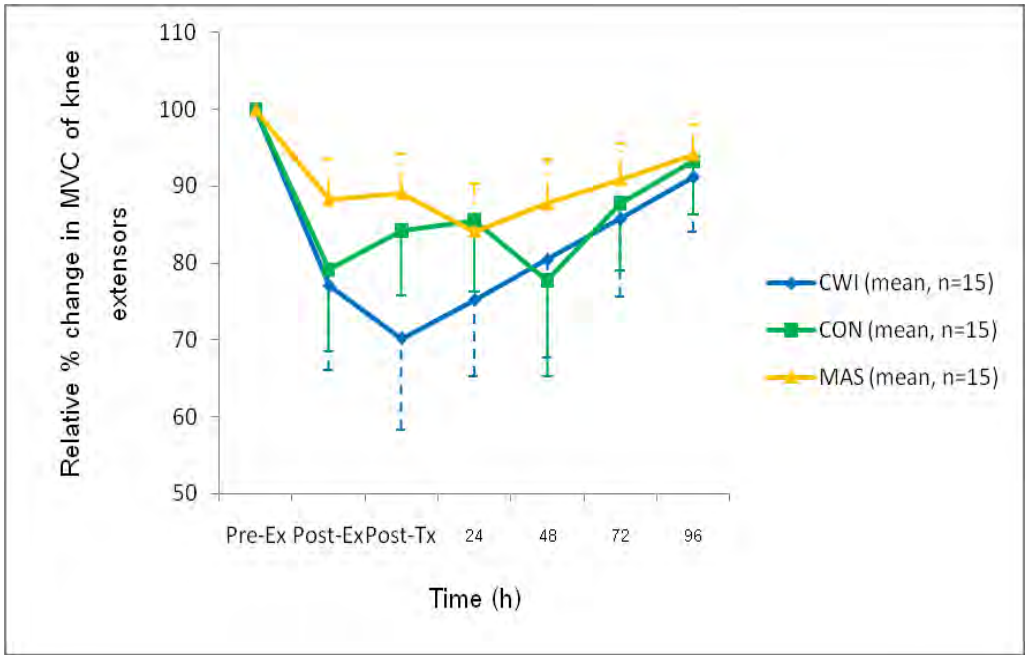



**Figure 4.9** Mean relative percentage change in MVC of knee extensors muscle for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Table 4.11** Comparison of leg isometric strength between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | Leg isometric strength (kg/BW) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 2.99 ± 0.4 | 3.80 ± 0.3 | 3.49 ± 0.3 |
| immediate after EIMD | 2.58 ± 0.4$^{\dagger}$ | 3.04 ± 0.5$^{\dagger}$ | 2.90 ± 0.5$^{\dagger}$ |
| after 20 min treatment | 2.77 ± 0.4$^{\dagger *\#}$ | 3.10 ± 0.5$^{\dagger *}$ | 2.70 ± 0.4$^{\dagger\#}$ |
| 24 h after EIMD | 2.66 ± 0.4$^{\dagger}$ | 3.28 ± 0.3$^{\dagger}$ | 3.13 ± 0.4$^{\dagger}$ |
| 48 h after EIMD | 2.66 ± 0.4$^{\dagger}$ | 3.39 ± 0.3$^{\dagger}$ | 3.15 ± 0.5$^{\dagger}$ |
| 72 h after EIMD | 2.76 ± 0.3$^{\dagger}$ | 3.54 ± 0.3$^{\dagger}$ | 3.32 ± 0.4$^{\dagger}$ |
| 96 h after EIMD | 2.96 ± 0.4$^{\dagger}$ | 3.67 ± 0.3$^{\dagger}$ | 3.42 ± 0.4$^{\dagger}$ |

Values are Mean ± SD. EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

* Significant difference between CWI and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

# Significant difference between MAS and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

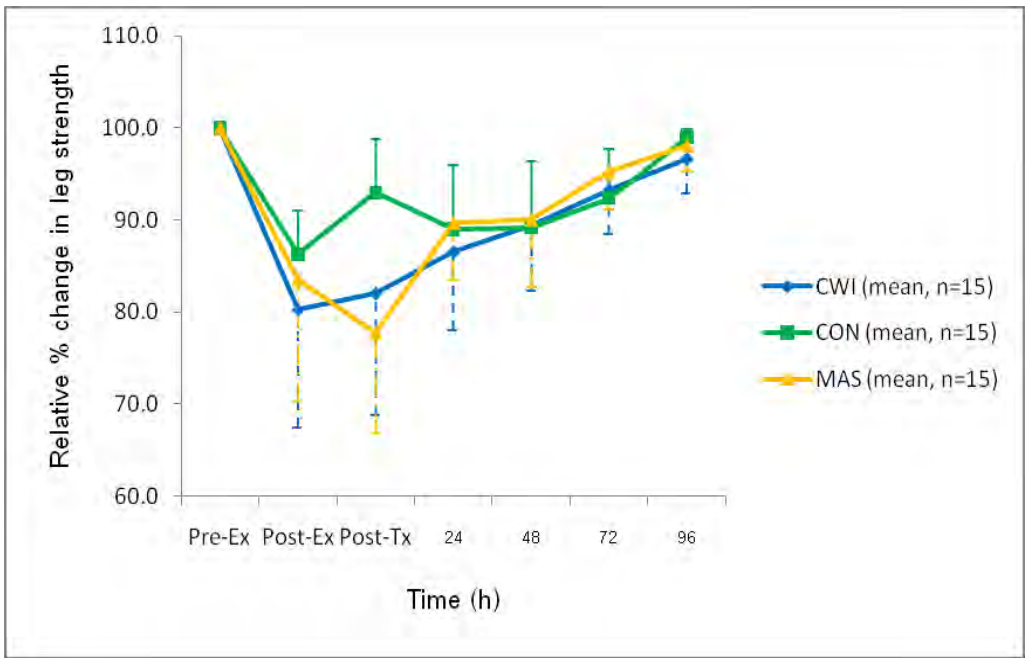



**Figure 4.10** Mean relative percentage change in leg strength for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON ○, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

**Vertical jump performance**

Vertical jump performance was expressed as mean ± SD (Table 4.12) and relative % change from baseline (Figure 4.11). There was a significant main effect of all time points compared with baseline ($p<0.05$) on vertical jump height. Only a significant lower in CWI compared with MAS and CON groups were found on vertical jump performance after treatment ($p<0.05$). The vertical jump height of 3 groups was showed the lowest percentage decrement at 20 min post-treatment, 24, and 48 h from baseline measures for the CWI, MAS and CON group was 80%, 92.5% and 92.8% respectively (Figure 4.11), and returning to baseline value at 48 h.

**Table 4.12** Comparison of vertical jump height between cryotherapy (CWI) group, massage (MAS) group and control (CON) group

| Time | Vertical jump height (cm) | | |
|---|---|---|---|
| | Control (CON) (n=15) | Cryotherapy (CWI) (n=15) | Massage (MAS) (n=15) |
| baseline | 51.7 ± 5.6 | 57.8 ± 6.8 | 57.0 ± 4.6 |
| immediate after EIMD | 50.1 ± 5.8† | 53.8 ± 4.5† | 54.6 ± 5.1† |
| after 20 min treatment | 50.3 ± 5.8†* | 46.2 ± 4.8†*§ | 54.3 ± 4.5†§ |
| 24 h after EIMD | 48.9 ± 6.1† | 53.1 ± 6.7† | 52.8 ± 5.4† |
| 48 h after EIMD | 47.9 ± 4.3† | 53.7 ± 6.7† | 53.9 ± 4.8† |
| 72 h after EIMD | 49.0 ± 5.6† | 55.9 ± 7.4† | 55.9 ± 4.7† |
| 96 h after EIMD | 50.8 ± 5.9† | 56.4 ± 6.5† | 56.6 ± 4.5† |

Values are Mean ± SD. EIMD, exercise induced muscle damage (i.e. drop jump exercise)

* Significant difference between CWI and CON groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

§ Significant difference between CWI and MAS groups by Kruskal-Wallis Test and Mann-Whitney U tests ($p < 0.05$)

† Significant time difference from baseline by Friedman test and Wilcoxon's signed ranks tests ($p < 0.05$)

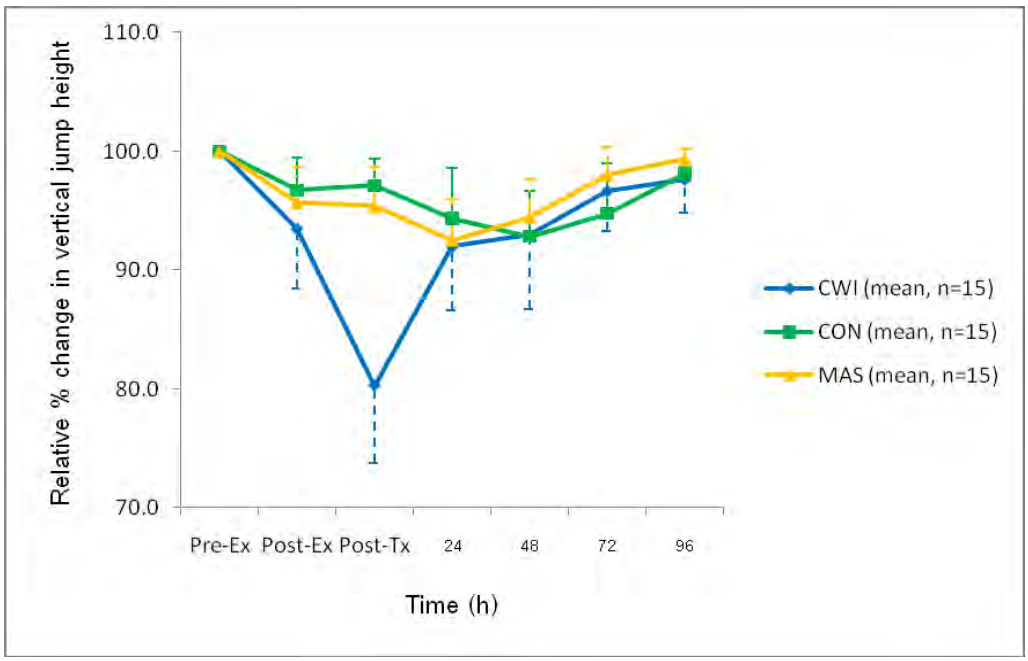



**Figure 4.11** Mean relative percentage change in vertical jump height for the cryotherapy (CWI Δ, n=15), massage (MAS □, n=15) and control (CON o, n=15) groups after the damaging plyometric exercise.

## ACUTE TREATMENT EFFECT

After 20 min treatment of either petrissage massage or cold water immersion (Table 4.13), higher VAS score was observed in the MAS group than the CWI group. There was no significant change of muscle swelling in term of TC measurement among all groups. Muscle stiffness in term of ROM were maintained in both MAS and CWI groups while decrease ROM was observed in the CON group. MVC data demonstrated the highest muscle strength in the MAS group. However, the highest decrease of muscle strength was observed in the CWI group.

## DELAYED TREATMENT EFFECT

Twenty-four hours after EIMD, all data were collected and compared to the baseline (pre-EIMD) for the delayed treatment effect (Table 4.14). Lower VAS score was observed in the MAS group than the CWI group while no significant change of TC measurement was observed in both groups. Both MAS and CWI groups demonstrated the less decrease on ROM when compared to the CON group. MVC data demonstrated the highest muscle strength in the MAS group. However, the highest decrease of muscle strength was observed in the CWI group.

**Table 4.13** The results of acute treatment effect on functional signs of DOMS*

| GR. | Visual analog scale | | | | Thigh circumference | | Range of motion | STRENGTH | | Vertical jump height |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | STAND | PASS | MVC | VJ | MID-BELLY | MUSCULO. | | MVC | LEG | |
| CON | ↑2 | ↑3 | ↑3 | ↑3 | ↓2 | ↔ | ↓1 | ↓2 | ↓3 | ↓3 |
| CWI | ↑3 | ↑2 | ↑2 | ↑1 | ↓1 | ↔ | ↓3 | ↓1 | ↓2 | ↓1 |
| MAS | ↑1 | ↑1 | ↑1 | ↑2 | ↓1 | ↔ | ↓2 | ↓3 | ↓1 | ↓2 |

*Data were collected at immediate after 20 min treatments. PASS, passive quadriceps stretch; MVC, maximal voluntary contraction; VJ, vertical jump test; musculo., musculotedinous junction point

↑1, ↓1 = highest changes except highest score for VAS

↑2, ↓2 = the second change except the second score for VAS

↑3, ↓3 = lowest changes except lowest score for VAS

**Table 4.14** The results of delayed treatment effect on functional signs of DOMS*

| GR. | CK | Visual analog scale | | | | Thigh circumference | | Range of motion | STRENGTH | | Vertical jump hieght |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | STAND | PASS | MVC | VJ | MID-BELLY | MUSCULO. | | MVC | LEG | |
| CON | ↑1 | ↑1 | ↑2 | ↑2 | ↑2 | ↑1 | ↑1 | ↓1 | ↓2 | ↓2 | ↓1 |
| CWI | ↑2 | ↑2 | ↑1 | ↑1 | ↑1 | ↑2 | ↑3 | ↓3 | ↓1 | ↓1 | ↓2 |
| MAS | ↑3 | ↑3 | ↑3 | ↑3 | ↑3 | ↑3 | ↑2 | ↓2 | ↓3 | ↓3 | ↓3 |

*Data were collected at 24 h post EIMD. CK, creatine kinase; MVC, maximal voluntary contraction; VJ, vertical jump test; PASS, passive quadriceps stretch; musculo., musculotedinous junction point

↑1, ↓1 = highest changes except highest score for VAS

↑2, ↓2 = the second change except the second score for VAS

↑3, ↓3 = lowest changes except lowest score for VAS

## TREATMENT EFFECT ON RECOVERY FROM DOMS

Recovery from DOMS in all groups (Table 4.15) were represented by data collected at 96 h after EIMD. The petrissage massage treatment group demonstrated fully recovery of soreness sensation assessment (VAS), muscle swelling (TC measurement), muscle stiffness (ROM) and gradually recovery of functional muscle strength (MVC, leg strength and VJ). However, the cold water immersion group showed similar recovery on most of measurement except the pain score.

**Table 4.15** The results of functional signs recovery from DOMS after treatments*

| GR. | | CK | Visual analog scale | | | | Thigh circumference | | Range of motion | STRENGTH | | Vertical jump hieght |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | STAND | PASS | MVC | VJ | MID-BELLY | MUSCULO. | | MVC | LEG | |
| CON (n=15) | | | | | | | | | | | | |
| 48 h | G | 15 | 14 | 15 | 15 | 14 | 10 | 6 | 15 | 15 | 14 | 14 |
| | F | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 9 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 72 h | G | 14 | 12 | 15 | 12 | 15 | 6 | 2 | 13 | 15 | 13 | 14 |
| | F | 1 | 3 | 0 | 3 | 0 | 9 | 13 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 96 h | G | 15 | 7 | 12 | 8 | 11 | 2 | 2 | 4 | 13 | 4 | 7 |
| | F | 0 | 8 | 3 | 7 | 4 | 13 | 13 | 11 | 2 | 11 | 8 |
| CWI (n=15) | | | | | | | | | | | | |
| 48 h | G | 15 | 10 | 15 | 11 | 12 | 4 | 4 | 11 | 14 | 15 | 12 |
| | F | 0 | 5 | 0 | 4 | 3 | 11 | 11 | 4 | 1 | 0 | 3 |
| 72 h | G | 15 | 5 | 13 | 11 | 13 | 7 | 6 | 9 | 14 | 15 | 9 |
| | F | 0 | 10 | 2 | 4 | 2 | 8 | 9 | 6 | 1 | 0 | 6 |
| 96 h | G | 14 | 4 | 8 | 7 | 8 | 4 | 2 | 1 | 14 | 11 | 8 |
| | F | 1 | 11 | 7 | 8 | 7 | 11 | 13 | 14 | 1 | 4 | 7 |
| MAS (n=15) | | | | | | | | | | | | |
| 48 h | G | 15 | 4 | 9 | 1 | 3 | 5 | 6 | 11 | 15 | 15 | 15 |
| | F | 0 | 11 | 6 | 14 | 12 | 10 | 9 | 4 | 0 | 0 | 0 |
| 72 h | G | 15 | 1 | 7 | 0 | 0 | 1 | 5 | 6 | 14 | 15 | 9 |
| | F | 0 | 14 | 8 | 15 | 15 | 14 | 10 | 9 | 1 | 0 | 6 |
| 96 h | G | 13 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 13 | 12 | 6 |
| | F | 2 | 15 | 14 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 2 | 3 | 9 |

*Data were collected at 48-96 h post EIMD. CK, creatine kinase; MVC, maximal voluntary contraction; VJ, vertical jump test; PASS, passive quadriceps stretch; musculo., musculotedinous junction point

G = gradually recover (≥ 80 % improvement to baseline), F = fully recover (≥ 100% improvement to baseline)

# CHAPTER V
# DISCUSSION AND CONCLUSION

Forty five eligible healthy Thai male volunteers were recruited into 3 groups of 15, i.e., cold water immersion group (CWI), petrissage massage group (MAS) and control group (CON) which showed on baseline characteristics (Table 4.1). After performed 100 drop jump exercise, participants were given 20 min treatment within 10-15 min after the exercise. Tests were measured 7 times; immediately before exercise, immediately after exercise, after 15-20 min intervention, 24, 48, 72 and 96 h after exercise.

Delayed onset of muscle soreness (DOMS) of knee extensors muscle group was successfully stimulated by drop jump plyometric exercise in this study. The significant time effects of variables such as serum CK and muscle soreness sensation demonstrated the success in precipitating damage, which agree with previous studies using the same protocol (Miyama and Nosaka, 2004; Goodall et al., 2008; Howatson et al., 2009).

Serum total creatine kinase activity (CK), as a widely accepted blood marker of muscle damage (Brancaccio, 2007) was used in this study. The baseline level of serum CK of all groups were higher than the normal reference range of CK (i.e. 50-170 U/L) when analysed by CK-NAC analyser. All participants in this study were sports science students which might involved more daily physical activity than sedentary subjects. Although they were asked not to perform resistance or plyometric exercise, their regular activities may contribute to higher serum CK than sedentary persons. Serum CK in all 3 groups peaked at 24 h post-exercise and gradually declined to baseline at 96 h post-exercise, but no significant difference was found between groups which was similar to previous report by Miyama and Nosaka, 2004; Goodall et al., 2008; Howatson et al., 2009. Moreover, participant's lifestyle could not control about physical activity, amount

of exercise, antioxidant food intake. The further study should focus on these confounders within period the investigation which may bring them to living together in the same place.

Soreness sensations assessed by visual analog scale (VAS) showed a similar pattern immediately increased intensity after the exercise, peaked at 24-48 h after exercise, then gradually decreased into baseline level, which consistent with previous report (Howatson et al., 2009; 2008). VAS data from delayed treatment effect of CWI group showed the highest muscle soreness score when performed passive quadriceps stretching and vertical jump (i.e., elongation muscle activities which were the same as inducing eccentric exercise activity) whereas the massage group had the lowest score. It is unclear why pain increased in participants subjected to cold water immersion. The cold water immersion group in this study may have experienced a significant painful stimulus at the time of immersion. Interestingly, the perceived soreness in cold water immersion group from acute intervention effect was shown less than in massage group. Its result can be assumed that cold water give a positively subjective feeling more than an action from massage to the participants and hydrostatic pressure from immersion may be inhibitory mechanisms of neuromuscular function (Montgomery et al., 2008). On the contrary, the petrissage massage would increase the blood circulation and also possible to assume that massage assists in reduction macrophages at the damaged muscle. Therefore the synthesis of prostaglandin $E_2$ would be reduced which leaded to lesser pain (Smith, 1991; Fedorko, 2007). In comparison with other study (Howatson et al., 2009; 2008), which have demonstrated mean VAS score of up to 100-120/200 mm after exercise with 100 drop jump plyometric protocol. For example, the control group in this study expressed only a maximum of 28/100 mm, the cold water immersion group a maximum of 29/100 mm, and the massage group a maximum of 22/100 mm of pain (with passive quadriceps stretch at 24 h). The pain experience is determined by both physiological and psychological influences, and the meaning or context that a subject attaches to a particular stimulus can influenced the low interpretation score of soreness

sensation that were shown in this study. The further study should make sure for participant interpretation score of pain assessment which may use simple descriptive intensity scale assessment then were converted to visual analog scale for data analysis.

Exercise-induced muscle tissue injury leads to an influx of fluid and an elevation of intramuscular pressure. The modalities that promote fluid movement away from the muscle, would be expected to result in less soreness sensation and improved physical performance. The result showed that no group effect on thigh circumference was observed in this study. Accordingly, both treatments had no effect to reduce some swelling of the damaged muscle, as a result that has been demonstrated in previous reports (Sellwood et al., 2007; Howatson et al., 2009; 2008). It might be considered that the intervention was unsuccessful to bring about these vascular changes or the decreasing movement of the waste and fluid of blood circulation into the interstitial space from the exercise induced inflammation (Connolly et al., 2003).

In contrast to previous studies using the same exercise protocol (Miyama and Nosaka, 2004; Goodall et al., 2008; Howatson et al., 2009), this study demonstrated a significant greater on range of motion (ROM) in cold water immersion, massage compared to control group. Therefore, both treatments had an effect to improve ROM of the damaged muscle after the exercise, which concur in line with those of previous reports (Eston et al., 1999; Montgomery et al., 2008; Ogai et al., 2008). A reduction in joint ROM has been appeared from a loss of strength or swelling within the perimuscular connective tissues after the exercise induced muscle damage (Howatson and Someren, 2008). Therefore, the treatment applied to both massage and cold water immersion groups prevented loss of muscle strength due to ROM improvement in the intervention groups.

Maximal voluntary contraction (MVC) of knee extensors was showed a significant improve in control and massage compared with cold water immersion groups at 24 h

after the exercise. Therefore, the massage had a local effect to improve knee extensors strength after EIMD, which similar to other eccentric exercise protocol studies (Willems et al., 2009; Rhea et al., 2009; Bakhtiary et al., 2007). Besides the result from knee extensor strength, leg isometric strength was showed greater in control compared with cold water immersion and massage groups and there was a significant lower in cold water immersion compared with massage and control groups on vertical jump performance after treatment only. In conclusively, both treatments might be an ineffective to improve leg strength and vertical jump performance following plyometric exercise, which is the contrary respond as previous study using a different eccentric exercise protocol (Willem et al., 2009; Mancinelli et al., 2006; Skurvydas et al., 2006). It might be assumed that these treatments had not enough effect to maintain and improve the whole muscle function recovery.

In contrast to the positive effects of cold water immersion that have been shown in previous literatures (Vaile et al., 2010; Buchheit et al., 2009; Vaile et al., 2008; Parouty et al., 2010). Cryotherapy is used to diminish the inflammatory response, swelling, edema, haematoma and pain (Scott et al, 2004). Moreover it remains widely used in clinical practice as a recovery method. Nevertheless, these changes were not observed in this study. Besides, it may include psychological benefits or feel relaxation from decreasing body temperature after strenuous exercise. Therefore, the further study about cold water immersion interventions should still examine the factors of temperature, duration and frequency to provide clinical practice on recovery performance in athletic population.

Twenty minutes petrissage massage improved some muscle function recovery and reduced DOMS following plyometric exercise, which is the same response found in other exercise protocol (Robertson et al., 2004; Ogai et al., 2008; Willems et al., 2009; Bakhtiary et al., 2007; Mancinelli et al., 2006). These effects were observed because

the massage is contribute to increase local blood and lymph flow (i.e. vasodilation), neutrophils, and decrease oedema and pain sensation (i.e. a reduction in prostaglandin production and tactile information for gate control theory) (Pornratshanee, 2005). Moreover, the massage may reduce the concentration of cortisol and rise in plasma beta-endophins and serotonin following strenuous exercise (Ogai R et al., 2008). In line with these assumptions, the results of petrissage massage were quite effective in this study.

## Conclusion

These investigations reveal that petrissage massage could reduce soreness sensation, and improved ROM and MVC following the plyometric exercise. However, its effect could not improve CK clearance, thigh circumference, leg strength and vertical jump performance. The cold water immersion showed that it only improved ROM, but its efficacy remained unclear on others functional signs of DOMS in this investigation. These results suggest that petrissage massage is more practical and effective than cold water immersion as a recovery strategy on diminishing DOMS following the damaging exercise. Lowering body temperature in the cryotherapy group demonstrate the lower functional signs of muscle activity of both acute (Table 4.13) and delayed treatment effects (Table 4.14). Application of cryotherapy during the competition period should be used with precaution because the nerve function might be affected from lowering temperature. In conclusion, the petrissage massage is still the method of choice to reduce acute muscle soreness and prevent or subside the effects of DOMS on muscle functional signs.

# REFERENCE


Abass, A.O. Comparative Effect of Three Modes of Plyometric Training on Leg Muscle Strength of University Male Students. European Journal of Scientific Research 31(2009): 577-582.

Andrews, A.W., Thomas, M.W., and Bohannon, R.W. Normative Values for Isometric Muscle Force Measurements Obtained With Hand-held Dynamometers. Physical Therapy 76(1996): 248-259.

Armstrong, R.B. Mechanisms of exercise-induced delayed muscular soreness: a brief review. Medicine Science Sports Exercise 16(1984): 529-538.

Ayse, O., et al. The relationship between risk factors for falling and the quality of life in older adults. Bio Med Center Public Health 5(2005): 1-6.

Bailey, D.M., et al. Influence of cold-water immersion on indices of muscle damage following prolonged intermittent shuttle running. Journal of sports sciences 25(2007): 1163 – 1170.

Bakhtiary, A.H., Farokhi, Z.S., and Far, A.A. Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise. British Journal Sports Medicine 41(2007): 145–148.

Bohannon, R. Test-Retest Reliability of Hand-Held Dynamometry During a Single Session of Strength Assessment. Physical Therapy 66(1986): 206-209.

Brancaccio, P., Maffulli, N., and Limongelli, F.M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. British Medical Bulletin 81(2007): 209-230.

Buchheit, M., et al. Effect of cold water immersion on post-exercise parasympathetic reactivation. American Journal Physiology Heart Circulatory Physiology 296(2009): 421-427.

Connolly, D.A., Sayers, S.P., and Mchugh, M.P. Treatment and Prevention of Delayed Onset Muscle Soreness. Journal of Strength and Conditioning Research 17(2003): 197–208.

Crowley, G.C., et al. Effect of cooling the legs on performance in a standard Wingate anaerobic power test. British Journal Sports Medicine 25(1991): 200-203.

Dawson, L.G., Dawson, K.A., and Tiidus, P.M. Evaluating the influence of massage on leg strength, swelling, and pain following a half-marathon. Journal of Sports Science and Medicine 3(2004): 37-43.

Dunn, J.C., and Iversen, M.D. Interrater Reliability of Knee Muscle Forces Obtained by Hand-held Dynamometer from Elderly Subjects with Degenerative Back Pain, Journal of Geriatric Physical Therapy 26(2003): 23-29.

Eston, R., and Peters, D. Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage. Journal of Sports Sciences 17(1999): 231-238.

Farr, T., et al. The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking. Journal of Science and Medicine in Sport 5(2002): 297-306.

Fedorko, B.F. The effects of continuous compression as a therapeutic intervention on delayed onset muscle soreness following eccentric exercise. Doctoral dissertation. Graduate School, University of Pittsburgh, 2007.

Gill, N.D., Beaven, C.M., and Cook, C. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. British Journal Sports Medicine 40(2006): 260–263.

Giuseppe, B., Gianluca, M., and Pascal, V. Effects of cold-water immersion of legs after training session on serum creatine kinase concentrations in rugby players. British Journal Sports Medicine 41(2007): 339-340.

Goodall, S., and Howatson, G. The effects of multiple cold water immersions on indices of muscle damage. Journal of Sports Science and Medicine 7(2008): 235-241.

Hart, J.M., Swanik, C.B., and Tierney, R.T. Effects of Sport Massage on Limb Girth and Discomfort Associated With Eccentric Exercise. Journal of Athletic Training 40(2005): 181-185.

Hemmings, B., Smith, M., and Graydon, J. Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance. British Journal Sports Medicine 34(2000): 109-115.

Hilbert, J.E., Sforzo, G.A., and Swensen, T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. British Journal Sports Medicine 37(2003): 72-75.

Hough, T. Ergographic studies in muscular soreness. American Journal of Physiology 2(1902): 76-92.

Howatson, G., Goodall, S., and Someren, K.A. The influence of cold water immersions on adaptation following a single bout of damaging exercise. European Journal Applied Physiology 105(2009): 615–621.

Howatson, G., and Someren, K. The Prevention and Treatment of Exercise-Induced Muscle Damage. Sports Medicine 38(2008): 483-503.

Ingram, J., et al. Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise. Journal of Science and Medicine in Sport 12(2009): 417–421.

Jakeman, J.R., Macrae, R., and Eston, R. A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. Ergonomics 52(2009): 456-460.

Mancinelli, C.A., et al. The effects of massage on delayed onset muscle soreness and physical performance in female collegiate athletes. Physical Therapy in Sport 7(2006): 5–13.

McArdle, W.D., Katch, F.I., and Katch, V.L. Exercise Physiology Energy, Nutrition, & Human Performance. 6th ed. USA; Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

Meeusen, R., and Lievens, P. The use of cryotherapy in sports injuries. Sports Medicine 3(1986): 398–414.

Micklewright, D. The effect of soft tissue release on delayed onset muscle soreness: A pilot study. Physical Therapy in Sport 10(2009): 19–24.

Miyama, M., and Nosaka, K. Influence of surface on muscle damage and soreness influenced by consecutive drop jump. Journal of Strength and Conditioning Research 18(2008): 206–211.

Montgomery, P.G., et al. The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball. Journal of sports sciences 26(2008): 1135–1145.

Morales, M.A., et al. Effects of myofascial release after high-intensity exercise: a randomized clinical trial. Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics 31(2008): 217-223.

Newham, D.J. The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. European Journal of Applied Physiology 57(1988): 352-359.

Ogai, R., et al. Effects of petrissage massage on fatigue and exercise performance following intensive cycle pedaling. British Journal Sports Medicine 42(2008): 834–838.

Parouty, J., et al. Effect of cold water immersion on 100-m sprint performance in well-trained swimmers. European Journal Applied Physiology, 2010.

Peiffer, J.J., et al. Effect of cold water immersion duration on body temperature and muscle function. Journal of Sports Science 27(2009): 987–993.

Pornratshanee, W. Preexercise strategies: The effects of warm-up, stretching, and massage on symptoms of eccentric exercise-induced muscle damage and performance. Doctoral dissertation. Department of Sport and Recreation, graduate School, Auckland University of Technology, 2005.

Ramiz, A. Acute effects of pre-event lower limb massage on explosive and high speed motor capacities and flexibility. Journal of Sports Science and Medicine 7(2008): 549-555.

Rhea, M.R., Bunker, D., and Marín, P.J. Effect of iTonic whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals. Journal of Strength and Conditioning Research 23(2009): 1677-1682.

Robertson, A., Watt, J.M., and Galloway, S.D. Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise. British Journal Sports Medicine 38(2004): 173–176.

Rowsell, G.J., et al. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. Journal of sports sciences 27(2009): 565–573.

Scott, F., et al. The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. Pain Physician 7(2004): 395-399.

Sellwood, K.L., et al. Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial. British Journal Sports Medicine 41(2007):392–397.

Skurvydas, A., et al. Cooling leg muscles affects dynamics of indirect indicators of skeletal muscle damage. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation 19(2006): 141–151.

Smith, L.L. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness. Medicine and Science in Sports and Exercise 23(1991): 543-551.

Thomas, M., et al. Effectiveness of Sports Massage for Recovery of Skeletal Muscle From Strenuous Exercise. Clinical Journal Sports Medicine 18(2008): 446-460.

Turner, N., et al. Establishing Normative Data on Scapulothoracic Musculature Using Handheld Dynamometry. Journal of Sport Rehabilitation 18(2009): 502-520.

Vaile, J., et al. Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. British Journal Sports Medicine 10(2010): 1-6.

Vaile, J., et al. Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness, European Journal Applied Physiology 102(2008): 447–455.

Yamane, M., et al. Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation. European Journal Applied Physiology 96(2006): 572–580.

Warren, G.L., Lowe, D.A., and Armstrong, R.B. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. Sports Medicine 27(1999): 43-59.

Willem, M.E., Hale, T., and Wilkinson, C.S. Effects of manual massage on muscle-specific soreness and single leg jump performance after downhill treadmill walking. Med sport 13(2009): 61-66.

Zainuddin, Z., Newton, M., and Sacco, P. Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. Journal of Athletic Training 40(2005): 174–180.

# APPENDICES

APPENDIX A

**เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำแก่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย**

**(Patient information sheet)**

**ชื่อโครงการ** ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

(Effects of cryotherapy and petrissage massage on functional signs of delayed onset of muscle soreness of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male )


**ชื่อผู้วิจัย**

| | |
|---|---|
| น.ส. พรพิมล เหมือนใจ | ผู้วิจัย |
| รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย |
| รศ. ดร.วิไล อโนมะศิริ | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยร่วม |

**ผู้ดูแลที่ติดต่อได้**

1. รศ.นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ (02)2527854 ต่อ 129 (ที่ทำงาน), (081)492 3552

2. รศ. ดร. วิไล อโนมะศิริ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 02-256-4482

3. น.ส. พรพิมล เหมือนใจ นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 081-207-2579, 0-3839-2297

**สถานที่วิจัย**

1. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา และ/หรือ ภาคสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ห้องปฏิบัติการภาคเอกชน บริษัท RIA ชลบุรี

**เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แสดงข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของท่านในการเข้าร่วมการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามก่อนที่ท่านตกลงเข้าร่วมการศึกษาดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างละเอียดเพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านเซ็นชื่อยินยอมในเอกสารฉบับนี้

**ความเป็นมาของโครงการ**

การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (weight training) เป็นการฝึกเตรียมกล้ามเนื้อให้เกิดความแข็งแรงและทนทาน เพื่อที่จะเป็นฐานที่สำคัญต่อศักยภาพของนักกีฬา โดยเฉพาะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเหยียดยาว (eccentric exercise) ที่ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่, มีความแข็งแรง และเกิดการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อและประสาท (neuromuscular adaption) มากที่สุด แต่อาจจะทำให้นักกีฬาเกิดภาวะการปวดกล้ามเนื้อ [delayed onset of muscle soreness (DOMS)] ซึ่งเป็นการปวดที่เกิดจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคยโดยเฉพาะในช่วงฝึกซ้อมก่อนการแข่งขันในนักกีฬา รวมไปถึงการฝึกฝนพลัยโอเมตริก (plyometric training) ของกล้ามเนื้อ

ภาวะปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) จะมีอาการสูงสุด 24-72 ชม หลังออกกำลังกาย และสามารถหายไปได้เองใน 5-7 วันทำให้สูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, ความรู้สึกปวดเมื่อยล้าตามกล้ามเนื้อ องศาการเคลื่อนไหวลดลง และเป็นปัจจัยเสี่ยงที่อาจจะทำให้เกิดการบาดเจ็บอื่น ๆ ตามมาได้ รวมไปถึงอาการไม่อยากฝึกซ้อม ปัจจุบันพบว่ามีวิธีการต่าง ๆ มากมายที่เข้ามามีบทบาทในการป้องกันหรือบรรเทาภาวะดังกล่าวนี้ อาทิเช่น การฝังเข็ม, อัลตร้าซาวด์ (ultrasound), การนวด, การใช้ความเย็น, การอบอุ่นร่างกาย เป็นต้น แต่ยังไม่มีบทสรุปว่าวิธีการใดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นการนวดหรือการใช้น้ำเย็นในช่วงหลังการฝึกซ้อมหรือแข่งขันอย่าง

หนัก ที่เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก ให้ผลดี ไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและใส่สิ่งแปลกปลอมเข้าไปในร่างกายและไม่มีผลข้างเคียง จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ฝึกสอน หรือผู้ทำการรักษาควรที่จะให้ความสนใจในเรื่องของงบประมาณ สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่มักทำการฝึกซ้อมในสภาพอากาศร้อน

การนวดทางกีฬา (sport massage) ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับภาวะปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ได้ดี คือ เทคนิคพีทริสซาจ (Petrissage technique) เนื่องจากเป็นเทคนิคในลักษณะกด-ปล่อย (compression & decompression) ตามแรงกดที่ให้ โดยให้ผลในการลดอาการปวด บวมที่เกิดขึ้นและเพิ่มการไหลเวียนเลือด ส่วนการแช่น้ำเย็น กำลังเป็นที่นิยม ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย สะดวก เหมาะกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในการจัดการการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อนด้วยตัวเอง โดยจะให้ผลดีต่อการลดกระบวนการอักเสบ, ความเจ็บปวด, อาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) และอาการบวม หลังการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ทางฟื้นฟูของเวชศาสตร์การกีฬา โดยมีงานวิจัยได้กล่าวว่าการนวดในนักกีฬาสามารถลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อได้ และการแช่น้ำเย็นในบางงานวิจัย

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแช่น้ำเย็น (cold-water immersion) และการนวดพีทริสซาจ (petrissage massage)ในการลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อหลังทำให้มีกล้ามเนื้อถูกทำลาย (muscle damage) แบบการฝึกพลัยโอเมตริก (plyometric) ว่าต่างกันหรือไม่ เพื่อที่จะได้เพิ่มทางเลือกใหม่ในการฟื้นฟูศักยภาพของนักกีฬาบาสเกตบอล รักบี้ กระโดดไกล หรือประเภทกีฬาที่อาศัยความเร็วและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาหรือนำไปใช้พัฒนาความรู้และศักยภาพของผู้ที่เกี่ยวข้อง หรือทำการวิจัยต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาผลของการแช่น้ำเย็น และการนวดต่อการลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) หลังออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาวด้วยการกระโดด

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบภาวะการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) หลังออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาว ด้วยการกระโดดระหว่างการแช่น้ำเย็น และการนวด

**รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย**

1. ท่านจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และได้รับการแจ้งให้ทราบว่าการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น เมื่อท่านตัดสินใจเข้าร่วม

การวิจัย ท่านจะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยโดยอิสระและได้รับการสัมภาษณ์ เพื่อคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้น จากนั้นกรอกแบบสอบถาม ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา ทั้งหมด 21 ข้อ ทั้งนี้ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามข้อใดก็ได้ ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ 5-6 นาที

2. หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ในวันแรกท่านจะถูกทำการเจาะเลือดหาปริมาณพลาสมา ครีเอทีน ไคเนส (plasma creatine kinase) จำนวน 5 มิลลิลิตร(ml) / ทดสอบการรับรู้ความเจ็บปวด (soreness sensation) /วัดความยาวรอบวงของขา /ทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการงอ-เหยียดเข่า (range of motion)/ ทดสอบความแข็งแรง (strength) ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในขาข้างที่ไม่ถนัด และความสูงที่กระโดดได้ (vertical jump performance)โดยจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที จากนั้นท่านจะได้รับการอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการออกกำลังกายกระตุ้นให้เกิดการถูกทำลายของกล้ามเนื้อ (muscle damage) ด้วยการกระโดดลง (drop jump) จากกล่องกระโดดสูง 60 เซนติเมตรและกระโดดขึ้นจากพื้นให้สูงที่สุด ทั้งหมด 100 ครั้ง โดยทำ 20 ครั้ง/เซต พักครั้งละ 10 วินาทีและพักเซตละ 2 นาที ทั้งหมด 5 เซต (คาดว่าจะใช้เวลาประมาณ 25-35 นาที)โดยจะมีนักกายภาพบำบัดแสดงการสาธิตวิธีการเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการได้ดีขึ้น ในระหว่างทำการดังกล่าว ท่านจะอยู่ภายใต้ความดูแลของผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดชื่อ พรพิมล เหมือนใจ หลังจากกระโดดท่านจะได้รับการวัดค่าต่าง ๆ ดังกล่าวอีกครั้ง

3. หลังทำการวัดค่าต่าง ๆ เป็นครั้งที่สองหลังการกระโดด ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 45 คน จะถูกทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่นั่งแช่น้ำเย็น เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส (°C) กลุ่มที่ได้รับการนวด 20 นาที และกลุ่มควบคุมให้นั่งเหยียดขาตรงพักนิ่ง ๆ เป็นเวลา 20 นาที โดยแต่ละท่านจะมีโอกาสถูกสุ่มเข้าอยู่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 3 กลุ่มนี้ หลังจากได้รับการรักษาด้วยวิธีต่าง ๆ แล้ว ท่านจะได้รับการวัดค่าดังกล่าวอีกเป็นครั้งที่สาม ยกเว้นการเจาะเลือด และเมื่อเวลาผ่านไป 24, 48, 72, 96 ชม. หลังการกระโดด ท่านจะได้รับการวัดค่าต่าง ๆ ทั้งหมดนี้อีก 4 ครั้ง (ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาวันละ15-20 นาที) ทั้งนี้ท่านจะได้รับทราบถึงรายละเอียดถึงวิธีการ อุปกรณ์ที่ใช้ และการประเมินผล ซึ่งแต่ละท่านจะใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน โดยสวมกางเกงขาสั้น สวมถุงเท้า และรองเท้าเพื่อความสะดวกขณะทำการทดสอบ

4. หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ตัวอย่างเลือดของท่านทั้งหมดจะถูกทำลายตามความเหมาะสม ไม่เก็บไว้เพื่อกระทำการอื่น ๆ ได้อีกต่อไป

หมายเหตุ การวัดปริมาณครีเอทีน ไคเนส (creatine kinase) จะทำการเจาะเลือดจำนวน 5 มิลลิลิตร (ประมาณ 1 ช้อนชา) ที่เส้นเลือดดำบริเวณท้องแขน และจะทำการคาเข็มเจาะเลือดไว้ที่เส้นเลือดดำบริเวณท้องแขน เพื่อสะดวกในการเก็บตัวอย่างเลือดในวันแรกของการทดลองเท่านั้น โดยการเจาะเลือดจะทำทั้งหมด 6 ครั้ง ได้แก่ 2 ครั้งในวันแรกของการทดลอง (ก่อนการออกกำลังกาย, หลังการออกกำลังกายด้วยการกระโดดทันที) และอีก 4 ครั้ง (หลังการออกกำลังกาย 24,48,72,96 ชั่วโมง) โดยพยาบาลวิชาชีพ และนำส่งตัวอย่างเลือดไปทำการวิเคราะห์หาค่าพลาสมา ครีเอทีนไคเนส (plasma creatine kinase) โดยหน่วยงานห้องปฏิบัติการภาคเอกชน บริษัท RIA ชลบุรี

**ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับความร่วมมือจากท่าน โดยท่านจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ

**ความเสี่ยงและผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ร่วมโครงการ**

ขณะทำการทดสอบการออกกำลังกาย ท่านจะมีโอกาสมีอาการต่อไปนี้ หายใจลำบาก ชีพจรเต้นเร็ว หรือ เหนื่อยมากจนพูดคุยไม่ได้ หากมีอาการดังกล่าวผู้วิจัยจะหยุดการทดสอบทันที ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น หน้ามืด เป็นลม หมดสติ ทางผู้วิจัยได้เตรียมแพทย์ที่ผ่านการอบรมการปฐมพยาบาลการกู้ชีพฉุกเฉิน และมีเจ้าหน้าที่พยาบาลเพื่อปฐมพยาบาลพร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้น และอุปกรณ์การกู้ชีพฉุกเฉิน เช่น เตียงสำหรับปฐมพยาบาล, ถังก๊าซออกซิเจน, แอมบู แบ็ก (Ambu Bag), ดีฟิบบริลเลเตอร์(Defibrillator), ยาที่จำเป็นในการกู้ชีพฉุกเฉินและมีมาตรการประสานงานกับหน่วยฉุกเฉินของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับอาสาสมัครที่เข้าร่วมวิจัย และสามารถแก้ไขได้ทันท่วงที อย่างไรก็ตามปัญหานี้เกิดขึ้นน้อยมากประมาณ 0.01%

หลังจากทำการทดสอบการออกกำลังกายอาจมีผลข้างเคียง คือ อาการปวดเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการออกกำลังกาย แต่จะได้รับการทดลองในกลุ่มที่ได้รับการนวดหรือแช่น้ำเย็น และอาการดังกล่าวจะสามารถค่อย ๆ หายได้เองในระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์หากไม่ได้รับการรักษาใด ๆ เลย และอาจจะเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้อฉีกขาดหรือความพิการต่อกระดูกและข้อต่อได้ แต่มีโอกาสเพียงเล็กน้อย เนื่องจากผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบเครื่องมือเป็น

ระยะ ๆ และควบคุมถึงเทคนิค วิธีการออกกำลังกายที่มีวิธีการและระยะพัก อย่างเคร่งครัดและใกล้ชิด

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยของท่านในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ระหว่างที่อยู่ในโครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ท่านต้องรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบทันที

ผู้วิจัยรับรองว่าหากเกิดอันตรายใดๆ จากการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการดูแล ฟื้นฟูและรักษาหากเกิดการบาดเจ็บ

**ความเสี่ยงที่ได้รับจากการเจาะเลือด**

ท่านอาจจะมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด แต่โอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก

**ผลหรือประโยชน์ที่ท่านจะได้รับจากการร่วมการวิจัย**

1. ทราบถึงผลของการใช้น้ำเย็น/การนวดต่อประสิทธิภาพในการลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาวด้วยการกระโดด
2. ผลที่ได้ยังเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพพื้นฐานของการป้องกันและรักษาภาวะการปวดกล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกายแบบเหยียดยาวด้วยการกระโดด
3. ใช้เป็นแนวทาง หรือทางเลือกในการนำประยุกต์ไปใช้ในผู้ที่สนใจและได้รับการฝึกพลัยโอเมตริก (plyometric training) ในรูปแบบกระโดดดร็อบจัมพ์ (drop jump exercise) เดียวกันกับการทดลองครั้งนี้ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการฝึกและการฟื้นฟูต่อไป
4. เป็นข้อมูล และเอกสารอ้างอิง ในผู้ที่สนใจ สำหรับการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

**อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย**

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที หากพิสูจน์ได้ว่าท่าน ปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการ รักษาพยาบาลของท่าน และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอมไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านพึงมี

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถ
ติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นางสาวพรพิมล เหมือนใจ โทรศัพท์ 081-207-2579 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

**ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย**

ท่านจะได้รับการวัดประเมินและกระบวนการทดลองในโครงการวิจัยจากผู้สนับสนุนการวิจัยโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ และค่าเดินทางที่ท่านมาเข้าร่วมการทดลอง ผู้สนับสนุนการวิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

**ค่าตอบแทนอาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย**

ท่านจะได้รับค่าเงินชดเชยค่าเสียเวลา และความไม่สะดวก ไม่สบาย สำหรับการเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 1,000 บาท (ในการเข้าร่วมทั้งหมด 5 วัน) โดยจะให้เป็นวัน วันละ 200 บาท

**การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย**

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ท่านเกิดอาการข้างเคียง หรือความผิดปกติของผลทางห้องปฏิบัติการ จากกระบวนการการออกกำลังกายหรือการวัดการทดสอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้

**สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย

5. ท่านจะได้รับทราบแนวทางในการรักษา ในกรณีที่พบภาวะแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย

7. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

8. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไร

ก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น

9. ท่านจะได้รับสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่

10. ท่านจะได้โอกาสในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพล

บังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

**การเก็บข้อมูลเป็นความลับ**

ผู้วิจัยขอยืนยันว่า ข้อมูลเกี่ยวกับตัวท่านจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และจะใช้สำหรับงานวิจัยนี้เท่านั้น และชื่อของท่านจะไม่ปรากฏในแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล และในฐานข้อมูลทั่วไป ผู้วิจัยจะสร้างฐานข้อมูลลับที่มีชื่อของท่านไว้ต่างหาก โดยมีผู้วิจัยเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ทราบรายละเอียดของข้อมูลนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านที่ให้ความร่วมมือมาเข้าโครงการนี้

ท่านสามารถถอนตัวออกจากโครงการวิจัยได้ทุกเวลา

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ ติดต่อสอบถามได้ที่ น.ส. พรพิมล เหมือนใจ โทรศัพท์ 081-207-2579 และที่ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ โทรศัพท์ (02) 2527854 ซึ่งยินดีตอบคำถามทุกคำถาม

ทั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยต้องการสอบถามเกี่ยวกับสิทธิของท่าน หรือผู้วิจัยไม่ปฏิบัติตามที่เขียนไว้ในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถติดต่อ หรือร้องเรียนได้ที่” ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดล ชั้น 3 หรือที่หมายเลขโทรศัพท์ 0-2256-4455 หรือ 0-2256-4493 ต่อ 14 หรือ 15 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

**เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำแก่ผู้แทนโดยชอบธรรมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย**

**ชื่อโครงการ** ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

(Effects of cryotherapy and petrissage massage on functional signs of delayed onset of muscle soreness of knee extensors following stimulated plyometric exercise in Thai male )

**ชื่อผู้วิจัย**

| | |
|---|---|
| น.ส. พรพิมล เหมือนใจ | ผู้วิจัย |
| รศ. นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย |
| รศ. ดร.วิไล อโนมะศิริ | อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัยร่วม |

**ผู้ดูแลที่ติดต่อได้**

1. รศ.นพ. สมพล สงวนรังศิริกุล ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ (02)2527854 ต่อ 129 (ที่ทำงาน), (081)492 3552
2. รศ. ดร. วิไล อโนมะศิริ ภาควิชาชีวเคมี คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 02-256-4482
3. น.ส. พรพิมล เหมือนใจ นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 081-207-2579, 0-3839-2297

**สถานที่วิจัย**

1. คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา และ ภาคสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ห้องปฏิบัติการภาคเอกชน บริษัท RIA ชลบุรี

**เรียน ผู้แทนโดยชอบธรรมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แสดงข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของท่านในการส่งผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเข้าร่วมการศึกษาวิจัย อย่างไรก็ตามก่อนที่ท่านจะตกลงส่งผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเข้าร่วมการศึกษาดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างละเอียดเพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใด ๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะส่งผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านเซ็นชื่อยินยอมในหนังสือแสดงความยินยอมการเข้าร่วมในโครงการวิจัยสำหรับผู้แทนโดยชอบธรรมฉบับนี้

**ความเป็นมาของโครงการ**

การฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (weight training) เป็นการฝึกเตรียมกล้ามเนื้อให้เกิดความแข็งแรงและทนทาน เพื่อที่จะเป็นฐานที่สำคัญต่อศักยภาพของนักกีฬา โดยเฉพาะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเหยียดยาว (eccentric exercise) ที่ทำให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่, มีความแข็งแรง และเกิดการปรับตัวของระบบกล้ามเนื้อและประสาท (neuromuscular adaption) มากที่สุด แต่อาจจะทำให้นักกีฬาเกิดภาวะการปวดกล้ามเนื้อ [delayed onset of muscle soreness (DOMS)] ซึ่งเป็นการปวดที่เกิดจากการออกกำลังกายที่ไม่คุ้นเคยโดยเฉพาะในช่วงฝึกซ้อมก่อนการแข่งขันในนักกีฬา รวมไปถึงการฝึกฝนพลัยโอเมตริก (plyometric training) ของกล้ามเนื้อ

ภาวะปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) จะมีอาการสูงสุด 24-72 ชม หลังออกกำลังกาย และสามารถหายไปได้เองใน 5-7 วันทำให้สูญเสียความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ, ความรู้สึกปวดเมื่อยล้าตามกล้ามเนื้อ องศาการเคลื่อนไหวลดลง และเป็นปัจจัยเสี่ยงที่อาจจะทำให้เกิดการบาดเจ็บอื่น ๆ ตามมาได้ รวมไปถึงอาการไม่อยากฝึกซ้อม ปัจจุบันพบว่ามีวิธีการต่าง ๆ มากมายที่เข้ามามีบทบาทในการป้องกันหรือบรรเทาภาวะดังกล่าวนี้ อาทิเช่น การฝังเข็ม, อัลตร้าซาวด์ (ultrasound), การนวด, การใช้ความเย็น, การอบอุ่นร่างกาย เป็นต้น แต่ยังไม่มีบทสรุปว่าวิธีการใดเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ

การนวดทางกีฬา (sport massage) ที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้กับภาวะปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) ได้ดี คือ เทคนิคพีทริสซาจ (Petrissage technique) เนื่องจากเป็นเทคนิคในลักษณะกด-

ปล่อย (compression & decompression) ตามแรงกดที่ให้ โดยให้ผลในการลดอาการปวด บวม ที่เกิดขึ้นและเพิ่มการไหลเวียนเลือด ส่วนการแช่น้ำเย็น กำลังเป็นที่นิยม ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย สะดวก เหมาะกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ในการจัดการการบาดเจ็บของเนื้อเยื่ออ่อนด้วยตัวเอง โดยจะให้ผลดีต่อการลดกระบวนการอักเสบ, ความเจ็บปวด, อาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ (muscle spasm) และอาการบวม หลังการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อ ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ทางฟื้นฟูของเวชศาสตร์การกีฬา โดยมีงานวิจัยได้กล่าวว่าการนวดในนักกีฬาสามารถลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อได้ และการแช่น้ำเย็นในบางงานวิจัย

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการแช่น้ำเย็น (cold-water immersion) และการนวดพีทริสซาจ (petrissage massage)ในการลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อหลังทำให้มีกล้ามเนื้อถูกทำลาย (muscle damage) แบบการฝึกพลัยโอเมตริก (plyometric) ว่าต่างกันหรือไม่ เพื่อที่จะได้เพิ่มทางเลือกใหม่ในการฟื้นฟูศักยภาพของนักกีฬาบาสเกตบอล รักบี้ กระโดดไกล หรือประเภทกีฬาที่อาศัยความเร็วและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาหรือนำไปใช้พัฒนาความรู้และศักยภาพของผู้ที่เกี่ยวข้อง หรือทำการวิจัยต่อไป

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1. เพื่อศึกษาผลของการแช่น้ำเย็น และการนวดต่อการลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) หลังออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาวด้วยการกระโดด

2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบภาวะการปวดกล้ามเนื้อ (DOMS) หลังออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาว ด้วยการกระโดดระหว่างการแช่น้ำเย็น และการนวด

**รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย**

1. ท่านและผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และได้รับการแจ้งให้ทราบว่าการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น เมื่อท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยโดยอิสระและผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการสัมภาษณ์ เพื่อคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้น จากนั้นกรอกแบบสอบถาม ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา ทั้งหมด 21 ข้อ ทั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามข้อใดก็ได้ ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ 5-6 นาที

2. หากผู้เข้าร่วมวิจัยมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ในวันแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกทำการเจาะเลือดหาปริมาณพลาสมา ครีเอทีน ไคเนส (plasma

creatine kinase) จำนวน 5 ml / ทดสอบการรับรู้ความเจ็บปวด (soreness sensation) /วัดความยาวรอบวงของขา /ทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการงอ-เหยียดเข่า (range of motion)/ ทดสอบความแข็งแรง (strength) ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าในขาข้างที่ไม่ถนัด และความสูงที่กระโดดได้ (vertical jump performance)โดยจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการออกกำลังกายกระตุ้นให้เกิดการถูกทำลายของกล้ามเนื้อ (muscle damage) ด้วยการกระโดดลง (drop jump) จากกล่องกระโดดสูง 60 เซนติเมตรและกระโดดขึ้นจากพื้นให้สูงที่สุด ทั้งหมด 100 ครั้ง โดยทำ 20 ครั้ง/เซต พักครั้งละ 10 วินาทีและพักเซตละ 2 นาที ทั้งหมด 5 เซต (คาดว่าจะใช้เวลาประมาณ 25-35 นาที)โดยจะมีนักกายภาพบำบัดแสดงการสาธิตวิธีการเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการได้ดีขึ้น ในระหว่างทำการดังกล่าวผู้เข้าร่วมวิจัยจะอยู่ภายใต้ความดูแลของผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดชื่อ พรพิมล เหมือนใจ หลังจากกระโดดผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการวัดค่าต่าง ๆ ดังกล่าวอีกครั้ง

3. หลังทำการวัดค่าต่าง ๆ เป็นครั้งที่สองหลังการกระโดด ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 45 คน จะถูกทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่นั่งแช่น้ำเย็น เป็นเวลา 20 นาที ที่อุณหภูมิ 15 ± 1 องศาเซลเซียส(°C ) กลุ่มที่ได้รับการนวด 20 นาที และกลุ่มควบคุมให้นั่งเหยียดขาตรงพักนิ่ง ๆ เป็นเวลา 20 นาที โดยแต่ละท่านจะมีโอกาสถูกสุ่มเข้าอยู่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 3 กลุ่มนี้ หลังจากได้รับการรักษาด้วยวิธีต่าง ๆ แล้ว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการวัดค่าดังกล่าวอีกเป็นครั้งที่สาม ยกเว้นการเจาะเลือด และเมื่อเวลาผ่านไป 24, 48, 72, 96 ชม. หลังการกระโดด ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการวัดค่าต่าง ๆ ทั้งหมดนี้อีก 4 ครั้ง (ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาวันละ15-20 นาที ) ทั้งนี้ท่านและผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับทราบถึงรายละเอียดถึงวิธีการ อุปกรณ์ที่ใช้ และการประเมินผล ซึ่งแต่ละคนจะใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน โดยสวมกางเกงขาสั้น สวมถุงเท้า และรองเท้าเพื่อความสะดวกขณะทำการทดสอบ

4. หลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย ตัวอย่างเลือดของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลายตามความเหมาะสม ไม่เก็บไว้เพื่อกระทำการอื่น ๆ ได้อีกต่อไป

<u>หมายเหตุ</u> การวัดปริมาณ ครีเอทีน ไคเนส (creatine kinase) จะทำการเจาะเลือดจำนวน 5 มิลลิลิตร (ประมาณ 1 ช้อนชา) ที่เส้นเลือดดำบริเวณท้องแขน และจะทำการคาเข็มเจาะเลือดไว้ที่เส้นเลือดดำบริเวณท้องแขน เพื่อสะดวกในการเก็บตัวอย่างเลือดในวันแรกของการทดลองเท่านั้น โดยการเจาะเลือดจะทำทั้งหมด 6 ครั้ง ได้แก่ 2 ครั้งในวันแรกของการทดลอง (ก่อนการออกกำลังกาย, หลังการออกกำลังกายด้วยการกระโดดทันที) และอีก 4 ครั้ง (หลังการออกกำลังกาย 24,48,72,96 ชั่วโมง) โดยพยาบาลวิชาชีพ และนำส่งตัวอย่างเลือดไปทำการวิเคราะห์หาค่า

พลาสมาครีเอทีน ไคเนส (plasma creatine kinase)โดยหน่วยงานห้องปฏิบัติการภาคเอกชน บริษัท RIA ชลบุรี

**ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องได้รับความร่วมมือจากท่านและผู้เข้าร่วมวิจัย โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับผู้เข้าร่วมวิจัยระหว่างที่ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ

**ความเสี่ยงและผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ร่วมโครงการ**

ขณะทำการทดสอบการออกกำลังกาย ผู้เข้าร่วมวิจัยจะมีโอกาสมีอาการต่อไปนี้ หายใจลำบาก ชีพจรเต้นเร็ว หรือ เหนื่อยมากจนพูดคุยไม่ได้ หากมีอาการดังกล่าวผู้วิจัยจะหยุดการทดสอบทันที ในกรณีที่เกิดเหตุฉุกเฉิน เช่น หน้ามืด เป็นลม หมดสติ ทางผู้วิจัยได้เตรียมแพทย์ที่ผ่านการอบรมการปฐมพยาบาลการกู้ชีพฉุกเฉิน และมีเจ้าหน้าที่พยาบาลเพื่อปฐมพยาบาลพร้อมทั้งจัดเตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้น และอุปกรณ์การกู้ชีพฉุกเฉิน เช่น เตียงสำหรับปฐมพยาบาล, ถังก๊าซออกซิเจน, แอมบู แบ็ก (Ambu Bag), ดีฟิบบริลเลเตอร์(Defibrillator), ยาที่จำเป็นในการกู้ชีพฉุกเฉินและมีมาตรการประสานงานกับหน่วยฉุกเฉินของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับอาสาสมัครที่เข้าร่วมวิจัย และสามารถแก้ไขได้ทันท่วงที อย่างไรก็ตามปัญหานี้เกิดขึ้นน้อยมากประมาณ 0.01%

หลังจากทำการทดสอบการออกกำลังกายอาจมีผลข้างเคียง คือ อาการปวดเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ เนื่องจากการออกกำลังกาย แต่จะได้รับการทดลองในกลุ่มที่ได้รับการนวดหรือแช่น้ำเย็น และอาการดังกล่าวจะสามารถค่อย ๆ หายได้เองในระยะเวลาไม่เกิน 1 สัปดาห์หากไม่ได้รับการรักษาใด ๆ เลย และอาจจะเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้เกิดกล้ามเนื้อฉีกขาดหรือความพิการต่อกระดูกและข้อต่อได้ แต่มีโอกาสเพียงเล็กน้อย เนื่องจากผู้วิจัยจะทำการตรวจสอบเครื่องมือเป็นระยะ ๆ และควบคุมถึงเทคนิค วิธีการออกกำลังกายที่มีวิธีการและระยะพัก อย่างเคร่งครัดและใกล้ชิด

กรุณาแจ้งผู้ทำวิจัยของผู้เข้าร่วมวิจัยในกรณีที่พบอาการดังกล่าวข้างต้น หรืออาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ระหว่างที่อยู่ใน

โครงการวิจัย ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของผู้เข้าร่วมวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องรายงานให้ผู้ทำวิจัยทราบทันที

ผู้วิจัยรับรองว่าหากเกิดอันตรายใดๆ จากการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการดูแล ฟื้นฟูและรักษาหากเกิดการบาดเจ็บ

**ความเสี่ยงที่ได้รับจากการเจาะเลือด**

ผู้เข้าร่วมวิจัยอาจจะมีโอกาสที่จะเกิดอาการเจ็บ เลือดออก ช้ำจากการเจาะเลือด อาการบวมบริเวณที่เจาะเลือดหรือหน้ามืด แต่โอกาสที่จะเกิดการติดเชื้อบริเวณที่เจาะเลือดพบได้น้อยมาก

**ผลหรือประโยชน์ที่ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับจากการร่วมการวิจัย**

1. ทราบถึงผลของการใช้น้ำเย็น/การนวดต่อประสิทธิภาพในการลดภาวะการปวดกล้ามเนื้อหลังออกกำลังกายแบบกล้ามเนื้อเหยียดยาวด้วยการกระโดด
2. ผลที่ได้ยังเป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพพื้นฐานของการป้องกันและรักษาภาวะการปวดกล้ามเนื้อหลังจากออกกำลังกายแบบเหยียดยาวด้วยการกระโดด
3. ใช้เป็นแนวทาง หรือทางเลือกในการนำประยุกต์ไปใช้ในผู้ที่สนใจและได้รับการฝึกพลัยโอเมตริก (plyometric training) ในรูปแบบกระโดดดร็อบจัมพ์ (drop jump exercise) เดียวกันกับการทดลองครั้งนี้ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการฝึกและการฟื้นฟูต่อไป
4. เป็นข้อมูล และเอกสารอ้างอิง ในผู้ที่สนใจ สำหรับการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

**อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัย**

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการวิจัย ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที หากพิสูจน์ได้ว่าผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการ รักษาพยาบาลของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย และการลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย พึงมี

ในกรณีที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านหรือผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย สามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นางสาวพรพิมล เหมือนใจ โทรศัพท์ 081-207-2579 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

**ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย**

ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับการวัดประเมินและกระบวนการทดลองในโครงการวิจัยจากผู้สนับสนุนการวิจัยโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย รวมถึงค่าใช้จ่ายอื่นที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น ค่าวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ และค่าเดินทาง ที่ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยมาเข้าร่วมการทดลอง ผู้สนับสนุนการวิจัยจะเป็นผู้รับผิดชอบทั้งหมด

**ค่าตอบแทนอาสาสมัครผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย**

ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับค่าเงินชดเชยค่าเสียเวลา และความไม่สะดวก ไม่สบาย สำหรับการเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 1,000 บาท (ในการเข้าร่วมทั้งหมด 5 วัน) โดยจะให้เป็นวัน วันละ 200 บาท

**การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย**

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านมีความเห็นหรือผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา ผู้ทำวิจัยอาจถอนผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัย
- ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยเกิดอาการข้างเคียง หรือความผิดปกติของผลทางห้องปฏิบัติการจากกระบวนการการออกกำลังกายหรือการวัดการทดสอบต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษานี้

**สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้แทนโดยชอบธรรมของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้

2. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัย รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

3. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย

4. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย

5. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับทราบแนวทางในการรักษา ในกรณีที่พบภาวะแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย

7. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

8. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยท่านหรือผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น

9. ท่านจะได้รับสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่

10. ท่านและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะได้โอกาสในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

**การเก็บข้อมูลเป็นความลับ**

ผู้วิจัยขอยืนยันว่า ข้อมูลเกี่ยวกับตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และจะใช้สำหรับงานวิจัยนี้เท่านั้น และชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่ปรากฏในแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล และในฐานข้อมูลทั่วไป ผู้วิจัยจะสร้างฐานข้อมูลลับที่มีชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัยไว้ต่างหาก โดยมีผู้วิจัยเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ทราบรายละเอียดของข้อมูลนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านและผู้เข้าร่วมวิจัยที่ให้ความร่วมมือมาเข้าโครงการนี้

โดยผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถถอนตัวออกจากโครงการวิจัยได้ทุกเวลา

หากท่านหรือผู้เข้าร่วมวิจัยมีข้อสงสัยใดๆ ติดต่อสอบถามได้ที่ น.ส. พรพิมล เหมือนใจ โทรศัพท์ 081-207-2579 และที่ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ โทรศัพท์ (02) 2527854 ซึ่งยินดีตอบคำถามทุกคำถาม

ทั้งนี้ หากท่านหรือผู้เข้าร่วมวิจัยมีข้อสงสัยต้องการสอบถามเกี่ยวกับสิทธิของท่าน หรือผู้วิจัยไม่ปฏิบัติตามที่เขียนไว้ในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านหรือผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถติดต่อ หรือร้องเรียนได้ที่" ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดล ชั้น 3 หรือที่หมายเลขโทรศัพท์ 0-2256-4455 หรือ 0-2256-4493 ต่อ 13 หรือ 14 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในการร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

APPENDIX B

**ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย** (Consent form)

**การวิจัยเรื่อง** ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

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

ข้าพเจ้า นาย .....ที่อยู่…….....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและวันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว 1 ชุด ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบังซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้โดยสมัครใจ

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็น ด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ ของผู้เข้าร่วมวิจัยเพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างเลือดที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าหากเกิดการบาดเจ็บใด ๆ อันเนื่องมาจากการเข้าร่วมการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่คิดค่ารักษาพยาบาล ตลอดจนเงินทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นตามความเหมาะสม

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถเลิกการให้สิทธิ ในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อจะผ่านกระบวน การต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานเพื่อ วัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการวิจัยในอนาคต เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม .....ผู้ยินยอม

( .....)

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนาม ข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

ลงนาม .....ผู้ทำวิจัย

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลงนาม ..... พยาน

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**สำหรับผู้แทนโดยชอบธรรม**

(Informed Consent Form)

**การวิจัยเรื่อง** ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

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

ข้าพเจ้านาย/นาง/นางสาว.....(ชื่อ-นามสกุล ผู้แทนโดยชอบธรรม) ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็น .....ของผู้เข้าร่วมวิจัย ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูล สำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่..... และข้าพเจ้ายินยอมให้นาย ..... (ชื่อ-นามสกุล ของผู้เข้าร่วมวิจัย) เข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและวันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้แทนโดยชอบธรรมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย แล้ว 1 ชุด ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด และมีความเข้าใจดีแล้ว

ผู้วิจัยรับรองว่าจะตอบคำถามต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าสงสัยด้วยความเต็มใจ ไม่ปิดบังซ่อนเร้น จนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกการเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เมื่อใดก็ได้ และเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้โดยสมัครใจ

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลเฉพาะเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย การเปิดเผยข้อมูลเกี่ยวกับตัวข้าพเจ้าต่อหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กระทำได้เฉพาะกรณีจำเป็น ด้วยเหตุผลทางวิชาการเท่านั้น

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ ของผู้เข้าร่วมวิจัย เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้า

ร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างเลือดที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าหากเกิดการบาดเจ็บใด ๆ อันเนื่องมาจากการเข้าร่วมการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่คิดค่ารักษาพยาบาล ตลอดจนเงินทดแทนความพิการที่อาจเกิดขึ้นตามความเหมาะสม

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อจะผ่านกระบวน การต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการวิจัยในอนาคต เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นแล้ว และมีความเข้าใจดีทุกประการ และได้ลงนามในใบยินยอมนี้ด้วยความเต็มใจ

ลงนาม ..... ผู้แทนโดยชอบธรรม

( ..... )

……ความสัมพันธ์ของผู้แทนโดยชอบธรรมกับผู้เข้าร่วมวิจัย

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้แทนโดยชอบธรรมของผู้เข้าร่วมวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

ลงนาม ..... ผู้ทำวิจัย

(..... )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลงนาม ..... พยาน

( ..... )

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

APPENDIX C

## แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

**เรื่อง** ผลการรักษาด้วยความเย็นและการนวดต่ออาการแสดงของการปวดกล้ามเนื้อเหยียดเข่าหลังกระตุ้นด้วยการออกกำลังกายแบบพลัยโอเมตริกในชายไทย

วันที่ที่ทำการเก็บข้อมูล ...../...../..... ลำดับที่ .....

สถานที่ที่ทำการเก็บข้อมูล.....

---

**คำแนะนำในการตอบแบบสอบถาม**

1. แบบสอบถามเพื่อคัดกรอง ประกอบไปด้วย 3 ตอน

ตอนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน จำนวน 4 ข้อ

ตอนที่ 2 เกี่ยวกับข้อมูลสุขภาพ จำนวน 11 ข้อ

ตอนที่ 3 เกี่ยวกับข้อมูลประวัติการออกกำลังกาย จำนวน 6 ข้อ

ซึ่งจะใช้เวลาในการตอบประมาณ 5-6 นาที

2. การตอบแบบสอบถามในแต่ละตอนให้ใส่เครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง และในส่วนที่เป็นช่องว่างให้เติมข้อความให้ครบถ้วน

3. กรุณาทำการตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ แต่ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามข้อใดก็ได้

**ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน**

1. วัน/เดือน/ปีเกิด..... อายุ.....ปี.....เดือน เชื้อชาติ..... สัญชาติ.....อาชีพ……..……

2. น้ำหนัก..... กิโลกรัม ส่วนสูง.....เมตร BMI……. kg/$m^2$

3. Skinfold thickness of quadriceps muscle ……..mm

**ตอนที่ 2 ประวัติสุขภาพ**

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

❑ ไม่มี

❑ มี โปรดระบุ.....

❑ ไม่ได้รับการรักษา ❑ ได้รับการรักษา.....

2. ท่านรับประทานยาแก้ปวด, ลดการอักเสบ/ วิตามินC, E หรืออาหารเสริม อาทิเช่น Arnica, ubiquinone, L-carnitine, estrogen อยู่หรือไม่

❑ ไม่ ❑ รับประทาน.....

3. ท่านเคยมีอาการเจ็บหน้าอก (Chest Pain) หรือหายใจติดขัดหรือไม่

❑ ไม่ ❑ เคย เมื่อ.....

4. ท่านเคยมีประวัติการเจ็บป่วยที่สำคัญ หรือได้รับการผ่าตัดหรือไม่

❑ ไม่มี ❑ มี โปรดระบุตำแหน่ง.....

5. ท่านเคยมีปัญหาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อ หรือบาดเจ็บบริเวณข้อต่อหรือไม่

❑ ไม่มี ❑ มี โปรดระบุตำแหน่ง.....

6. ปัจจุบันยังมีอาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้ออยู่หรือไม่

❑ ไม่มี ❑ มี โปรดระบุตำแหน่ง.....

7. การรักษาที่ท่านได้รับในปัจจุบัน (เช่น ยา/กายภาพบำบัด/อื่นๆ)

❑ ไม่มี ❑ มี โปรดระบุ.....

8. ท่านมีปัญหาดังต่อไปนี้หรือไม่

❑ มีบริเวณที่มีความผิดปกติของระบบหลอดเลือด เช่น เส้นเลือดขอดหรือหลอดเลือดอุดตัน

❑ มีความผิดปกติในการแข็งตัวของเลือด ซึ่งรวมถึงการได้รับยาต้านการแข็งตัวของเลือดด้วย

❑ มีบริเวณที่มีรอยโรคบนผิวหนังที่ยังไม่หายสนิทดี

❑ มีบริเวณที่มีการติดเชื้อ

❑ มีบริเวณที่มีการอักเสบ

❑ กระดูกหักที่ยังติดไม่ดี

❑ บริเวณที่เป็นมะเร็ง

❑ บริเวณที่เปลี่ยนข้อต่อ

❑ มีไข้มากกว่าหรือเท่ากับ 38.5$^{O}$C

9. ขณะนี้ท่านมีปัญหาสุขภาพ และ/หรือมีภาวะเครียดหรือไม่

❑ ไม่มี ❑ มี

10. ท่านเคยสูบบุหรี่หรือไม่

❑ ไม่เคย ❑ เคย.....มวน/วัน เป็นระยะเวลา.....ปี

❑ เลิกสูบมาแล้ว ..... ปี ❑ นานๆครั้ง โปรดระบุ.....

11. ท่านดื่มเครื่องดื่มที่ผสมแอลกอฮอล์หรือไม่

❑ ไม่เคยดื่ม ❑ นานๆครั้ง โปรดระบุ.....

❑ ดื่มเป็นประจำ

**ตอนที่ 3 ประวัติการออกกำลังกาย**

1. ท่านออกกำลังกายหรือไม่

❑ ไม่ ❑ ใช่

2. ท่านออกกำลังกายชนิดใด

❑ เดิน ❑ วิ่ง ❑ ปั่นจักรยาน ❑ ว่ายน้ำ

❑ อื่น ๆ .....

3. ท่านออกกำลังกายกี่ครั้งต่อสัปดาห์

❑ ทุกวัน ❑ 5 – 6 ครั้ง/สัปดาห์

❑ 3 – 4 ครั้ง/สัปดาห์ ❑ 1 – 2 ครั้ง/สัปดาห์ ❑ อื่น ๆ.....

4. ท่านออกกำลังกายเป็นระยะเวลาเท่าไรต่อครั้ง

❑ น้อยกว่า 20 นาที ❑ 20-30 นาที

❑ 30-60 นาที ❑ มากกว่า 60 นาที

❑ อื่นๆ.....

5. ท่านเคยออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน หรือการกระโดดในรูปแบบต่าง ๆ หรือไม่

❑ ไม่เคย

❑ เคย แต่นานกว่าสามเดือนที่ผ่านมา

6. ท่านออกกำลังหรือเป็นนักกีฬาประเภทใดบ้างหรือไม่

❑ ไม่

❑ ออกกำลังกายหรือเป็นนักกีฬา โปรดระบุ..... (เช่น รักบี้บาสเกตบอล วอลเล่ย์บอล เป็นต้น)

## แบบบันทึกข้อมูลของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมการวิจัย

ลำดับที่ .....  วันที่ที่เริ่ม..... เวลาหลังกระโดด.....น.

**1. ข้อมูลส่วนตัว**

อายุ.....ปี

น้ำหนัก.....กก.  ส่วนสูง.....ซม.

BMI……..……..kg/$m^2$

Skinfold thickness of quadriceps muscle ……..mm

**2. กลุ่มที่ได้รับการทดลอง**

I. Cold-water immersion group

II. Petrissage massage group

III. Control group

**สำหรับผู้วิจัย**

ขาข้างที่ไม่ถนัด.....  ความดันโลหิต.....มล.ปรอท

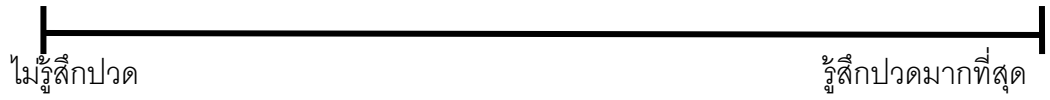
3. Plasma creatine kinase

| ครั้งที่ | ช่วงระยะ | ค่า plasma CK (IU/L) |
|---|---|---|
| 1 | baseline | |
| 2 | immediate after EIMD | |
| 3 | 24 h after EIMD | |
| 4 | 48 h after EIMD | |
| 5 | 72 h after EIMD | |
| 6 | 96 h after EIMD | |

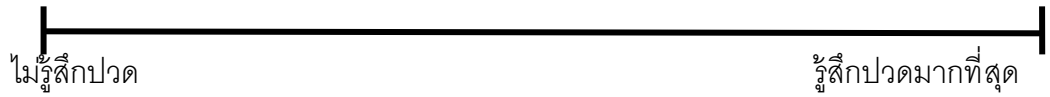
**4. Soreness sensation**

<u>Baseline VAS of leg soreness</u>

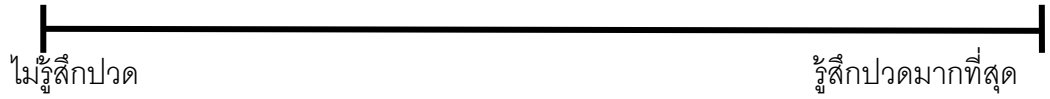
During standing



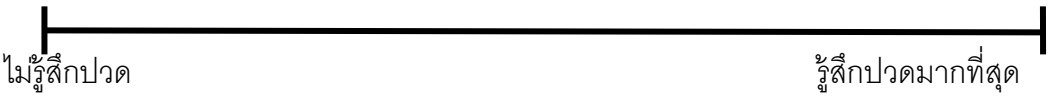

During passive quadriceps stretch




During isometric strength testing

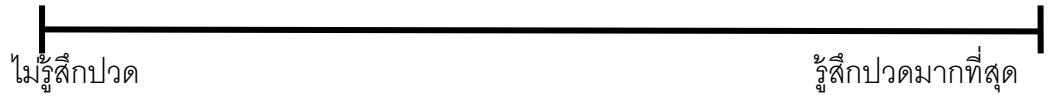



During vertical jump testing

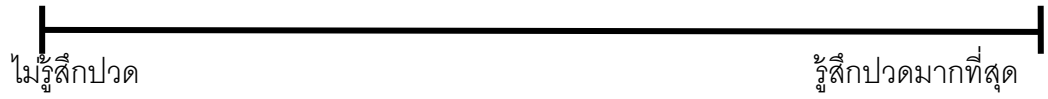


VAS immediate after EIMD

During standing

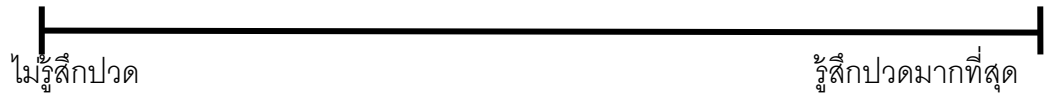



During passive quadriceps stretch



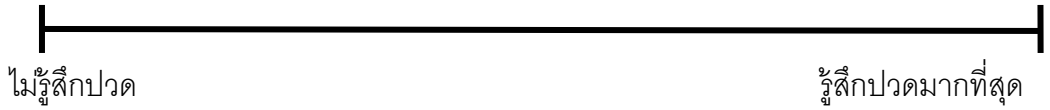

During isometric strength testing

During vertical jump testing

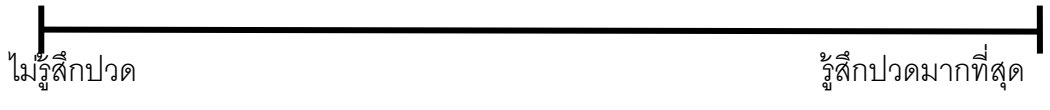


VAS after 20 min treatment

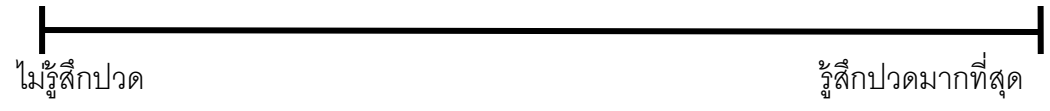
During standing



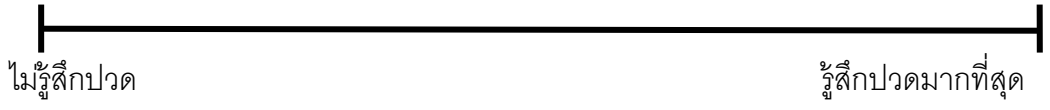

During passive quadriceps stretch




During isometric strength testing

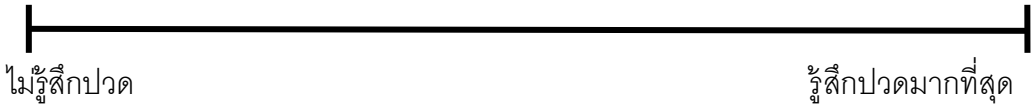



During vertical jump testing

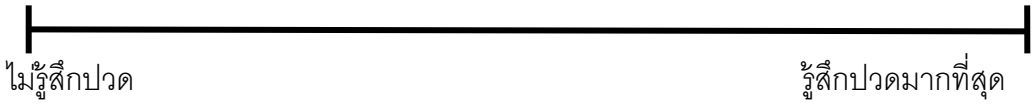


VAS 24 h after EIMD

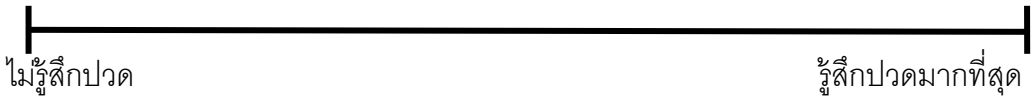
During standing



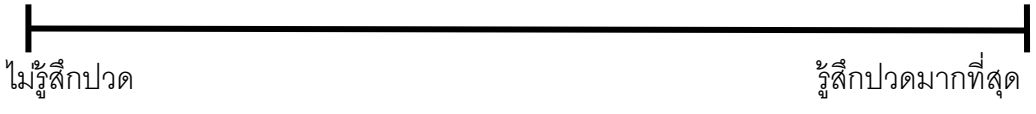

During passive quadriceps stretch




During isometric strength testing

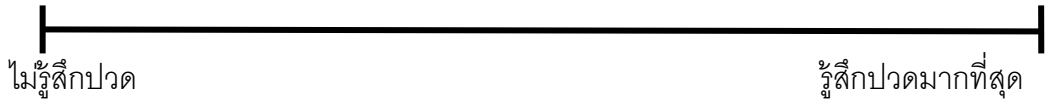



During vertical jump testing

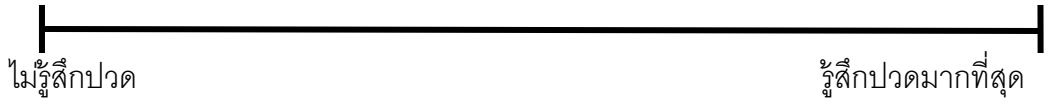


VAS 48 h after EIMD

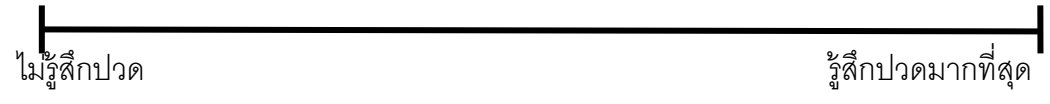
During standing



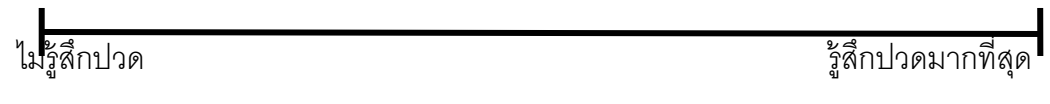

During passive quadriceps stretch




During isometric strength testing

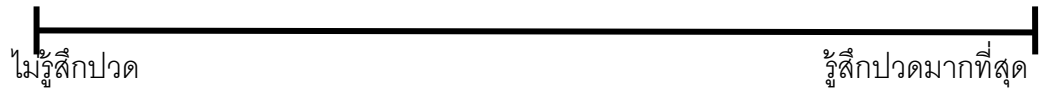



During vertical jump testing

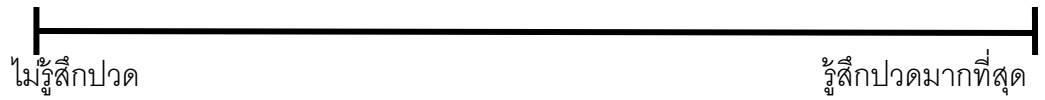


VAS 72 h after EIMD

During standing

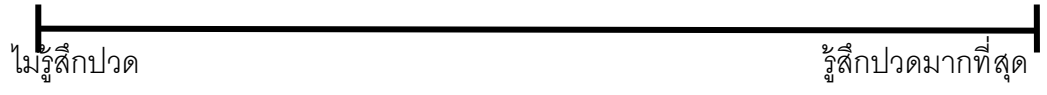



During passive quadriceps stretch



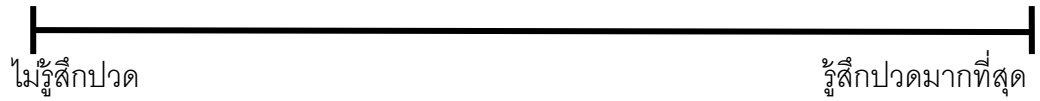

During isometric strength testing

During vertical jump testing

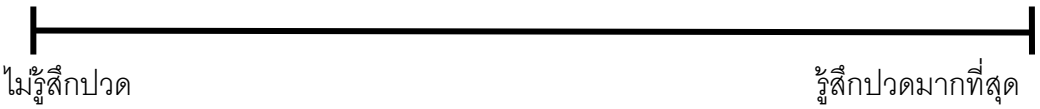


VAS 96 h after EIMD

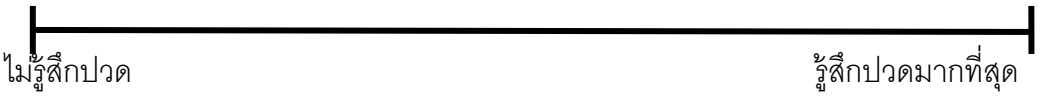
During standing



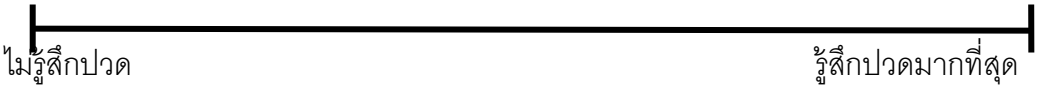

During passive quadriceps stretch




During isometric strength testing




During vertical jump testing



5. Circumference –swelling

| ครั้งที่ | ช่วงระยะ | ตำแหน่งเส้นรอบวง (cm) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ASIS & superior end of patella | | | | | above patella 5 cm | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | Ave | % change | 1 | 2 | 3 | Ave | % change |
| 1 | baseline | | | | | | | | | | |
| 2 | immediate after EIMD | | | | | | | | | | |
| 3 | after 20 min treatment | | | | | | | | | | |
| 4 | 24 h after EIMD | | | | | | | | | | |
| 5 | 48 h after EIMD | | | | | | | | | | |
| 6 | 72 h after EIMD | | | | | | | | | | |
| 7 | 96 h after EIMD | | | | | | | | | | |

6. ROM of knee flexion – muscle stiffness

| ครั้งที่ | ช่วงระยะ | ROM of knee flexion (degrees) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | Ave | % change |
| 1 | baseline | | | | | |
| 2 | immediate after EIMD | | | | | |
| 3 | after 20 min treatment | | | | | |
| 4 | 24 h after EIMD | | | | | |
| 5 | 48 h after EIMD | | | | | |
| 6 | 72 h after EIMD | | | | | |
| 7 | 96 h after EIMD | | | | | |

7. Knee extensor isometric testing – 1 RM muscle strength

| ครั้งที่ | ช่วงระยะ | Knee extensor m. isometric strength test | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | Max | % change |
| 1 | baseline | | | | | |
| 2 | immediate after EIMD | | | | | |
| 3 | after 20 min treatment | | | | | |
| 4 | 24 h after EIMD | | | | | |
| 5 | 48 h after EIMD | | | | | |
| 6 | 72 h after EIMD | | | | | |
| 7 | 96 h after EIMD | | | | | |

8. Vertical jump performance

| ครั้งที่ | ช่วงระยะ | Height of vertical jumps (m) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | Max | % change |
| 1 | baseline | | | | | |
| 2 | immediate after EIMD | | | | | |
| 3 | after 20 min treatment | | | | | |
| 4 | 24 h after EIMD | | | | | |
| 5 | 48 h after EIMD | | | | | |
| 6 | 72 h after EIMD | | | | | |
| 7 | 96 h after EIMD | | | | | |

# BIOGRAPHY

Miss Pornpimol Muanjai was born on September 25, 1986 in Chonburi province, Thailand. She received Bachelor Degree in Science from the Faculty of Physical Therapy and Applied Movement Science, Mahidol University in 2008.