Chulalongkorn University
Chula Digital Collections

Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)

2021

Effects of blood flow restriction training combined with rehabilitation program on neuromuscular function and balance in athletes with chronic ankle instability

Phurichaya Werasirirat
Faculty of Sports Science

Follow this and additional works at: https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd

Recommended Citation
Werasirirat, Phurichaya, "Effects of blood flow restriction training combined with rehabilitation program on neuromuscular function and balance in athletes with chronic ankle instability" (2021). *Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD)*. 4909.
https://digital.car.chula.ac.th/chulaetd/4909

This Thesis is brought to you for free and open access by Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn University Theses and Dissertations (Chula ETD) by an authorized administrator of Chula Digital Collections. For more information, please contact ChulaDC@car.chula.ac.th.

Effects of Blood Flow Restriction Training Combined with Rehabilitation Program on Neuromuscular Function and Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability

Miss Phurichaya Werasirirat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Philosophy in Sports and Exercise Science
Common Course
FACULTY OF SPORTS SCIENCE
Chulalongkorn University
Academic Year 2021
Copyright of Chulalongkorn University

ผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูที่มีต่อ
การทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และการทรงตัวในนักกีฬาที่มีภาวะ
ข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง

น.ส.ภูริชญา วีระศิริรัตน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2564

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Thesis Title	Effects of Blood Flow Restriction Training Combined with Rehabilitation Program on Neuromuscular Function and Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability
By	Miss Phurichaya Werasirirat
Field of Study	Sports and Exercise Science
Thesis Advisor	Tossaporn Yimlamai, Ph.D.
Thesis Co Advisor	Associate Professor PRANEET PENSRI, Ph.D.

Accepted by the FACULTY OF SPORTS SCIENCE, Chulalongkorn University in Partial Fulfillment of the Requirement for the Doctor of Philosophy

.... Dean of the FACULTY OF SPORTS SCIENCE
(Assistant Professor SITHA PHONGPHIBOOL, Ph.D.)

DISSERTATION COMMITTEE

.... Chairman
(Associate Professor Weerawat Limroongreungrat, Ph.D.)

.... Thesis Advisor
(Tossaporn Yimlamai, Ph.D.)

.... Thesis Co-Advisor
(Associate Professor PRANEET PENSRI, Ph.D.)

.... Examiner
(Assistant Professor Kanang Srihirun, Ph.D.)

.... Examiner
(Nongnapas Charoenpanich, Ph.D.)

.... Examiner
(Assistant Professor BENJAPOL BENJAPALAKORN, Ph.D.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภูริชญา วีระศิริรัตน์ : ผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูที่มีต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และการทรงตัวในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง. (Effects of Blood Flow Restriction Training Combined with Rehabilitation Program on Neuromuscular Function and Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.ทศพร ยิ้มลมัย, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.ปราณีต เพ็ญศรี

การจำกัดการไหลเวียนโลหิตจัดเป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งในการฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูปกติที่มีต่อตัวแปรทางคลินิกในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโปรแกรมการฟื้นฟูปกติร่วมกับการจำกัดการไหลเวียนโลหิต กับโปรแกรมการฟื้นฟูปกติต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ การทรงตัวขณะเคลื่อนไหว และความสามารถในการทำงานของข้อเท้าในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง โดยอาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักกีฬาชายและหญิงที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรังระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 28 คน ถูกสุ่มแบบจับคู่แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 14 คน ได้แก่ กลุ่มที่ฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูโดยใช้ปลอกขารัดรอบต้นขา กำหนดที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ และกลุ่มที่ฝึกโปรแกรมการฟื้นฟูปกติ ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ประเมินผลด้วยการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ การทรงตัว และความสามารถในการทำงานของข้อเท้า ก่อนการรักษา และหลังการฝึก สัปดาห์ที่ 4 และ 6 ผลการศึกษา พบว่าทั้งสองกลุ่มสามารถเพิ่มแรงบิดสูงสุดเฉลี่ยของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก และกางสะโพกขณะที่มีการหดตัวแบบคอนเซนตริก กล้ามเนื้อบิดข้อเท้าออกด้านนอกขณะหดตัวแบบเอคเซนตริก นอกจากนี้ยังเพิ่มขนาดของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก และกางสะโพกขณะทดสอบการทรงตัวในทุกทิศทาง และเพิ่มการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวและความสามารถในการทำงานของข้อเท้าที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) หลังการฝึกสัปดาห์ที่ 4 และ 6 เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการฝึก นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มที่ฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูมีความแข็งแรงและขนาดของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อสะโพกและข้อเท้าดีกว่ากลุ่มที่ฝึกโปรแกรมการฟื้นฟูอย่างเดียวหลังการฝึกสัปดาห์ที่ 6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวระหว่างทั้งสองกลุ่ม ($P>0.05$) ผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า การฝึกจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ คลื่นไฟฟ้าการทำงานของกล้ามเนื้อ และความสามารถในการทำงานของข้อเท้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับการฝึกโปรแกรมการฟื้นฟูอย่างเดียว ผลจากการศึกษานี้มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับนักกายภาพบำบัดและเวชศาสตร์ทางการกีฬา สามารถนำมาใช้ออกแบบโปรแกรมการฟื้นฟูในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคง เรื้อรังที่มีประสิทธิภาพได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2564	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม ....

6178606039 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE
KEYWORD: Chronic ankle instability, Occlusion, Hypertrophy, Muscle strength, dynamic balance

Phurichaya Werasirirat : Effects of Blood Flow Restriction Training Combined with Rehabilitation Program on Neuromuscular Function and Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability. Advisor: Tossaporn Yimlamai, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. PRANEET PENSRI, Ph.D.

Blood flow restriction (BFR) training has been advocated as an alternative approach for improving muscle strength in patients undergoing clinical musculoskeletal rehabilitations. However, to our knowledge, no evidence examining the effectiveness of BFR training combined with rehabilitation (R) program on clinical outcome measures in athletes with CAI has been found. Therefore, this study aimed to evaluate the effects of supervised rehabilitation program with and without BFR on muscle strength, cross-sectional area (CSA), EMG activity, dynamic balance, and functional performance in athletes suffering from CAI. A total of 28 collegiate athletes with CAI (male and female) voluntarily participated in this study. They were randomly assigned either to the BFR+R (n=14) or the R group (n=14). Both groups underwent a supervised rehabilitation 3 times weekly for 6 consecutive weeks. The BFR+R group was applied with a cuff around the proximal thigh at 80% of arterial occlusion pressure in addition to R program, while the R group received the sham-BFR only. Before and after 4- and 6- week of intervention, isokinetic muscle strength, CSA, EMG activity, Y-balance test (YBT), and side hop test (SHT) were measured. The results demonstrated that both BFR+R and R groups displayed significant improvements in concentric peak torque of hip extensor and abductor, eccentric peak torque of ankle evertor, increased EMG activities of gluteus maximus and gluteus medius in all directions, fibularis longus in posteromedial and posterolateral directions, and tibialis anterior in anterior directions during performing YBT, along with improved SHT timed performance over a 6-week intervention, compared with baseline (all, $P<0.05$). In addition, the BFR+R group produced superior benefits over the R group for all above variables examined. Nevertheless, there were non-significant differences in reaching distances and COP measures observed between groups during post-intervention. The present finding indicated that including BFR training to traditional rehabilitation over 6 weeks appears to be more effective in improving muscle strength, CSA, muscle activation, and functional performance, but does not further enhance dynamic postural balance, compared with the tradition rehabilitation alone. This information could be alternative implications for physical therapists and sports medicine practitioners when designing rehabilitation program for athletes with CAI.

Field of Study:	Sports and Exercise Science	Student's Signature ....
Academic Year:	2021	Advisor's Signature ....
		Co-advisor's Signature ....

ACKNOWLEDGEMENTS

I successfully completed a doctorate degree because I have received encouragement, guidance, support, and assistance from many people.

Firstly, this study would not have been possible without the financial support and instruments, from the faculty of Allied Health Sciences, Burapha University, Chonburi, Thailand.

I would like to express my sincere gratitude and appreciation to my supervisor, Dr. Tossaporn Yimlamai, for his kindness, invaluable help, constant encouragement, and guidance at each and every stage of my thesis.

I would like to express my sincere gratitude and appreciation to my co-supervisor, Associate Professor Dr. Praneet Pensri, for her kindness, valuable advice, and suggestion in various stages of my thesis.

I am equally grateful to Associate Professor Dr. Weerawat Limroongreungrat, Assistant Professor Dr. Kanang Srihirun, Assistant Professor Dr.Benjapol Benjapalakorn, and Dr. Nongnapas Charoenpanich, for their help and guidance.

Finally, I wish to express my gratitude to my family. My father and my mother, Mr.Pairuch and Mrs. Supaporn Werasirirat, and my brother, Dr. Khritthithat Werasirirat for their love, support, understanding, and encouragement throughout.

Phurichaya Werasirirat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

TABLE OF CONTENTS

Page

ABSTRACT (THAI) ... iii
ABSTRACT (ENGLISH) ... iv
ACKNOWLEDGEMENTS ... v
TABLE OF CONTENTS ... vi
LIST OF TABLES ... ix
LIST OF FIGURES ... x
CHAPTER I INTRODUCTION ... 1
1.1 Background ... 1
1.2 Research questions ... 3
1.3 Research Objective ... 3
1.4 Research Hypotheses ... 4
1.5 Scope of this study ... 4
1.6 Definitions used in the thesis ... 4
1.7 Expected benefit ... 5
1.8 Conceptual framework ... 5
CHAPTER II LITERATURE REVIEW ... 7
2.1 An overview of chronic ankle instability ... 8
2.2 Anatomy of the ankle ... 8
2.3 Mechanism and pathology of ligamentous injury ... 15
2.4 Prevalence of chronic ankle instability in athletes ... 16
2.5 Aetiology and risk factors ... 16
2.6 Models of CAI ... 17
2.7 Diagnosis of chronic ankle instability ... 22
2.8 Treatments ... 24
2.9 The measurement of muscle strength ... 39

2.10 Assessment of muscle cross-sectional area..40
2.11 Electromyography (EMG) activity...42
2.12 The measurement of balance...42
2.13 Functional performance test..44
CHAPTER III METHODOLOGY..46
3.1 Study design..46
3.2 Sample population..46
3.3 Sample size calculation...47
3.4 Ethical approval...47
3.5 Procedures...47
3.6 Outcome measurements..53
3.7 Scope of the current study...63
3.8 Data analysis..64
CHAPTER IV RESULTS...65
4.1 Demographic data..65
4.2 Isokinetic muscle strength..67
4.3 CSA of muscle..72
4.4 EMG activity...73
4.5 Dynamic Balance..82
4.6 Side Hop Test (SHT)...85
CHAPTER V DISCUSSION AND CONCLUSION..86
5.1 Effect of BFR+R on isokinetic muscle strength...86
5.2 Effect of BFR+R on CSA of muscle..88
5.3 Effect of BFR+R on EMG activity during Y-balance...90
5.4 Effect of BFR+R on dynamic balance...91
5.5 Effect of BFR+R on functional performance test..92
5.6 Limitation of study..94
5.7 Conclusion..94
APPENDIX A The Institutional Review Board: Certificate of Approval.................95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

APPENDIX B Thai Clinical Trials Registry 97
APPENDIX C Information Sheet for Research Participant 100
APPENDIX D Information board.. 122
APPENDIX E Data screening form... 123
APPENDIX F IOC Questionnaire 128
APPENDIX G Instrument.. 144
APPENDIX H Dynamic stretching exercise protocol.. 147
APPENDIX I Procedure and outcome measurement 151
APPENDIX J Data recording form... 158
REFERENCES 163
VITA 175

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

LIST OF TABLES

Page

Table 1 Movements that stretch the major ligaments of the ankle 10

Table 2 Summary of the criteria recommended for defining CAI by the International Ankle Consortium..22

Table 3 Diagnostic criteria for chronic ankle instability 24

Table 4 Possible Contraindications to Use of BFR 39

Table 5 Supervised rehabilitation program...50

Table 6 Baseline characteristics of the participants...66

Table 7 Two way ANOVA analysis for muscle isokinetic strength during pre-, 4- and 6 weeks of intervention...70

Table 8 Two-way ANOVA analysis for CSA of fibularis longus muscle during pre- and post-training after 4- and 6- week intervention..72

Table 9 Two-way ANOVA analysis for normalized EMG activity of gluteus maximus during the YBT between groups at pre-, 4, and 6weeks post-intervention..75

Table 10 Two-way ANOVA analysis for normalized EMG activity of gluteus medius during YBT between groups at pre-, 4, and 6 weeks post- intervention. 77

Table 11 Two-way ANOVA analysis for EMG activity of fibularis longus during the YBT between groups at pre-, 4, and 6 weeks post-intervention.................................79

Table 12 Two-way ANOVA analysis for EMG activity of tibialis anterior during the YBT at pre-, 4, and 6 weeks post-interventions..81

Table 13 Two-way ANOVA analysis for reaching distance and COP measures during YBT at 0, 4 and 6 weeks of intervention between groups 83

Table 14 Two-way ANOVA analysis for SHT timed performance at 0, 4 and 6 weeks of intervention between groups...85

LIST OF FIGURES

Page

Figure 1 Conceptual framework 6

Figure 2 Structural organization of the ankle joint 9

Figure 3 Lateral ligaments of the talocrural joint 10

Figure 4 Medial ligaments of the talocrural joint 10

Figure 5 Posterior view of the right ankle region showing the interosseous 11

Figure 6 Anterior-lateral view of the right distal tibiofibular joint showing the anterior tibiofibular ligament and posterior tibiofibular ligament 12

Figure 7 The axis of rotation and osteokinematics at the talocrural joint. 13

Figure 8 The axis of rotation and osteokinematics at the subtalar joint. 14

Figure 9 Lateral compartment of the leg (Evertors) 15

Figure 10 Theory of mechanical insufficiencies and functional insufficiencies attributed to chronic ankle instability 18

Figure 11 illustrates the relations between neuromuscular control of joint stability and proprioception. 20

Figure 12 illustrates a comparison of applied pressures and pressure gradients typically produced. 29

Figure 13 illustrating participants' muscle thickness of the vastus lateralis, vastus intermedialis, and the fascia via the ultrasound in response to moderate blood flow restriction 32

Figure 14 Delfi personalized tourniquet system for BFR with pneumatic cuff 32

Figure 15 The components of BFR consist of a personalized tourniquet system 33

Figure 16 illustrating a contoured tourniquet cuff, which is available in 3 different lengths (length use is dependent on patient thigh size) 33

Figure 17 (A) Pneumatic occlusion cuff for BFR during walking, (B) Pneumatic occlusion cuff for BFR during exercise, and (C) Pneumatic occlusion cuff used to promote BFR 34

Figure 18 Schematic illustrating the total occlusion pressure determination with a doppler US in one volunteer 35

Figure 19 Diagram showing the role of metabolic stress and inflammatory response induced by blood flow restriction training for enhancing muscle adaptations 36

Figure 20 Relationships between inflammatory, neutrophil, and macrophage in the remodelling of skeletal muscle mass induced by BFR with strength training.............37

Figure 21 illustrating the position of the subjects and dynamometer's set up for ankle eversion and inversion isokinetic strength testing. 40

Figure 22 illustrating the relationship between the MRI imaging and US for the vastus lateralis muscle CSA...40

Figure 23 illustrating participants' position, probe location, and parameters used in the ultrasound imaging measurements...41

Figure 24 Illustrating the directions of SEBT in the left- and right- leg stance..........42

Figure 25 The Y balance test directions A) Anterior ; B) Posterolateral ; and C) Posteromedial reach directions 43

Figure 26 Location of BFR cuff in proximal thigh and measurement of posterior tibial artery 49

Figure 27 Blood flow restriction pressure calculation...49

Figure 28 Double leg heel raise 50

Figure 29 Single leg heel raise..51

Figure 30 Single leg heel raise with weight..51

Figure 31 Double leg squats 51

Figure 32 Single leg squats...52

Figure 33 A: Double limb stance on Bosu B: Single limb stance on Bosu C: Double limb stance with throwing and catching on Bosu D: Single limb stance with throwing and catching on Bosu 52

Figure 34 YBT A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial................................53

Figure 35 Positioning for the ankle plantarflexors and dorsiflexors testing...............55

Figure 36 Positioning for the ankle inversion and eversion testing............................55

Figure 37 Positioning for the hip extensors testing 56

Figure 38 Positioning for the hip abductors testing 57

Figure 39 An example of cross-sectional area of fibularis longus muscle 58

Figure 40 A) A gluteus medius electrode placement and B) A gluteus maximus electrode placement 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Figure 41 A) A tibialis anterior electrode placement and B) A peroneus longus electrode placement 59

Figure 42 The Y balance test (YBT) on force plate 62

Figure 43 Illustrating the side hop test 62

Figure 44 A flow chart of the participants 66

Figure 45 Mean and standard deviation of the CSA of injured and non-injured fibularis longus muscle (A and B) 72

Figure 46 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured gluteus maximus muscle during the YBT 74

Figure 47 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of non-injured gluteus maximus muscle during the YBT 74

Figure 48 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured gluteus medius muscle during the YBT 76

Figure 49 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of non-injuried gluteus medius muscle during the YBT 77

Figure 50 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured fibularis longus muscle during YBT 78

Figure 51 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of non-injured fibularis longus muscle during the YBT 79

Figure 52 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured tibialis anterior muscle during the YBT 80

Figure 53 Mean and standard deviation of EMG activity of non-injured tibialis anterior muscle during the YBT 81

Figure 54 Mean and standard deviation of the SHT of injured and non-injured fibularis longus muscle (A and B) 85

Figure 55 The diagram illustrating the potential benefits of BFR training with rehabilitation program on muscle strength, muscle hypertrophy, and functional performance 94

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

CHAPTER I
INTRODUCTION

1.1 Background

Ankle sprains are common sports-related injuries experienced by various athletes and is one of concerns in sports medicine and rehabilitation (Morrison & Kaminski, 2007; Valderrabano et al., 2006). It is estimated that up to 40% of athletes can develop chronic ankle instability (CAI) after an initial ankle sprain. CAI is well characterized by repetitive episodes or perceptions of the ankle giving way. The hallmark of symptoms include pain, muscle weakness, decreased ankle range of motion (ROM), and diminished self-reported function as well as recurrent ankle sprains that persist for more than 6 months after the initial injury. Currently, the aetiology of CAI is not clearly understood. CAI can be divided into mechanical ankle instability (MAI) and functional ankle instability (FAI). MAI frequently occurs as a result of impaired arthrokinematics, pathologic laxity, synovial changes, and development of degenerative joint disease, while FAI is more common and resulting from lateral ligament injury which can negatively affect the neuromuscular system, leading to impaired postural control during functional tasks. This alteration also affects the ability of sensorimotor to shift motor control at the supraspinal level with abnormal of proprioceptive receptor (Doherty et al., 2016; Kobayashi & Gamada, 2014; Munn et al., 2010).

Chulalongkorn University

At present, there is no universal method for treating CAI. Although a surgical treatment has been documented to be effective for treating mechanical instability, the conservative treatment can be useful for functional ankle instability (FAI). In addition, other training methods including the balance training, strengthening exercise, stretching exercise, plantar massage, and mobilization are commonly used by physical therapists (Hale et al., 2007; McKeon & Wikstrom, 2018; Shih et al., 2018). Nevertheless, the traditional rehabilitation program has a limitation for which a heavy load or resistance could not be applied, otherwise it can cause pain and recurrence injuries (Boudreau et al., 2007). Accordingly, they may not fully activate muscle contraction and metabolic stress, which provide an important signal for

increasing muscle hypertrophy and strength (Boudreau et al., 2007). Thus, searching for a new rehabilitation program that optimizes muscle activations and adaptations and requires a short duration of training program (time efficient) is particular important for managing athletes with CAI.

Blood flow restriction (BFR) training has received increasing attention as a novel training method in athletes and rehabilitation settings over the past years. More Specifically, BFR with low load resistance exercise at 20-30% of one repetition maximum (1 RM) for 2 weeks has been reported to enhance muscle strength and hypertrophy (Scott et al., 2016). Furthermore, BFR training was widely used for rehabilitation in patients with post-operative, such as anterior cruciate ligament reconstruction, knee arthroscopy, and Achilles tendon rupture including patients with non-operative musculoskeletal deficits, e.g., patellofemoral pain syndrome, knee osteoarthritis, and chronic ankle instability (Fujita et al., 2007; Gundermann et al., 2012). For examples, BFR training have significantly improved strength of quadriceps muscle and functional return to activities in patients with knee arthroscopy (Tennent et al., 2017). In contrast, BFR training (130-180 mmHg) in athletes with ACLR elicited no significantly difference in quadriceps CSA compared to the control group (Iversen et al., 2016). In a more recent study, Slysz et al. (2016) showed that BFR training at 180 mmHg (80% of the limb occlusion pressure (LOP)) combined with 30% of 1RM in patients with Achilles tendon rupture can improve plantarflexor muscle strength, facilitated return to running, and ambulated without assistive devices. Moreover, Patients with CAI demonstrated greater peroneus longus and tibialis anterior muscles activation during submaximal isometric resistance exercise with BFR than control (Lauver et al., 2019).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Although the mechanism underlying this BFR training-induced muscle hypertrophy is not fully understood, the activation of the mTORC1 and its signalling molecules is thought to be a major pathway responsible for increasing muscle protein synthesis. In addition, the proliferation and incorporation of myogenic satellite cells can lead to increased myocyte content. BFR training can also improve remote muscles strength through increasing the amplitude of motor evoked potential which in turn alters motor output to occlude area in distal (Patterson & Ferguson, 2010; Patterson & Ferguson, 2011). For this end, it was purported that during distal occlusion, proximal

gains may result from fatigue of musculature below the cuff and recruitment of synergistic proximal muscles, a backflow effect into musculature above the area of restriction (gluteal muscle), which helps maintain pelvic stability and control femur movement for results positioning of the ankle and foot. (Dankel et al., 2016; Madarame et al., 2008). In addition, the occlusion of proximal arm or thigh lead to enhance EMG activity from higher threshold motor units and muscle fibers recruitment and muscle hypertrophy via hypertrophic mechanisms, resulting in augmented muscle growth (Abe et al., 2012).

Given BFR training has been shown to be effective in improving in muscle strength in athletes undergoing clinically musculoskeletal rehabilitation; therefore, it can be used as an alternative strategy to treat postural control and functional deficits related to CAI (Faltus et al., 2018). However, to our knowledge, no evidence on the efficacy of BFR training combined with rehabilitation program on muscle strength, cross sectional area (CSA), dynamic balance, and functional performance in athletes with CAI have been found. Thus, the aim of this study was to determine the effectiveness of BFR training combined with rehabilitation program on strength, muscle activation, balance, and functional performance in athletes with CAI.

1.2 Research questions

1.2.1 What were the effects of supervised rehabilitation program with and without BFR training on muscle strength, muscle cross-sectional area in athletes with CAI?

1.2.2 What were the effects of supervised rehabilitation program with and without BFR training on EMG activity, dynamic balance, and functional performance in athletes with CAI?

1.3 Research Objective

1.3.1 To determine the effects of rehabilitation program with and without BFR training on muscle strength and CSA, electromyography (EMG) activity, dynamic balance, and functional performance in athletes with chronic ankle instability

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3.2 To compare the effects of BFR training combined with rehabilitation program on muscle strength and CSA, EMG activity, dynamic balance, and functional performance with those of traditional rehabilitation program in athletes with chronic ankle instability.

1.4 Research Hypotheses

This study hypothesized that an inclusion of BFR training to traditional rehabilitation program would have additional benefits for improving muscle strength, CSA of muscle, muscle activation, dynamic balance, and functional performance compared with the rehabilitation program alone.

1.5 Scope of this study

1.5.1 Collegiate athletes with CAI (e.g. rugby, football, volleyball, handball and basketball), aged between 18-23 years, from Burapa University, Chonburi province, Thailand.

1.5.2 Outcome measurements

1.5.2.1 Independent variables

- Blood flow restriction training
- Supervised rehabilitation program

1.5.2.2 Dependent variables

- Hip isokinetic strength
- Ankle isokinetic strength
- CSA of muscle
- EMG activity of the hip and ankle muscles
- Dynamic balance
- Center of pressure measures
- Functional performance (the side hop test)

1.6 Definitions used in the thesis

1.6.1 Chronic ankle instability is an encompassed term, which consists of feeling the ankle giving way during walking or doing other activity, with

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

the residual symptoms become even worsen after 6 months (Chan et al., 2011).

1.6.2 Blood flow restriction training is a training or rehabilitation method of constricting vessels by using an inflatable cuff in order to maintain arterial inflow with occluding venous return during exercise. This training strategy specifically aimed to improve muscle strength and hypertrophy.

1.6.3 Supervised rehabilitation program is referred to as a primary mean of managing the ankle sprain condition and preventing re-injury. These programs comprise the strengthening exercise, the stretching exercise, and neuromuscular training (Hale et al., 2007).

1.6.4 Balance is defined as the ability to stay upright or stay in the control of body movement. Two types of balance exist: static and dynamic balance. Static balance is referred to an ability to maintain equilibrium during a stationary, while dynamic balance is defined as an ability to maintain equilibrium when moving.

1.6.5 Functional performance is defined as the functional ability of patients with suspected CAI. There are many methods for assessing function deficits related to CAI, including side hop test, timed hop test, multiple hop test, and single hop for distance.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

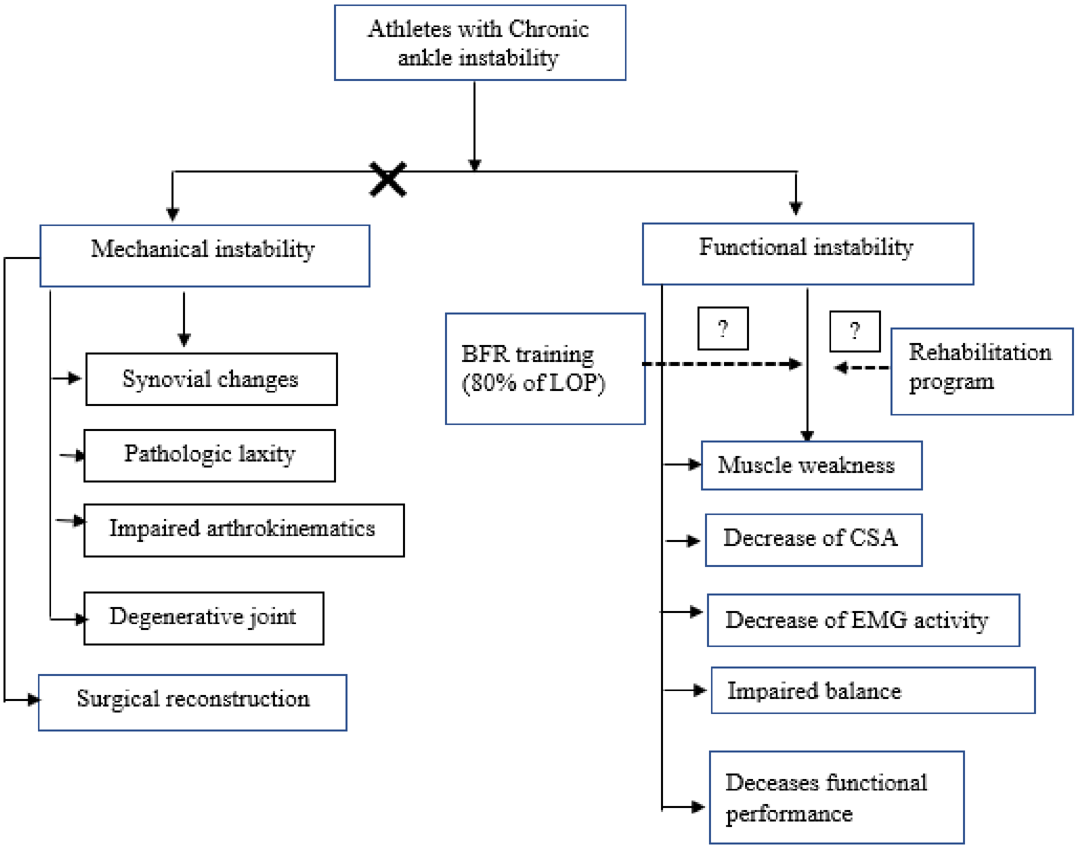
1.7 Expected benefit

The results of this study could help physical therapists and practitioners in developing and designing an effective rehabilitation program for managing athletes with CAI.

1.8 Conceptual framework

CAI is among the common sport-related injuries experienced by various athletes. CAI is frequently associated with deficits in postural control (balance), muscle strength, and neuromuscular control. BFR training is a novel training strategy, which can increase strength and hypertrophy. However, to our knowledge, little is known about the efficacy of BFR training in combination with rehabilitation program

in treating and managing athletes with CAI. Thus, the aim of this study was to determine the effectiveness of BFR training combined with traditional rehabilitation program on neuromuscular function, dynamic balance, and functional performance in athletes with CAI.



CHULALONGKORN UNIVERSITY

Figure 1 Conceptual framework

CHAPTER II
LITERATURE REVIEW

This study aimed to find out the efficacy of BFR training combined with supervised rehabilitation program on neuromuscular function, balance, and functional performance in athletes with CAI. The important knowledge and relevant information were reviewed as follows;

2.1 An overview of chronic ankle instability

2.2 Anatomy of the ankle

2.2.1 Bone anatomy of the ankle

2.2.2 Ligamentous anatomy of ankle

2.2.3 Functional Anatomy of ankle joint

2.2.4 Muscles and tendon in ankle instability

2.2.5 Aetiology and risk factor

2.2.6 Innervation in ankle joint

2.3 Mechanism and pathology of ligamentous injury

2.4 Prevalence of chronic ankle instability in athletes

2.5 Aetiology and risk factor

2.5.1 The intrinsic factors

2.5.2 The extrinsic factors

2.6 Models of CAI

2.6.1 Primary tissue injury

2.6.2 Pathomechanics of chronic ankle instability

2.7 Diagnosis of chronic ankle instability

2.8 Treatments

2.8.1 The principle and effects of open and close kinetic chain exercises

2.8.2 The principle and effects of neuromuscular training

2.8.3 The principle and effects of BFR training

2.8.4 Side effects and safety considerations for the use of BFR training

2.9 The measurement of muscle strength
2.9.1 Hand-held dynamometers (HHDs)
2.9.2 Isokinetic dynamometers (IDs)
2.10 The measurement of muscle hypertrophy
2.10.1 Magnetic resonance imaging (MRI)
2.10.2 Ultrasonography (US)
2.11 Electromyography (EMG) activity
2.12 The measurement of balance
2.12.1 Star excursion balance test (SEBT)
2.12.2 Y balance test (YBT)
2.12.3 Biodex Balance System (BBS) test
2.12.4 The force platform
2.13 The measurement of functional performance

2.1 An overview of chronic ankle instability

Lateral ankle sprain is one of the most common of sport-related injuries, which subsequently leading to chronic ankle instability (CAI). Typically, the termed CAI is defined as the ankle giving way, occurring during walking or doing other activity, with the symptoms are getting worse for longer than 6 months (Chan et al., 2011).

The impaired development and activity limitation are independent of the severity of the initial injury and are not confined to the injured limb. In fact, the contralateral ankle of 85% of people could lead to the development of CAI after unilateral sprain (Konradsen, 2002). However, the incidence rate is not well understood about the progression of an ankle inversion injury to CAI, which will result in up to 40% of ankle sprain (Chan et al., 2011).

2.2 Anatomy of the ankle

2.2.1 Bone anatomy of the ankle

The ankle comprises the articulation of tibia, fibular, and talus which is composed of 3 articulations: the talocrural joint, the proximal tibiofibular, and the distal tibiofibular joint (Figure 2).

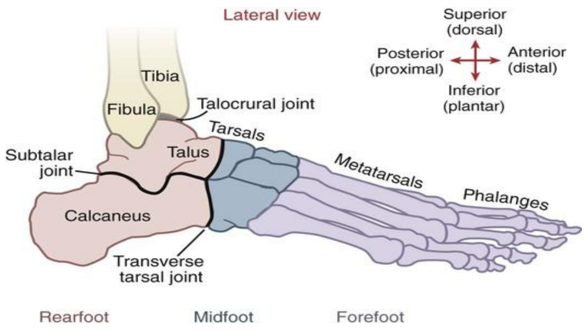


Figure 2 Structural organization of the ankle joint (Neumann, 2010)

This articular surface may be extended into the groove separating and from the anterior surface of the shaft. Medially or laterally are facets that articulate with corresponding the talar facets in extreme dorsiflexion (Hintermann, 1999).

The distal tibiofibular joint is between the rough, medial convex surface on the distal end of the fibula, and the rough concave surface of the fibular notch of the tibia. The joint is generally considered a syndesmosis (Moore et al., 2006).

2.2.2 Ligamentous anatomy of ankle

2.2.2.1 Lateral ligaments

The lateral ligamentous complex is composed of three parts: the calcaneofibular ligament (CFL), the anterior talofibular ligament (ATFL), and the posterior talofibular ligament (PTFL) (Figure 3).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

The ATFL, it is the ligament most often involved in inversion ankle sprains which runs almost horizontally during anatomical position (Moore et al., 2006). However, when the foot is inverted, the ligament comes under sprain and is vulnerable to injury (Kumai et al., 2002).

The CFL has taut between the inferior part of the lateral malleolus to the calcaneus and runs in a slightly posterior oblique direction toward the heel. This ligament has angle between the anterior talofibular ligament and the calcaneofibular ligament that is important for the ankle stability (Moore et al., 2006).

The PTFL constitutes the posteromedial side of lateral

malleolus and attaches to the lateral tubercle of the talus. It stabilizes talus within the mortise that limited excessive abduction of the talus during fully ankle dorsiflexion (Neumann, 2010)

Figure 3 Lateral ligaments of the talocrural joint

(Neumann, 2010)

2.2.2.2 Medial ligaments

The deltoid ligament on the medial side is formed by three main fibers namely the tibionavicular, tibiocalcaneal, and tibiotalar (strengthen in the medial ligaments). The tibionavicular fibers can be part of the deltoid ligament. In addition, the tibiocalcaneal fibers and the tibiotalar fibers form a superficial layer (Figure 4) (Moore et al., 2006; Neumann, 2010).

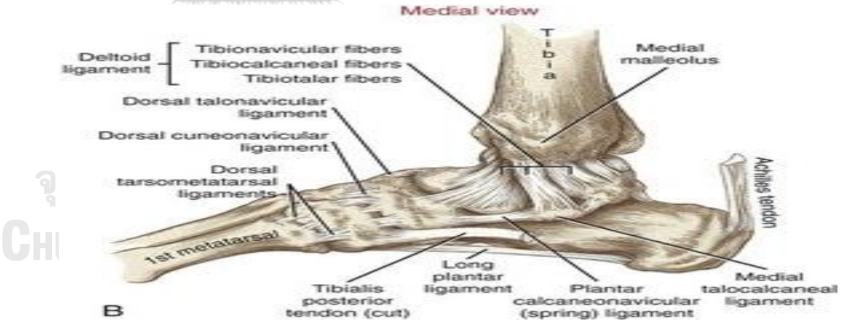


Figure 4 Medial ligaments of the talocrural joint

(Neumann, 2010)

Table 1 Movements that stretch the major ligaments of the ankle

Ligaments	**Crossed joints**	**Movements that stretch**
Tibiotalar fibers	Talocrural joint	Eversion, dorsiflexion with associated posterior slide of talus within mortise

Tibionavicular fibers	Talocrural joint Talonavicular joint	Eversion, plantar flexion with associated anterior slide of talus within mortise Eversion, abduction
Tibiocalcaneal fibers	Talocrural joint and subtalar joint	Eversion
Anterior talofibular ligaments	Talocrural joint	Plantar flexion with associated anterior slide of talus within the mortise, inversion, adduction
Calcaneofibular ligament	Talocrural joint subtalar joint	Dorsiflexion with associated posterior slide of talus within the mortise, inversion Inversion
Posterior talofibular ligament	Talocrural joint	Dorsiflexion with associated posterior slide of talus within the mortise, abduction, inversion

2.2.2.3 Inferior tibiofibular joint ligaments

The interosseous membrane has three ligaments: the interosseous tibiofibular ligament, the anterior tibiofibular ligament, and the posterior tibiofibular ligament which are presented at the joint between the distal tibia and the fibular (Moore et al., 2006) (Figure 5,6)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

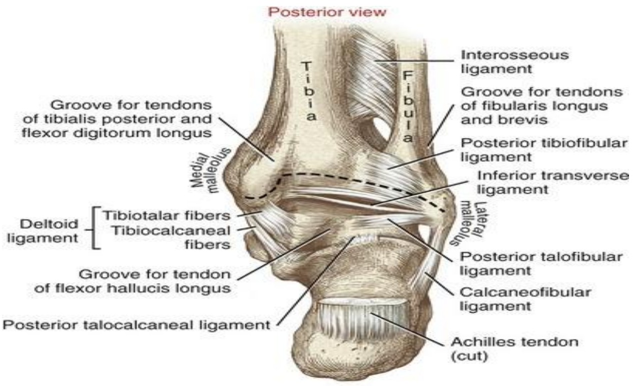


Figure 5 Posterior view of the right ankle region showing the interosseous tibiofibular ligament and posterior tibiofibular ligament (Neumann, 2010)

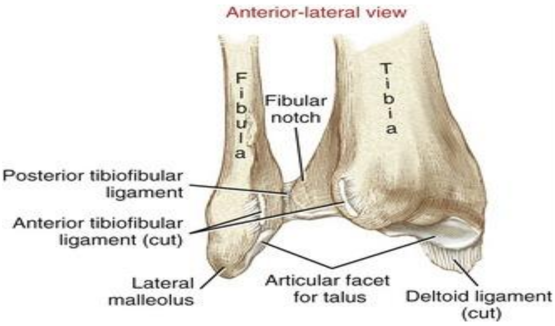


Figure 6 Anterior-lateral view of the right distal tibiofibular joint showing the anterior tibiofibular ligament and posterior tibiofibular ligament (Neumann, 2010)

2.2.3 Functional Anatomy of ankle joint

The ankle joint is composed of three articulations; the talocrural joint, the subtalar (talocalcaneal) joint, and the distal tibiofibular joint that are critical to allow coordinated movement of rearfoot. This motion is typically occurred in plantar flexion-dorsiflexion, inversion-eversion, and internal rotation-external rotation (Guermazi et al., 2016). However, this motion does not occur in isolation in each plane, but requires coordinated movement of three joints. Rearfoot motion comprises talocrural and subtalar joints, which have oblique axes rotation, so coupled rearfoot motion is pronated and supinated movement (Rocka, 1995).

2.2.3.1 Anatomy of talocrural joint

The structure of this joint is hinge joint when in isolation and allows the movement of plantar flexion and dorsiflexion. Additionally, the sagittal plane is primarily isolated movement of talocrural joint (Lundberg et al., 1989). The tibia moves anteriorly on the fixed talus during weight bearing which occurs during closed kinetic chain dorsiflexion. The fully loaded of the ankle complex is major stabilizers against excessive talar rotation and translation of articular surfaces (Figure 7).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

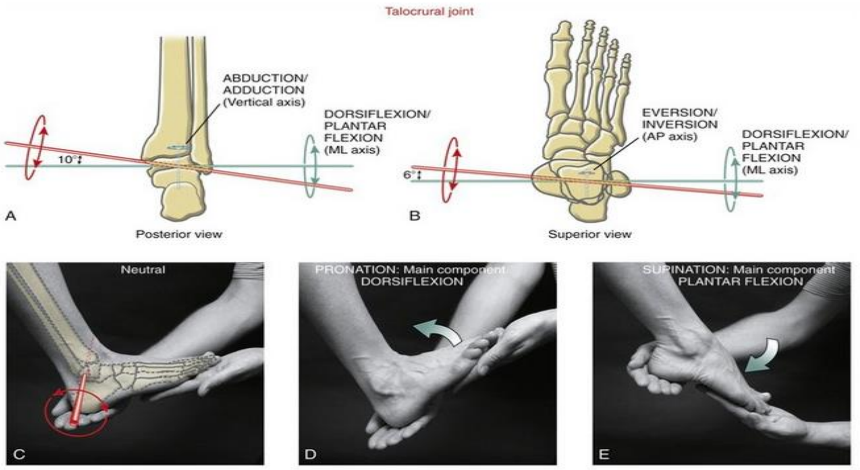


Figure 7 The axis of rotation and osteokinematics at the talocrural joint. (Neumann, 2010)

The talocrural joint is supported by joint capsule and several ligaments, posterior talofibular ligament (PTFL), calcaneofibular ligament (CFL), the anterior talofibular ligament (ATFL), and deltoid ligament. Lateral aspect of the ankle is supported by ATFL, PTFL, and CFL, whereas the deltoid ligament provides medial support (Stormont et al., 1985).

ATFL prevents anterior displacement of the talus from the mortise and excessive inversion and internal rotation of the talus on the tibia (Cass & Settles, 1994).

The CFL extends from the lateral malleolus posteriorly and inferiorly to the lateral aspect of the calcaneus which CFL limits excessive supination of subtalar joint and talocrural joint. In addition, the CFL restricts excessive internal rotation and inversion of the rearfoot, which is the most taut during the ankle dorsiflexion (Attarian et al., 1985).

The PTFL courses from the lateral malleolus posteriorly to the posterolateral aspect of the talus in which it inserts to the talus and fibula and provides restraint to both inversion and internal rotation of the loaded talocrural joint (Stormont et al., 1985).

2.2.3.2 Anatomy of subtalar joint

The subtalar joint is formed by the talus and the calcaneus which converts torque between the lower leg and the (Figure 8). Intrinsic

ligaments is identified as the strongest structure attaching calcaneus and talus, and interosseous ligament to increased stability (Perry, 1983).

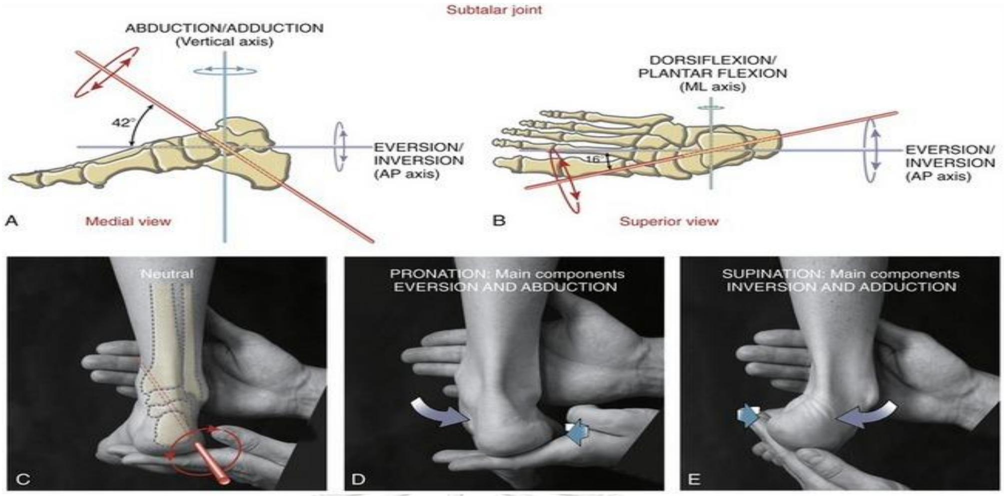


Figure 8 The axis of rotation and osteokinematics at the subtalar joint.
A and B: The component axes and associated, D: The movement of pronation, with the main components of eversion and abduction, and E: The movement of supination, with the main components of inversion and adduction
(Neumann, 2010)

2.2.3.3 Anatomy of distal tibiofibular joint

The distal tibiofibular joint is the distal articulation between the fibular and tibia. A thick interosseous membrane along with anterior and posterior inferior tibiofibular ligaments helps stabilized this joint. The anterior inferior tibiofibular ligament is often injured during eversion and damage which results in the so-called high ankle sprain (Miller et al., 1995).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.4 Muscles and tendon in ankle instability

Tibialis anterior, extensor digitorum longus, peroneus tertius, And extensor digitorum brevis muscles of anterior compartment may also contribute to the dynamic stability of the lateral ankle complex by eccentric contraction during forced supination of the rearfoot.

The peroneal longus and brevis muscles are integral to the control of supination of the rearfoot and protection against lateral ankle sprains. In addition, functional ankle instabilities is possibly due to proprioceptive deficit, mechanical insufficiency, and muscle

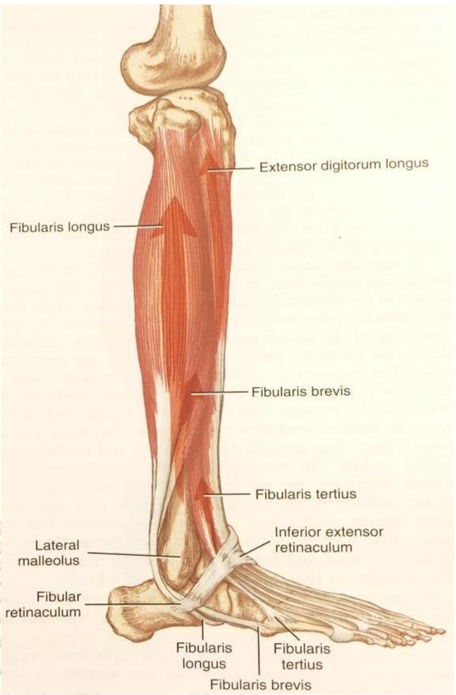


Figure 9 Lateral compartment of the leg (Evertors)
(Neumann, 2010)

It was interesting to find that relative peroneal muscle weakness as determined by manual muscle test was present in 22%, injuries associated with increased mobility and decreased strength, and ankle symptoms (recurrent sprains, instability, and pain) in 35% (Bosien et al., 1995). Peroneal muscle weakness was a result of overstretching, disuse atrophy, or both. According to Arnheim and Prentice (1997), the peroneus longus muscle must be exercised to provide eversion strength for prevent the foot from forced into inversion (Arnheim & Prentice, 1997).

2.2.5 Innervation in ankle joint

The motor supply to the muscles comes from the tibial, deep peroneal, and superficial peroneal nerves and the sensory supply comes from these 3 mixed nerves and 2 sensory nerves: the saphenous and sural nerves. (Khin-Myo-Hla et al., 1999).

2.3 Mechanism and pathology of ligamentous injury

Ankle in plantarflexion and eversion can be caused by either acute lateral ankle instability or lateral ankle sprain. Increasing of ankle dorsiflexion into plantar flexion

causes strain, which is the most frequently injuries of the lateral ligaments. 73% to 96% of patients with ATFL injury, while 80% of the CFL injury (Woods et al., 2003). The mechanism of injury occurs with the ankle in eversion and external rotation or the reverse i.e. inward rotation of the body on the fixed foot (Hintermann et al., 2002; Hintermann et al., 2004).

2.4 Prevalence of chronic ankle instability in athletes

Inversion sprain is the most common diagnosis accounting for 84% of injuries, especially rugby, football, volleyball, handball and basketball were the highest incidence injuries (Fong et al., 2007). 14% of the sport-related attendances were on the ankle joint, with 81% being ligamentous sprains and 10% being fracture, 37% of sustained mainly in basketball and 29% of football sports (Fong et al., 2008).

2.5 Aetiology and risk factors

The risk factors for ankle sprain injury have been divided into intrinsic and extrinsic factors.

2.5.1 The intrinsic factors

Many intrinsic factors such as sex, age, weight, height, previous injury, flexibility, limb girth, muscle strength, reaction time, proprioception, anatomic alignment, foot morphologic characteristics and inadequate rehabilitation have been documented to influence ankle sprain injury. Kobayashi et al. (2016) reported that intrinsic risk factor related to lateral ankle sprain was associated with significantly greater BMI, decreased ankle dorsiflexion ROM in the injury group than in the non-injury group, while other studies found no such correlation (de Noronha et al., 2013; Kobayashi et al., 2016). Ankle evertor muscle weakness or delayed ankle evertor muscle reaction time were common in chronic ankle instability (Hoch & McKeon, 2014).

2.5.2 The extrinsic factors

The extrinsic factors include the type of sport, the competition level, the shoe type, the use of ankle tape and/or brace, the playing surface, and the level of competition. The contraction of the muscles and the contribution from the ligaments can help stabilise the ankle joint; therefore, when the muscles are inactive,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

the joint stability would rely mainly on the ligaments. As the ligaments possess viscoelastic property, a sudden explosive stretch would tear them (Fong et al., 2009).

2.6 Models of CAI

2.6.1 Primary tissue injury

For CAI to develop, the injuries of mechanism were consisted of both excessive inversion and internal rotation of the rearfoot on the tibia (Fong et al., 2012). Patients with CAI will have had a primary to the ATFL, while CFL is possibly present at the time of their index LAS. After an LAS, patients quickly develop the signs and symptoms of pain, swelling, and inflammation, including alterations in sensorimotor function that can develop to CAI (Hertel & Corbett, 2019).

2.6.2 Pathomechanics of chronic ankle instability

Chronic ankle instability is caused by changes in both sensory and motor function within the sensorimotor system. Since the sensory information from multiple somatosensory sources i.e. plantar, musculotendinous, and ligamentous receptors can be accomplished by movement goal, however, damaged sensory receptor can cause chronic functional instability (McKeon & Wikstrom, 2016; Wikstrom et al., 2013).

There are two theories of CAI. The first explanation is related to the impairment of proprioception around the ankle after an acute injury, subsequently leading to functional ankle instability (FAI). The second contributing factor involves mechanical ankle instability (MAI), which is defined as an abnormal movement of the talus within the ankle joint complex. Mechanical instability and functional instability are probably not co-operatively exclusive entities but are more likely result from a continuous of pathologic contributions to CAI (Hintermann, 1999) (Figure 10).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

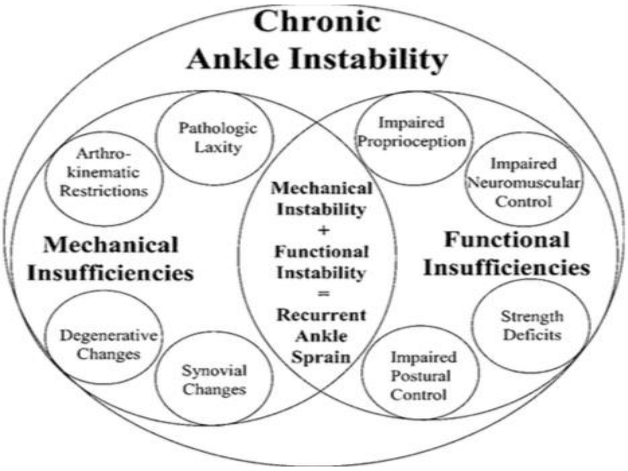


Figure 10 Theory of mechanical insufficiencies and functional insufficiencies attributed to chronic ankle instability

(Hintermann, 1999)

2.6.2.1 Mechanical ankle instability

MAI is defined as having excessive inversion laxity of the rear foot or excessive anterior laxity of the talocrural joint that assessed using instrumented (arthrometry or stress radiography) or manual stress testing (Delahunt et al., 2010). A result of anatomic changes after initial ankle sprain contributes to mechanical instability, which leads to insufficiencies of the ankle stability.

2.6.2.1.1 Pathologic laxity

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ATFL and CFL are injuries caused by talocrural instability, which can be assessed by using an anterior drawer test for determining the amount of anterior displacement of the talus from the tibiofibular mortise (Rasmussen & Tovborg-Jensen, 1982). ATFL integrity is assessed by determining the amount of talar tilt when talus inversion with talocrural joint plantarflexion. CFL integrity is assessed by rearfoot inversion with talocrural joint dorsiflexion for determining the amount of talar tilt. Positive test of an anterior drawer test can represent laxity in transverse plane, whereas talar tilt test indicates in frontal plane (Bremer, 1985). However, some study has report that previous injury, ligament laxity and the grade of sprain were not predictors of chronic dysfunction (Gerber et al., 1998).

2.6.2.1.2 Impaired arthrokinematics

Tabrizi et al. (2000) suggested that limited dorsiflexion range of motion in the closed kinetic chain is thought to be due to a predisposition to lateral ankle sprain, which occurs in athletes with repetitive ankle sprain and also typically compensated by increased subtalar pronation. If the talocrural joint is not able to fully dorsiflex so that this joint will not reach its closed-pack position during stance; thus, it may be able to inversion and internal rotation (Tabrizi et al., 2000). In addition, the potential of arthrokinematics restrictions are caused by subtalar, midtarsal, and tarsometatarsal joint fibula.

2.6.2.1.3 Synovial changes

Synovial inflammation has been shown in the talocrural and posterior subtalar joint capsules that pain and recurrent ankle instability often occur in patients with synovial inflammation, which are due to impingement of hypertrophied synovial tissue between the respective bones of the ankle complex (Taillard et al., 1981). Development of degenerative changes in the ankle complex can contribute to repetitive bouts of ankle instability. Gross and Marti (1999) found that volleyball players with a history of repetitive ankle sprains have more osteophytes and subchondral sclerosis when compared healthy controls groups (Gross & Marti, 1999). In addition, subjects with CAI have been greater varus angulation of the tibial when compared with those suffering initial acute sprains (Sugimoto et al., 1997). However, it is still unclear whether these structural changes predispose to recurrent ankle sprains or development in ankle instability.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.6.2.2 Functional instability

According to Freeman (1965), individuals who have lateral ankle sprains that damaged articular mechanoreceptors from deficit proprioception may contribute to impaired balance (Figure 11).

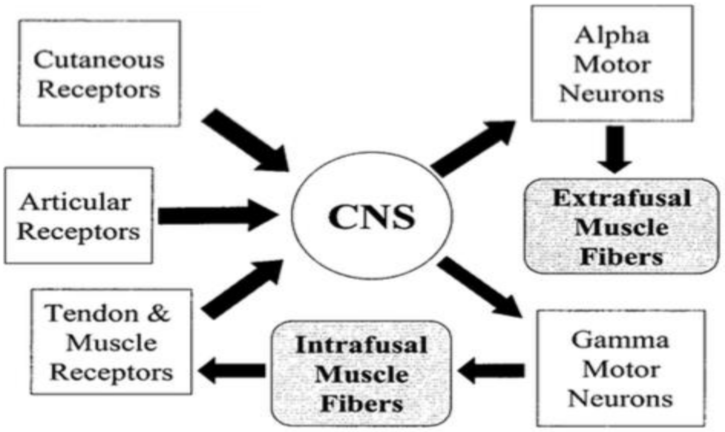


Figure 11 illustrates the relations between neuromuscular control of joint stability and proprioception.

(Freeman, 1965)

2.6.2.2.1 Impaired Proprioception and Sensation

Changing of muscle spindle activity in peroneal muscles can change articular me and chemoreceptor activity in impaired proprioceptive at the ankle. Although patient with common peroneal nerve palsy after acute lateral ankle sprain processes impaired cutaneous sensation and slow nerve conduction velocity; however, there is no evidence supporting this notion in patients with CAI (Kleinrensink et al., 1994). Diminished somatosensation is occurred because of articular proprioceptors and damage to ligamentous during injury (Konradsen & Voigt, 2002).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Moreover, the perceived instability represents a clinically important impairment leading to high risk of giving way during functional activities or the unstable of ankle from perception is a common complaint of those with CAI. The Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) (Hiller et al., 2006) and Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI) questionnaire (Simon et al., 2012) have been widely used for screening tools in the CAI; however, CAIT $\leq$ 24 is now considered a standard diagnostic criterion of CAI.

2.6.2.2.2 Impaired Neuromuscular-Firing Patterns

Individuals with a history of severe unilateral ankle sprain exhibited bilateral deficits of gluteus medius recruitment (Bullock-Saxton, 1995). Impaired neuromuscular is not only present in structures that

cross the affected ankle but also exists alongside other neuromuscular pathways in both limbs; therefore, central neural adaptations can reflex to peripheral joint condition (Palmieri-Smith et al., 2009).

2.6.2.2.3 Impaired Postural Control

The patients with CAI have been impaired balance or postural control, which may be due to somatosensory, motor impairments, or a combination of the two. Maintenance of quiet unipedal stance and the SEBT were most commonly reported of balance task. This deficit is thought to be a result of neuromuscular control impairment, causing the foot pronation and supination effort to keep the body's center of gravity above the base of support. Maintaining unilateral stance of hip strategy is less efficient than the ankle strategy (Pintsaar et al., 1996). Moreover, the patients have been represented more trunk and pelvic rotation (de la Motte et al., 2015).

Alternated postural control strategy is likely due to changes in a central neural control that appear in the presence of ankle joint impairment. According to Wikstrom, Naik, Lodha, and Cauraugh (2009), the role of motor control programs must be developed to functional instability that postural control deficits represented by increasing the area and velocity of the centre of pressure (COP) for affected lower limbs (Wikstrom et al., 2009).

2.6.2.2.4 Strength Deficits

Chulalongkorn University

Diminished strength has been reported among individuals with CAI, which found for both eversion and inversion (Ryan, 1994). Neuromuscular control deficits from functional ankle instability are aggravate alterations in kinesthetic perception and muscle reflex activation which effect on a delay in reaction time in the peroneus longus, peroneus brevis, and tibialis anterior muscles within the functional ankle instability of the basketball players. Previous research found that functional ankle instabilities, especially strength deficits up to 6 months following injury, resulted in increased resting motor threshold in peroneus longus muscle and lacked in corticomotor excitability of the peroneus longus to control inversion mechanisms, causing perceptions of functional limitation from neuromuscular impairment and poor motor control (Pietrosimone & Gribble, 2012). Deficits have also been reported in eccentric eversion, inversion, plantarflexion, and

dorsiflexion strength from using isokinetic dynamometry in patients with CAI (David et al., 2013).

Additionally, proximal muscles (gluteal muscles) weakness from ankle instability have been reported to alter landing mechanics as a result of poor shock absorption (Pollard et al., 2011).

2.7 Diagnosis of chronic ankle instability

Subjective complaints and the use of discriminative instruments are often used to diagnosis of CAI. In this study, the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) and Ankle Instability Index (AII) are utilized to assess CAI, which categorize athletes into mechanical or functional CAI subsets.

The International Ankle Consortium defined CAI as conditions with a history of “giving way” and/or “feelings of instability” from a significant ankle sprain that was associated with an inflammatory response and at least one missed day of activity. A summary of the criteria recommended for defining CAI by the International Ankle Consortium is shown in Table 2 (Gribble et al., 2014).

Table 2 Summary of the criteria recommended for defining CAI by the International Ankle Consortium

Inclusion criteria for further CAI research and study design (minimum)	**Exclusion criteria (minimum)**
1. History of at least one significant ankle sprain -Inflammatory symptoms caused at least one interrupted day of activity -Most recent injury must have occurred 3 months prior - The initial sprain must have occurred at least 12 months prior to study enrolment 2. History of recurrent ankle sprains and/or “giving way” and/or feelings of instability 2.1 Definition of recurrent sprain as two or more sprain to the same ankle	1. History of fracture in either lower extremity requiring realignment 2. Previous surgical interventions to musculoskeletal structure in lower extremity 3. Acute injury to musculoskeletal structures of any other lower extremity joints in the previous 3 months -Impacted joint integrity and function with at least 1 day of interrupted activity

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 Definition of giving way as the regular occurrence of uncontrolled and unpredictable episodes of excessive inversion of the rear foot) such as usually experienced during initial contact during walking or running 2.3 Definition of feeling ankle instability as the situation whereby during activities of daily living (ADL) and sporting activities the subjects feels that ankle joint unstable -Use of Ankle instability instrument, Cumberland Ankle instability Tool, and/or Identification of Functional Ankle Instability 3. Self-reported foot and ankle function questionnaire for level of disability -Foot and Ankle Ability Measure and/or Foot and Ankle Outcome Score	

Mechanical instability can be identified from either physical examination or stress radiographs, while functional instability can be identified from subjective, patient-reported feeling of giving way. In addition, the presence of unilateral recurrent sprain or MAI on stress X-ray, anterior drawer test, and talar tilt test are commonly used for MAI. From a systematic review, the inclusion criteria for FAI are as follow (Delahunt et al., 2010):

- "Giving way or recurrent feeling of instability" during activities of daily living, experienced at least one repeated ankle injury
- Two or more unilateral inversion injuries requiring
- Decrease weight bearing or immobilization
- Chronically weak and less functional since injury
- At least three residual symptoms of ankle instability (giving way, reduced ROM, pain, instability, weakness)
- Negative anterior drawer test
- CAIT score ≤ 23 for the affected ankle

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Table 3 Diagnostic criteria for chronic ankle instability

	Lateral instability	**Medial instability**	**Rational instability**
Natural history	-Supination, inversion primary historical injury -Lateral and anterolateral pain -Instability and giving way in varus positions -Recurrent lateral sprains	-Pronation, eversion primary sprain -Anteromedial ankle pain -Instability and giving way -Recurrent medial sprains	-History of ankle sprain with any mechanism of injury -Anteromedial and anterolateral pain -Instability and giving way -Recurrent sprains -Foot deformity
Examination	-Localized tenderness over ATFL and CFL -Anterior drawer test -Eversion stress test -Assessment of standing hindfoot varus malalignment -Peroneal tendons assessment	- Localized tenderness on the anteromedial ankle and over spring ligament -Anterior drawer test -Inversion stress test - Assessment of standing hindfoot valgus -Tibial posterior functional examination	-Localized tenderness over both anteromedial and anterolateral ankle - Anterior drawer test -Eversion/Inversion stress test -Usually hindfoot valgus and forefoot abduction -Assessment of both peroneal and tibialis posterior tendons

2.8 Treatments

The initial conservative treatment for CAI is to increased ligament laxity, which is always or partially caused by proprioceptive disturbance (Safran et al., 1999). Patients who have functional ankle instability are more likely to benefit from these conservative measures (Maffulli & Ferran, 2008).

The conservative treatment (e.g. strengthening exercise, stretching exercise, neuromuscular training, mobilization, taping or brace) of chronic ankle instability

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

have recently been published in a mixed population of non-injured and previously injured subjects. This program has been shown to cause significant improvements in SEBT and functional limitations in patients with CAI (Hale et al., 2007). Generally, the rehabilitation program comprises the open and close kinetic chain exercises and neuromuscular training.

2.8.1 The principle and effects of open and close kinetic chain exercises

Open kinetic chain (OKC) and close kinetic chain (CKC) exercises can improve resistance training that is conducted to increase balance, ankle stability, and performance. The method of OKC exercise includes ankle plantar flexion, dorsiflexion, inversion, eversion with theraband, side lying in hip abduction, clam shell gluteus medius, and fire hydrant. Progression of exercise can be achieved by a Theraband, and increment of sets, and repetitions. The method of CKC exercise includes double/single leg heel raises, single leg heel raises with weight, star excursion balance test (SEBT) functional reaching, and double leg squats. This program can be progressed by increasing of sets and repetitions (Jaber, Lohman, Alameri, et al., 2018). According to Jaber et al. (2018), both OKC and CKC exercises for 6 weeks caused improvements in the Foot and Ankle Ability Measure-Sport Subscale, SEBT, Center of Pressure (COP), suggesting an improvement in dynamic postural control and subjective function; however, CKC elicited greater improvements than that of the OKC (Jaber, Lohman, Alameri, et al., 2018). In addition, CKC exercise was reported to increase EMG activity of fibularis longus during heel raises exercises when compared to ankle eversion exercises using a resistive theraband (Chen et al., 2015).

Typically, CKC exercise is performed by muscular co-contraction and eccentric contraction, causing a decrease in the shearing forces during compressive forces to the joints; therefore, this program can improve joint stability. In addition, CKC in reaching on SEBT that is effective for maintaining the stability received from ankle, knee, and hip joint of support limb.

2.8.2 The principle and effects of neuromuscular training

Published clinical guidelines demonstrated that neuromuscular training, which consists of balance training and exercises can improve functional movements. The neuromuscular training is usually performed by using static stability and dynamic

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

stability (a double/single leg standing with throwing and catching ball on dynair or bosu) (Cruz-Diaz et al., 2015; Yu et al., 2017). Indeed, neuromuscular training for 6 weeks resulted in significant improvements in CAIT, SEBT, and pain in athletes with CAI (Cruz-Diaz et al., 2015). Neuromuscular training is also effective in decreasing the rate of ankle sprain in sports activities postural sway, particularly in athletes with a previous history of ankle injuries. This training program is thought to improve postural control via the afferent and efferent information pathways become more efficient in transmitting the signals (Huang et al., 2014; Kidgell et al., 2007).

In contrast to above findings, some previous research found no difference in any of the directions evaluated after the training (Boraoa et al., 2015). This discrepancy in result may be due to the different in the training protocol among the studies as this program used a relatively shorter than 6 weeks. Nevertheless, additional studies are needed to determine the optimal protocol for neuromuscular training (Huang et al., 2014; Kidgell et al., 2007; Mohammadi, 2007). There is also a limit in methodology including assessment bias, and poor description of sample characteristics (Martin et al., 2013).

Neuromuscular training can help in restoration of a lack proprioceptive input from the mechanoreceptors in the ankle joint. Several studies (Eils, Schroter, Schroder, Gerss, and Rosenbaum (2010); McGuine and Keene, (2006) found that this proprioception/neuromuscular training can reduce injuries (35%-38%) and improve balancing capabilities. Thus, this program is essential part of the overall neuromuscular control for improving ankle instability by increasing the sensitivity of mechanoreceptors via joint proprioceptors and increased muscle activation via muscle spindles (Eils et al., 2010).

2.8.3 The principle and effects of BFR training

BFR training program is consisted of constricting an inflatable cuff to the limb for maintaining arterial inflow while occluding venous return during exercise. Basically, this training applies a partially restrictive cuff at the proximal portion of the arms or legs to partially restrict vascular flow. BFR training has recently been used for rehabilitation potential of both operative and non-operative musculoskeletal impairment and has been reported to increase muscle strength and

safety. However, there is still mixed result regarding the effects of BFR on muscle strength proximal to the cuff (e.g. chest, trunk, gluteal muscles) (Abe et al., 2012; Dankel et al., 2016).

Ohta et al. (2003) demonstrated that BFR training (180 mmHg) with a range of lower limb exercise in patient with anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) increased strength and CSA of vastus laterallis muscle. Takarada et al. (2000) also reported that the CSA of knee extensors was larger decreased in the control group than that in the BFR training group (200-260 mmHg) during the postoperative disuse atrophy. In addition, BFR training resulted in significantly improved strength of quadriceps muscle and functional return to activities in patients with knee arthroscopy (Tennent et al., 2017). By contrast, BFR training (130-180 mmHg) in athletes with ACLR elicited no significantly difference in quadriceps CSA compared to the control group (Iversen et al., 2016). In a more recent study, Yow et al. (2018) showed that BFR training at 180 mmHg (80% of the limb occlusion pressure (LOP)) combined with 30% of 1RM in patients with Achilles tendon rupture can improve plantarflexor muscle strength, facilitated return to running, and ambulated without assistive devices.

Korakakis et al. (2018) found that BFR training (80% of vascular occlusion) with low load resistant training consisting of open kinetic chain knee extensions in patient with anterior knee pain could reduce pain immediately in loaded lower limb functional testing and sustained for 45 minutes (Korakakis et al., 2018). However, BFR training (60% of the arterial occlusion pressure (AOP) with 30% 1RM in athletes with patellofemoral pain syndrome (PFP) showed no differences in pain reduction, quadriceps muscle thickness, and strength at 6 months after treatment when compared to the control group. Consistently, a decrease in pain during activities and improved muscle strength and muscle thickness were observed at 8 weeks after treatment (Giles et al., 2017). Additionally, BFR training (160-200 mmHg) with 30% of 1RM reduced pain and increased quadriceps muscle strength in patients with OA knee at an immediate after treatment 4-6 weeks (Bryk et al., 2016; Segal et al., 2015). Recently, Faltus et al. (2018) have suggested the evidence supporting the implementation of blood flow restriction training and the use a theoretical model for managing chronic ankle instability in the basketball athletes; however, this study is only clinical commentary, which is not experimental study (Faltus et al., 2018).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Interestingly, BFR training (200 mmHg) without any exercise, 2 sessions/day for 2 weeks can help protect against muscle atrophy and weakness induced by unloading in healthy males immobilized for 2 week (Kubota et al., 2011; Kubota et al., 2008).

In healthy subjects, a low-load BFR training to the upper thigh of the limb have demonstrated greater increases in strength, hypertrophy, and endurance than that in low-load training alone. This finding is held true for muscle groups both proximal (gluteal muscle) and distal (knee extensor/flexor and plantar flexor muscles) to the tourniquet cuff (Bowman et al., 2019). In particular interest, this proximal muscle group development would benefit in patients with postoperative hip arthroscopy and Achilles repair or ankle rehabilitation (Yow et al., 2018).

There is also evidence that knee extension and flexion training (30%1RM) with and without BFR applied to both upper thighs for 10 weeks, and non-BFR with bicep curl in single arm (50%1RM) during same sessions, resulted in increased strength of elbow flexor muscle and CSA (Madarame et al., 2008). According to May et al. (2018), BFR training (60% occlusion pressure) at proximal of both legs with unilateral bicep curls (50%1RM) of dominant arm and bilateral knee extension and flexion (30%1RM) for 4 sets can increase arm strength, with no changes in muscle CSA were observed (May, Russell, & Warmington, 2018). More recently, a study examining the effect of submaximal resistance exercise (isometric exercises; 4 sets of ankle eversion and dorsiflexion contractions) with BFR training (80% occlusion pressure) at proximal thigh in patients with CAI demonstrated a greater muscle activation and hypoxia, which may be important acute responses mediating the training related muscle adaptations during BFR (Lauver et al., 2019).

2.8.3.1 Applying BFR training

2.8.3.1.1 Personalized pressure

A review literature on BFR rehabilitation showed inconsistencies in methodology, equipment and in levels of restriction pressure used between studies (Loenneke et al., 2012; Loenneke et al., 2011; Noordin et al., 2009).

Complete arterial occlusion rather than restrict blood flow can decrease effectiveness of the BFR intervention, which in turn lead to the formation of a thrombus. In addition, non-pneumatic bands and elastic wraps

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

applying unknown pressures to the limb are more dangerous than the Delfi personalized tourniquet system or pneumatic cuff. Thus, the personalized pressures are strongly recommended so that the predetermined percentage of the LOP is precisely regulated. This avoid the adverse effects from complete arterial occlusion (McEwen et al., 2018).

2.8.3.1.2 Cuff wide

Loenneke et al. (2012) found that a narrow cuff (5 cm) required a higher inflation pressure to occlude blood flow than a wider cuff (10 and 12 cm). Moreover, an increase of the distance of pressure being applied to the tissues may occur in a wide cuff; therefore, the tissue and blood vessels are compressed over a longer distance. Similarly, a 10 cm cuff has a covering area of the limb greater than 5 cm cuff. Unfortunately, McEwen et al. (2018) found that there were a high probabilities of injury occurred from higher levels of pressure and higher pressure gradients (McEwen et al., 2018) (Figure 12).

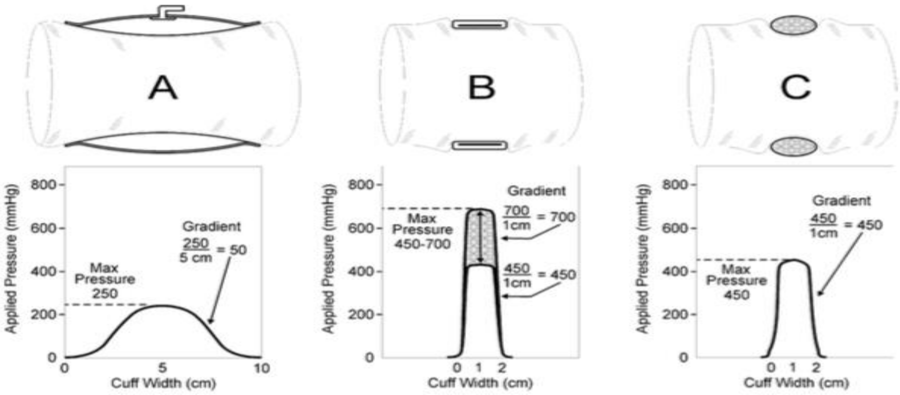


Figure 12 illustrates a comparison of applied pressures and pressure gradients typically produced.

A modern pneumatic surgical (A), a non-pneumatic, non-surgical strap-type tourniquet (B), and a non-pneumatic elastic ring designed (C). Higher levels of pressure and higher pressure gradients are associated with higher probabilities of patient injuries

(McEwen et al., 2018)

2.8.3.1.3 Cuff material

Measured resting AOP using nylon and elastic cuffs of similar size (5 cm wide) that there were not apparent differences in resting AOP (Loenneke et al., 2012). However, Buckner et al. (2017) found an increase of resting AOP when applying elastic cuff cm wide whereas 5 cm nylon cuff results in decreased of resting AOP (Buckner et al., 2017).

2.8.3.1.4 Individual characteristics

Individuals with small limbs have lower pressure than those with large limbs; in addition, given the large difference in limb circumference between the legs and the arms. Thus, individual's normalized pressure are applied from percentage of minimum pressure needed to complete occlusion pressure to a limb in resting state (resting arterial pressure) (Jessee et al., 2016).

2.8.3.1.5 Exercise intensity and restriction pressure

The minimum load of 30% of 1RM with 80% of AOP is required to stimulate muscle growth similar to high load resistance exercise. However, a lower intensity exercise, such as walking or cycling, requires higher restriction pressures. A greater load or number of repetitions with BFR may be needed for multiple-joints exercises to optimize muscular benefits (Mattocks et al., 2018).

The current recommendation for BFR training in rehabilitation include:

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) 40-80% of occlusion pressure, which 80% of complete occlusion has been previously characterized as moderately painful and increased occlusion pressure can reduce blood flow to muscles, increased phosphate inorganic accumulation (an index of muscle fatigue), and recruited of fast twitch fibers (Jones et al., 2017).

2) 20% - 30% 1RM has been shown to be a safe and effective tool for enhancing the morphology and strength in muscle tissue (Slysz et al., 2016).

3) 4 sets (30,15,15,15 repetitions) is sufficient volume to lead to adaptations in most people. However, relationship between volume and adaptation still needs further clarity.

4) Resistance progression related to the 4 proposed rehab

phases of BFR implementation include: 1) BFR during early stages for rest used in cases of prolonged immobilization 2) BFR with low workload walking or cycling, which apply to post-operative or prolonged immobilization 3) BFR with low load resistance training 4) BFR with low level functional training (Loenneke et al., 2012).

2.8.3.1.6 Cuff placement

There are only two places which BFR devices should be placed: the proximal arm and proximal thigh at the greatest circumference that muscle bulk is the greatest and a greater protection against nerve injury. Additionally, upper calf or forearm areas have very superficial nerves, which can cause serious damage (e.g., nerve injury) (Sharma & Salhotra, 2012).

2.8.3.1.7 Practical BFR

Elastic knee wraps (76 mm width) as an inexpensive, accessible, and practical method of blood flow restriction was first introduced by Loenneke and Pujol (2009). Conveniently, the athletes wrap extremity with a compression band at 4- 5/10 intensity for the upper arm or 6-7/10 intensity for the legs. However, the restriction pressure or tightness of the wraps were not quantified, which were limited of studies and were not reliable performed in multiple workouts at the exact same level of occlusion (Loenneke & Pujol, 2009; Mattocks et al., 2018).

Blood flow restriction band is a 0-10 scale based on perceived tightness, choosing thickness, and covering about 1⁄4 to 1/3 of the extremity were developed by Wilson (2013). A rating of 7 out of 10 on this scale during exercise represents the complete occlusion of the vein, but not artery. This is reported to associate with acute increases in lactate, muscle swelling, and electromyography amplitude, whereas 10 of 10 scale were complete occlusion. If there is no pulse detected during palpating the radial artery or the posterior tibial artery, the wraps are considered too tight and should be lessened to ensure arterial inflow. Since the pressure of the band is put through a much smaller area, it may cause an injury to the underlying nerves (Figure 13)(Wilson et al., 2013).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

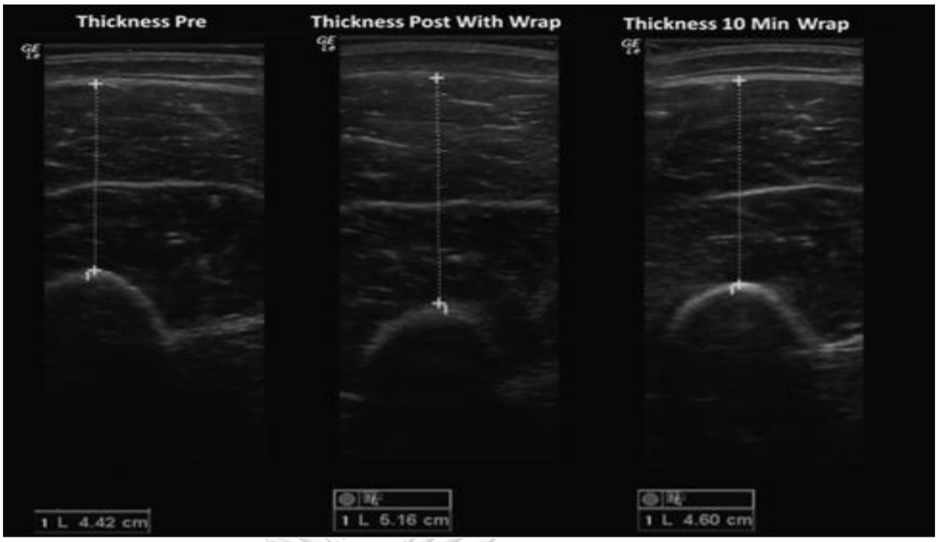


Figure 13 illustrating participants' muscle thickness of the vastus lateralis, vastus intermedialis, and the fascia via the ultrasound in response to moderate blood flow restriction

Delphi personalized tourniquet system is the gold standard BFR training device, which contains a doppler ultrasound within the blood flow restriction cuff. This is the most accurate way possible to measure blood flow in the extremity which can precisely occlude the appropriate amount of flow (Figure 14-16) (DePhillipo et al., 2018).

.

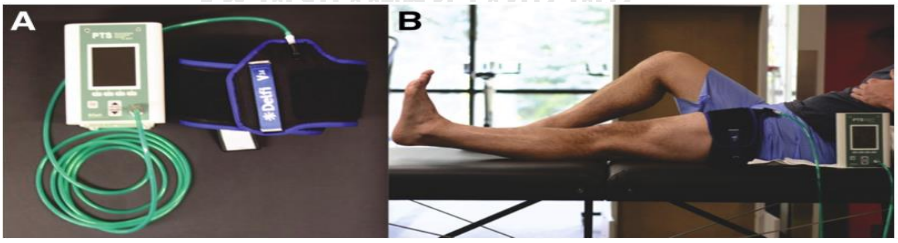


Figure 14 Delfi personalized tourniquet system for BFR with pneumatic cuff (DePhillipo et al., 2018)

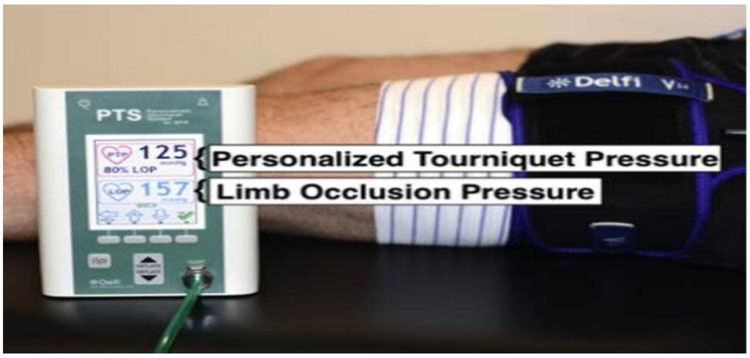


Figure 15 The components of BFR consist of a personalized tourniquet system (DePhillipo et al., 2018)

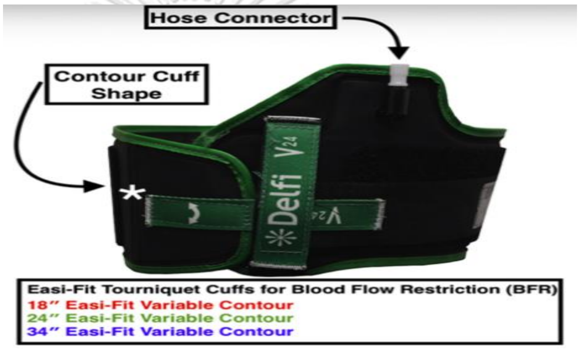


Figure 16 illustrating a contoured tourniquet cuff, which is available in 3 different lengths (length use is dependent on patient thigh size) (DePhillipo et al., 2018)

Pneumatic occlusion cuff is essentially a specialized blood pressure cuff designed for blood flow restriction training in which the sphygmomanometer on the occlusion cuff allows the individual to precisely measure the level of occlusion (Figure 17).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Figure 17 (A) Pneumatic occlusion cuff for BFR during walking, (B) Pneumatic occlusion cuff for BFR during exercise, and (C) Pneumatic occlusion cuff used to promote BFR
(Bittar et al., 2017)

2.8.3.2 Validity of the handheld doppler and doppler ultrasound to determine BFR pressure for exercise protocols

A handheld (HH) doppler ultrasound (US) in the upper body and lower body is used to determine the arterial occlusion pressure, which is progressively increased until no detectable auscultatory signal. The presence or absence of pulse is indicated by the auscultatory signal, but does not measure blood flow (Lixandrão et al., 2015). The participants are asked to rest in supine position for 15 minutes. After which, a nylon cuff is fitted to the proximal thigh and an HH doppler probe is detected posterior tibial artery pulse. The cuff is inflated to the lowest pressure that the arterial pulse is not auscultatory signal, which was determined the arterial occlusion pressure level. Then, the cuff is deflated and the participants are asked to rest for 10 minutes (Laurentino et al., 2018).

The gold standard for blood flow measurement is a doppler US, which can determine the presence, direction, velocity, and blood flow volume; however, it is not practical for everyday settings such as during training sessions; rehabilitation programs, and field activities (Laurentino et al., 2018). The procedure is the repeat of HH doppler US. Before the measurement, the water-soluble gel and probe are placed on the superficial femoral artery (3–5 cm distal to the portion of the cuff). The probe is often aligned at an angle of 60° toward the body surface

with no applying pressure to the body surface to prevent artifacts. Thereafter, a pulse wave doppler is used to indicate the cross-sectional area of the vessel and the time average velocity. The cuff is then inflated up to the point at which the femoral arterial blood flow is absence, which is defined as femoral arterial occlusion pressure, and then the cuff is immediately deflated and removed (Figure 18) (Laurentino et al., 2018).

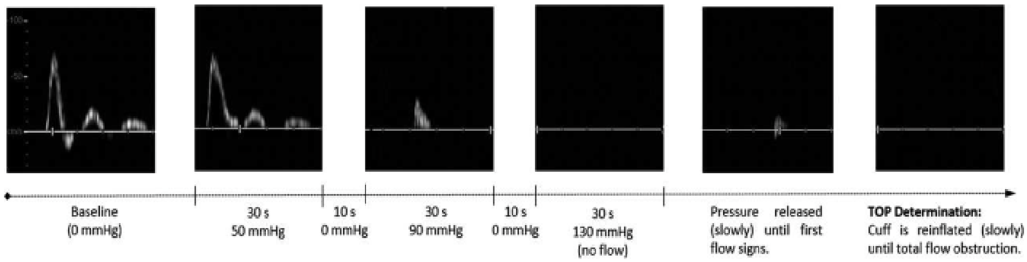


Figure 18 Schematic illustrating the total occlusion pressure determination with a doppler US in one volunteer
(Bezerra de Morais et al., 2017)

In a recent study, Laurentino et al. (2018) found that there was no significant difference between the HH Doppler and the Doppler US in the assessment of the arterial occlusion pressure level, with a significant positive correlation observed between the arterial occlusion pressure measurements (r = 0.938) (Laurentino et al., 2018).

2.8.3.3 Mechanism of BFR training

2.8.3.3.1 Effect of BFR training on muscle strength

BFR with a light load exercise can bring about the recruitment of large motor units (i.e. fast-twitch muscle fibers). This reduced blood flow and hypoxic intramuscular environment may stimulate the increase in muscle activation via group III and IV muscle afferents. Under hypoxic conditions and sensory feedback to cortical areas, BFR training has been proposed to increase corticomotor excitability and muscle activation (Brandner et al., 2015).

Moreover, BFR alone (with unloading) can be used to protect against muscle atrophy and weakness, probably due to the accumulation of intramuscular phosphate metabolites and hydrogen ions as a result of continuous muscle contraction (Kubota et al., 2011).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.8.3.3.2 Effect of BFR training on muscle strength of remoted muscles

Interestingly, the cortical excitability at the primary control site for legs as a result of lower body BFR training may have spilled over to the proximal control site for arms and recruited of agonist in the arm training from influencing motor unit with increased circulating concentration of anabolic stimuli (e.g., growth hormone, noradrenaline), along with the recruitment of a greater muscle mass. Moreover, increasing amplitude of motor evoked potential in corticospinal region proximal excitability during BFR training can alter motor output to blood flow restricted area in distal (Madarame et al., 2008; May et al., 2018; Patterson & Ferguson, 2010; Patterson & Ferguson, 2011).

2.8.3.3.3 Effect of BFR training on muscle hypertrophy

BFR could potentiate hypertrophy during low-intensity exercise, as a result of the hypoxic environment which may lead to an increased recruitments of fast-twitch muscle fibers, increased inflammatory and endocrine response, and elevated intramuscular inorganic phosphates (Takada et al., 2012) (Figure 19).

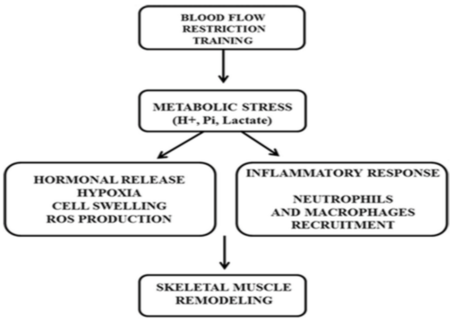


Figure 19 Diagram showing the role of metabolic stress and inflammatory response induced by blood flow restriction training for enhancing muscle adaptations (Rossi et al., 2018)

Neutrophils and macrophages can release growth factors such as insulin-like growth factor (IGF-1), basic fibroblast frowth Factor (bFGF), transforming growth factor (TGF), and mechano growth factor (MGF) and that this may facilitate muscle regeneration and hypertrophic response by

activating satellite cells and mTORC1 signalling pathway (Figure 20) (Gundermann et al., 2014; Rossi et al., 2018).

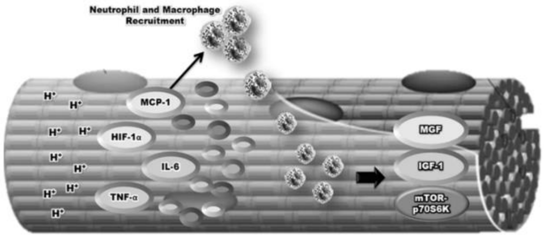


Figure 20 Relationships between inflammatory, neutrophil, and macrophage in the remodelling of skeletal muscle mass induced by BFR with strength training (Gundermann et al., 2014; Rossi et al., 2018)

2.8.3.3.4 Effect of BFR training on balance

Distal occlusion (proximal thigh) may result in a fatigue of muscle below the cuff and the recruitment of synergistic proximal muscles above the occlusion area (gluteal muscles), which helps maintain pelvic stability and control femur movement for results positioning of the ankle and foot. Therefore, benefits of proximal effects from this training strategy may allow athletes to return to sport-specific exercises which challenge postural balance both proximal and distal effects (Madarame et al., 2008).

2.8.3.3.5 Effect of BFR training on EMG activity

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

The EMG amplitude can be influenced by muscle fiber potential, motor unit integration, and fatigue (Wernbom & Aagaard, 2020). Fatela et al. (2019) showed that BFR training with low load can facilitate an early recruitment of higher threshold motor units with lower firing rates compared to low load exercise. After cuff release, the firing rate of motor unit with equal size increased (Fatela et al., 2019). The higher EMG amplitudes the greater type II fiber recruitment. Sousa et al. (2017) also found that the higher level in knee extensor muscle excitation after low load BFR training for 6 weeks was normalized to maximal EMG activity during pre-test.

Moreover, Killinger et al. (2019) found that BFR caused moderate and non-clinically important increases in muscle activation during dorsiflexion and eversion resistance exercises from higher threshold motor

units and muscle fibers recruitment to complete the BFR training (Killinger et al., 2020). However, increasing of group III/IV afferent input will probably affect both recruitment thresholds and firing rates of motor units negatively during fatiguing low-load BFR training with bilateral multi-joint exercise, which will in turn be reflected in lower maximal EMG amplitudes (Wernbom & Aagaard, 2020).

Takarada et al. (2000) hypothesized that triceps muscles under direct BFR increased fatigue, which caused a greater stress on the chest musculature to make up for loss of force production. Additionally, while triceps from BFR stimulation was increased stress. Type II fiber is recruited from the relative contribution of the chest and triceps during BFR training with low load by increased EMG activity of chest musculature, which not being directly occluded (Takarada et al., 2000). According to Abe et al. (2012), gluteus maximus (located proximal to the pressure cuff), which was increased in muscle size after low load BFR training by synergistically involved in performing the squat exercise (Abe et al., 2012). Increased EMG activity and muscle swelling of the chest or gluteus maximal (proximal muscle) via hypertrophic mechanisms augment muscle growth even in muscles.

There are intrinsic and extrinsic factors that can influence DOMS as shown in Table 4. More specially, extrinsic factor such as the final BFR pressure, duration of pressure, and the width of cuffs is required whenever prescribe BFR training in an effective and safe manner (Brandner et al., 2018). Although BFR training in healthy young populations is safe alternative to traditional modes of exercise, the possible contraindications of the applied of BFR are listed in Table 4.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Table 4 Possible Contraindications to Use of BFR

Cardiovascular disease - Coronary heart disease - Left ventricular dysfunction - Venous thromboembolism - Unstable hypertension - Peripheral vascular disease - Hypercoagulable states (blood clotting disorders) - Atherosclerotic vessels causing poor blood circulation Silent myocardial ischemia - Induration/Marfan syndrome - Hemophilia - Varicose veins - Vascular endothelial dysfunction
Musculoskeletal injury - Recent muscle trauma or crush injuries Postsurgical excess swelling - Open soft tissue injuries - Open fractures - Skin graft
Lifestyle Age - Smoking - Uncontrolled diabetes mellitus - Body mass (eg, obesity) - Dehydration
Family medical history - Clotting disorders - Sickle cell anemia - Heart failure - Cancer
Medications - Those known to increase blood clotting risk

2.9 The measurement of muscle strength

The measurement of muscle strength is an important clinical consideration for patients with chronic ankle instability (Chamorro et al., 2017). Two methods commonly used to assess muscle strength are isokinetic dynamometers and hand-held dynamometers.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2.9.1 Hand-held dynamometers

Hand-held dynamometer is used for the measurement of force production. This device is portable, easy to use, low cost, and widespread clinical use. The reliability of this device for the assessment of lower extremity strength were widely differed between studies. Generally, the lower reliability scores were found for knee extension and ankle plantar flexion (Chamorro et al., 2017).

2.9.2 Isokinetic dynamometers

The isokinetic dynamometer is widely used strength measurement in

sports, research, and clinical settings. This device is considered the gold standard for assessing muscle strength because the strength imbalance between the participants and the examiners do not influenced the results (Martin et al., 2006). Furthermore, assessments of hip, knees, and ankles showed lower standard error of measurement (SEM) by using an isokinetic dynamometer when compared to a hand-held dynamometers (Chamorro et al., 2017). Several previous studies have recommended the isokinetic dynamometer for measuring ankle muscles strength in chronic ankle instability (Hall et al., 2018; Terrier et al., 2017) (Figure 21).

Figure 21 illustrating the position of the subjects and dynamometer's set up for ankle eversion and inversion isokinetic strength testing.

(Terrier et al., 2017)

2.10 Assessment of muscle cross-sectional area

Muscle cross-sectional area (CSA) can be used as a measure of muscle hypertrophy or atrophy. Two methods of CSA measurement exist, the magnetic resonance imaging (MRI) and the ultrasonography (Wernbom et al., 2007). A very high and significant correlation coefficient was observed between the US and MRI (R = 0.99, p = 0.001) (Lixandrão et al., 2014) (Figure 22).

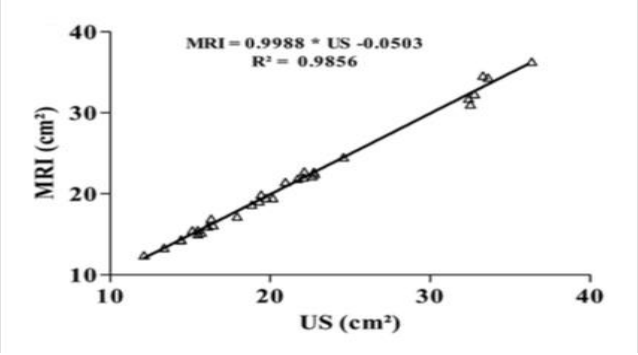


Figure 22 illustrating the relationship between the MRI imaging and US for the vastus lateralis muscle CSA

(Lixandrão et al., 2014)

2.10.1 Magnetic resonance imaging (MRI)

MRI is considered the gold standard assessment of muscle CSA with a relative high reliability. However, MRI has high costs and difficulty in applied setting or restricted access (e.g., muscle hypertrophy assessments after training regimens) (Lixandrão et al., 2014).

2.10.2 Ultrasonography (US)

Ultrasonography has previously been used to measure muscle CSA images. US have excellent differentiations among skeletal muscle, connective and intra-extramuscular fat tissues. In addition, US are lower cost and accurate for muscle CSA measurement. Moreover this rehabilitative ultrasound imaging measurements shown an excellent interrater reliability (intraclass correlation coefficient, ICC) for muscle thickness (0.90-0.97), plantar fascia thickness (0.94-0.98), and CSA (0.91-0.98) (Angin et al., 2014). According to Lobo et al. (2016), participants with lateral ankle sprain have been reduced the peroneus longus CSA compared with participants without lateral ankle sprain; in addition: US protocol has excellent intra-examiner reliability of peroneus longus and brevis muscle tissues (Lobo et al., 2016) (Figure 23).

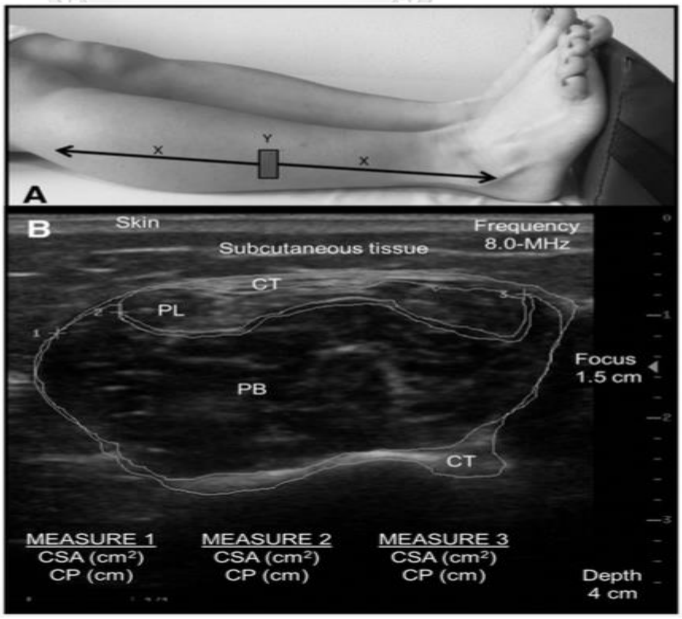


Figure 23 illustrating participants’ position, probe location, and parameters used in the ultrasound imaging measurements

(Lobo et al., 2016)

2.11 Electromyography (EMG) activity

Electromyography (EMG) can be used to diagnosis the muscle fibers and lower motor neurons response. It can be regarded as an extension of the clinical examination. EMG activity can distinguish myopathic from neurogenic muscle wasting and weakness. In addition, it can help to identify electrical changes consistent with a pathologic process in these anatomic areas and measured motor unit activity. EMG can be divided into needle and surface EMG. Previous research have examined the activity of the hip and ankle muscles of a dynamic task and found less activity of the muscle acting on the ankle and hip in individuals with CAI (Jaber, Lohman, Daher, et al., 2018).

2.12 The measurement of balance

2.12.1 Star excursion balance test (SEBT)

The SEBT is often used as a tool to measure dynamic postural control deficits. The objective of this test is to maintain a stable base of support during single limb stance on one leg while reaching as far as possible with contralateral leg in eight different directions. The directions are anterior (A), medial, lateral, posterior, anteromedial, anterolateral, posteromedial (PM), and posterolateral (PL) (Plisky et al., 2006) (Figure 24).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

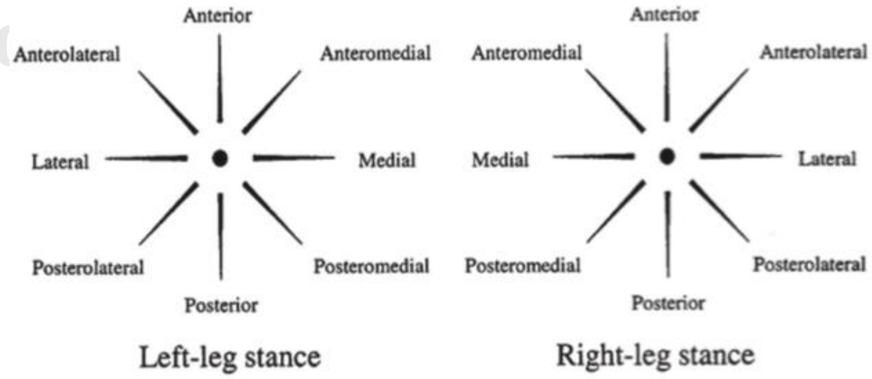


Figure 24 Illustrating the directions of SEBT in the left- and right- leg stance (Gribble & Hertel, 2003b)

The intrarater reliability of the SEBT is moderate to high with ICC ranging from 0.67-0.97 (Plisky et al., 2009). The SEBT is a quick method and

easily set up with a measuring tape and lines spaced 45° on any stable flat surface being test. The SEBT has been proven to be effective for determining deficits in postural control both between and within subjects with unilateral chronic ankle instability (Lauren et al., 2002).

Besides, it was also found that three directions (A, PM, and PL) were a good predictor of lower extremity injury (Plisky et al., 2006). By contrast, Hertel et al. (2006) found that subjects with CAI performed significantly less reach distances in anteromedial, medial, and PM directions compared to the healthy control. According to Hubbard, Kramer, Denegar, and Hertel (2007), two directions (anteromedial and PM) were able to identify reach deficiency in subjects with CAI (Hubbard et al., 2007). Subsequently, attempts have been made to simplify the directions of the SEBT to the A, PM, and PL for shorter testing time (Plisky et al., 2006).

2.12.2 Y balance test (YBT)

Y balance test is developed by using clinical application of the SEBT that the directions are limit to A, PM, and PL. The angle between the PM and PL reach arms is 45° and between the A and PM and PL reach arms is 135°. The protocol of YBT is usually followed the SEBT. The advantages of the YBT is that it uses less time to complete and has a high inter-rater (0.99-1.00) and intra-rater reliability (0.85-0.91) (Plisky et al., 2009) (Figure 25).

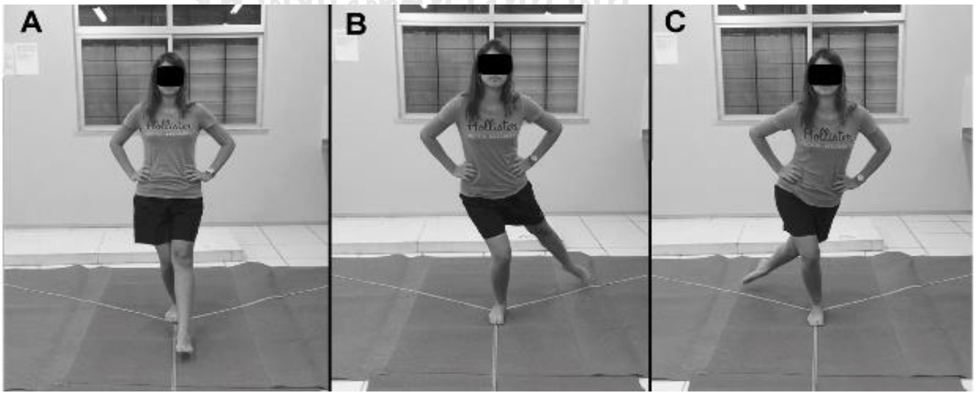


Figure 25 The Y balance test directions A) Anterior ; B) Posterolateral ; and C) Posteromedial reach directions

(Almeida et al., 2017)

2.12.3 Biodex Balance System (BBS) test

The BBS test has been proven to be a valid and reliable objective measure of a patient's ability to balance on stable and unstable surfaces. It is used as a dynamic postural control assessment. The platform is interfaced with a computer software for three separated variables calculation: Overall Stability Index (OSI), Anterior-Posterior Stability Index (APSI), and Medial-Lateral Stability Index (MLSI) from the degree of tilt. A high value represents a substantial movement away from the participant's center of gravity, which indicates a poor balance, while a lower value represents a better balance (Glave et al., 2016).

2.12.4 The force platform

The force platform is considered the gold standard to assess balance/postural control in the laboratory setting. The force platform is used to evaluate of postural stability (static and dynamic condition) during the performance of the YBT or SEBT to acquire the center of pressure (COP), which is point location of vertical ground reaction force vector and displays a weighted average of all the pressure over the surface of the contact area with the ground. This device is recorded the applied force on the ground by the subjects. The center of the YBT grid was aligned with the center of the force plate. The COP trajectory (postural sway) informs about the postural response to perturbations. The analysis of sway velocity (the speed at which the COP moves) or the analysis of the spatial dispersion of the trajectories (i.e. area, root mean square (RMS), or path length) (Browne & O'Hare, 2001).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.13 Functional performance test

The functional performance test (FPT) is defined as a general test for assessing the functional ability of patients with suspected CAI. The test has the benefit of being inexpensive, quick, and accessible in clinical and field settings. The FPT typically consists of sports activities, such as hopping, jumping, and cutting and was found to be effective typically involves single limb hop manoeuvres, which challenged the lateral aspect of the ankle

Various functional tests have been developed for assessing functional ability in those suffering from CAI. Among them, the side hop test (SHT) is the most useful tool for assessing the functional limitation of the ankle joint and is able to discriminate between those with CAI and healthy individuals (Rosen et al., 2017).

SHT is defined as hopping side to side on one leg; moreover, landing on the lateral side causes inversion moment in SHT. A previous study reported that time of SHT in an injured side is significantly longer compared with an uninjured side (Linens et al., 2014)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

CHAPTER III
METHODOLOGY

This study was an experimental research. A detail of a study design and setting, sample size calculation, instrumentations, procedures, outcome measurements, and data analysis were as follow:

3.1 Study design

This study uses a single-blinded randomized controlled trial design. The study involved three testing sessions before (pretest), after 4-weeks (posttest-1) and 6-weeks (posttest-2) intervention. The data were collected from March to July 2021. This study was conducted in the laboratory at Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, Thailand and at Burapha University, Chonburi province**,** Thailand.

3.2 Sample population

The subjects (both male and female) aged between 18 and 23 years were recruited for the study. They were a member of the Burapha University athletes team (rugby, football, volleyball, handball, and basketball players) and had at least 1-year competitive experienced. They also participated in regular training programs supervised by coaches for at least 3 day per week. The subjects were screened whether they had chronic ankle instability by a certified and experienced physical therapist. All subjects were explained about procedures, benefits, and risks of the study and requested to sign an informed consent before participation in the study.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.1 Inclusion criteria

Subjects were included in the study if they had

- a history of only unilateral lateral ankle sprain occurred at least 12 months prior to study enrollment (Hale et al., 2007).
- a history self- reported of giving way and/or feelings of ankle instability of the involved ankle during activities of daily living (ADL) and/or sporting activities for at least 6 months (Jaber, Lohman, Alameri, et al., 2018)
- no history surgery of hip, knee, and ankle and a history of the following musculoskeletal disorders: rheumatoid arthritis, avascular necrosis or osteonecrosis, severe osteoarthritis (Ladlow et al., 2017)

- a score ≤24/30 on CAIT (Donahue et al., 2011; Hiller et al., 2006)

3.2.2 Exclusion criteria

Subjects were excluded from the study if they

- a history of bilateral ankle instability and exhibit pathological joint laxity (a positive result on the talar tilt test or anterior drawer test) (Hale et al., 2007)
- had less than 90 % of their participation in training program or missing more than 2 out of 18 sessions in total
- refused to continue in the study

3.3 Sample size calculation

The sample size was calculated using a power ($1-\beta$) of 80%, an alpha (α) of 0.05, and effect size (ES) of 0.32, based on a previous study (Martin-Hernandez et al., 2013) and was performed by using G*Power 3.1.9.2 statistical program. A minimum of 18 subjects was suggested to be sufficient. To prevent a possible drop out (20%), the total of 28 subjects (n=14/group) was required.

3.4 Ethical approval

Before the experiment, the subjects were explained about procedures, benefits, safety, and any potential adverse effect associated with blood flow restriction and rehabilitation program. If they agreed to participate in the study, they were asked to sign a written informed consent before the beginning of study. The protocol was approved by The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Chulalongkorn University, Thailand (COA NO. 017/2021) and conformed to the standards set by the Declaration of Helsinki.

3.5 Procedures

3.5.1 The researcher contacted a head coach in various sports disciplines for recruiting the potential subjects of the present study via social network services and on a bulletin board at the Sport Association of Burapha University, Faculty of Sports Science, and Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University, Thailand.

3.5.2 All participants were asked to complete the questionnaires and were

screened if they met the inclusion criteria before enrolling for the study. The subjects who met inclusion criteria and agreed to participate in the studywere asked to sign an informed consent before the start of study.

3.5.3 Then, the purposes, experimental procedures, risks and benefits of the study were clearly explained to participants.

3.5.4 Appointment requests were made by a telephone call from the principal researcher. This research was conducted in the laboratory at Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University. The participants wore a casual attire (T-shirt, shorts, and sneakers) for pre- and post-test.

3.5.5 All dependent variables including strength of both hip extensor, hip abductor, ankle invertor/evertor, and ankle dorsiflexor/plantar flexor using isokinetic dynamometer, peroneus longus muscle CSA using ultrasound imaging, EMG activity using surface electrodes, Y balance test using a force platform, and functional performance using a side hop test were measured before and after intervention. The participants were rested 5 minutes between tests prior to starting the next test.

3.5.6 Then, the subjects were randomly allocated to the BFR+R or the R group based on their age, sex, and type of sport.

3.5.7 The subjects were ask not to participate in any training program, except for a regular training program (every other day, 3 sessions per week, 6 weeks) at Medical Science Building Floor 2, Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University, Thailand.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.5.8 The subjects began with 5-min warm up (dynamic stretching exercise of lower limb muscles), followed by a supervised specified rehabilitation program for 30 minutes.

3.5.8.1 BFR training

3.5.8.1.1 Blood flow restriction pressure calculation

A pneumatic occlusion cuff (Large STRAIGHT Cuffs: HS1003, H Plus cuff, Santa Barbara, California, USA) of 75 cm length and 10 cm width was used for BFR training. The participants were asked to lie in a supine position and rest for 5 minutes. Then, a BFR cuff was attached to the injured side at proximal thigh (inguinal fold region) and a handheld portable doppler probe (SD3 Vascular, Edan Instrument, Inc., Shenzhen, China) was used to measure the

participant’s posterior tibial artery (Postero inferior to the medial malleolus) at the injured side (Figure 26). The tourniquet was gradually inflated until to the point where an arterial pulse was absence (Figure 27). This was defined as the complete limb occlusion pressure (LOP). In this study, a partial vascular occlusion (80% of the LOP) was used throughout the duration of the BFR training according to the previous studies of Lixandrao et al. (2015) and Tennent et al. (2017) with some modifications.

Figure 26 Location of BFR cuff in proximal thigh and measurement of posterior tibial artery

Figure 27 Blood flow restriction pressure calculation

CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5.8.1.2 Blood flow restriction training

All participants were familiarised with a supervised rehabilitation program with a BFR device, which were not inflated. The participants performed a standard warm-up, consisting of a dynamic stretching exercise both hip extensors, hip flexors, hip adductors, hip abductors, knee flexors, knee extensors, ankle dorsiflexors, and ankle plantarflexors. This dynamic stretching was consisted of 8 repetitions for each side of each muscle for 30 second and 20 second period of rest, total time 5 mins. (Chaouachi et al., 2009; Behm et al., 2011).

All participants were familiarised with the rehabilitation program with a BFR device, which were inflated. The participants performed a rehabilitation program at injured side on Monday, Wednesday, and

Friday between 9.00 a.m. to 6 p.m. for 30 minutes with an inflation of BFR cuff throughout the session to the prescribed pressure in the resting position of the exercise (Figure 28-34). All exercises were repeated at each set.

Table 5 Supervised rehabilitation program

	Week 1	Week 2	Week 3	Week 4	Week 5	Week 6
Program	Dynamic stretching exercise					
	Double-leg heel raises (4 sets × 30/15/15/15: repetitions, rest 30 s)	Single-leg heel raises (4 sets × 30/15/15/15: repetitions, rest 30 s)	Single-leg heel raises with weight (20% one repetition maximum) (4 sets × 30/15/15/15: repetitions, rest 30 s)	Single-leg heel raises with weight (20% one repetition maximum) (4 sets × 30/15/15/15: repetitions, rest 30 s)	Single-leg heel raises with weight (30% one repetition maximum) (4 sets × 30/15/15/15: repetitions, rest 30 s)	Single-leg heel raises with weight (30% one repetition maximum) (4 sets × 30/15/15/15: repetitions, rest 30 s)
	Double-leg squats (3 sets × 10 repetitions, rest 30 s)	Double-leg squats (3 sets × 10 repetitions, rest 30 s)	Single-leg squats (3 sets × 10 repetitions, rest 30 s, each side)	Single-leg squats (3 sets × 10: repetitions, rest 30 s, each side)	Single-leg squats (4 sets × 10: repetitions, rest 30 s, each side)	Single-leg squats (4 sets × 10: repetitions, rest 30 s, each side)
	Double-limb stance on Bosu (10 s, 5 repetitions per set, 5 sets, rest 30 s)	Single-limb stance on Bosu (10 s, 5 repetitions per set, 5 sets, rest 30 s)	Double-limb stance with throwing and catching on Bosu (5 repetitions per set for 5 sets, rest 30 s)	Double-limb stance with throwing and catching on Bosu (5 repetitions per set for 5 sets, rest 30 s)	Y-Balance Test functional reaching (3 sets × 5 repetitions, rest 10 s)	Y-Balance Test functional reaching (3 sets × 5 repetitions, rest 10 s)
	Y-Balance Test functional reaching (1 set × 5 repetitions, rest 10 s)	Y-Balance Test functional reaching (1 set × 5 repetitions, rest 10 s)	Y-Balance Test functional reaching (2 sets × 5 repetitions, rest 10 s)	Y-Balance Test functional reaching (2 sets × 5 repetitions, rest 10 s)	Single-limb stance with throwing and catching on Bosu (5 repetitions per set for 5 sets, rest 30 s)	Single-limb stance with throwing and catching on Bosu (5 repetitions per set for 5 sets, rest 30 s)

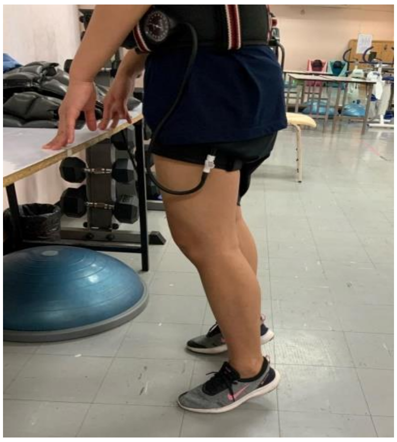


Figure 28 Double leg heel raise

Figure 29 Single leg heel raise

Figure 30 Single leg heel raise with weight

CHULALONGKORN UNIVERSITY

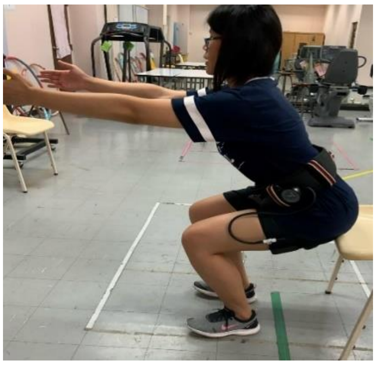


Figure 31 Double leg squats

Figure 32 Single leg squats

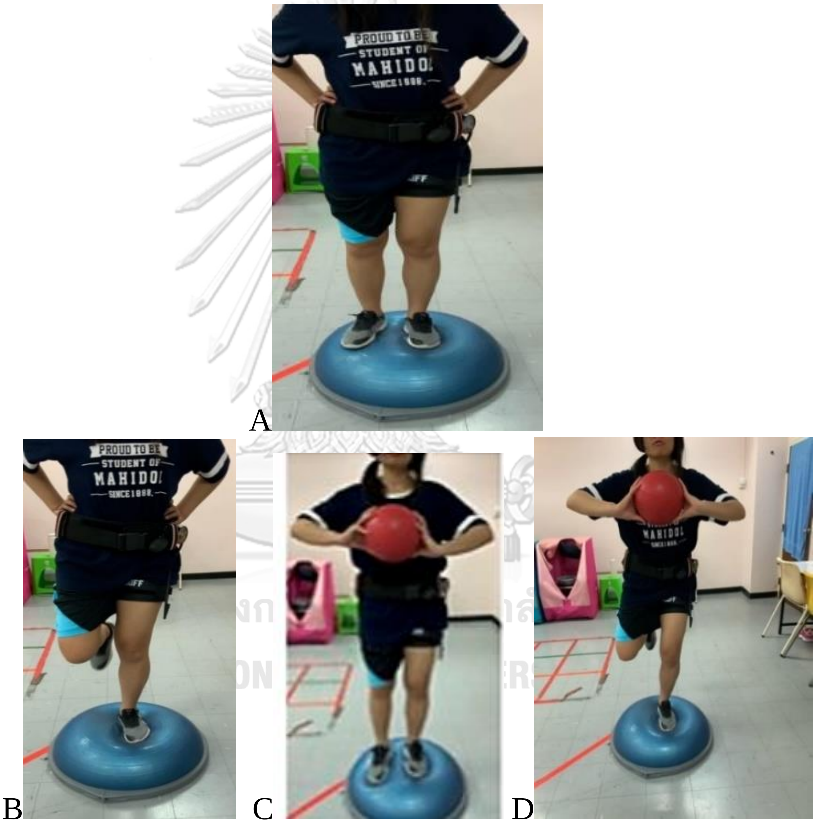
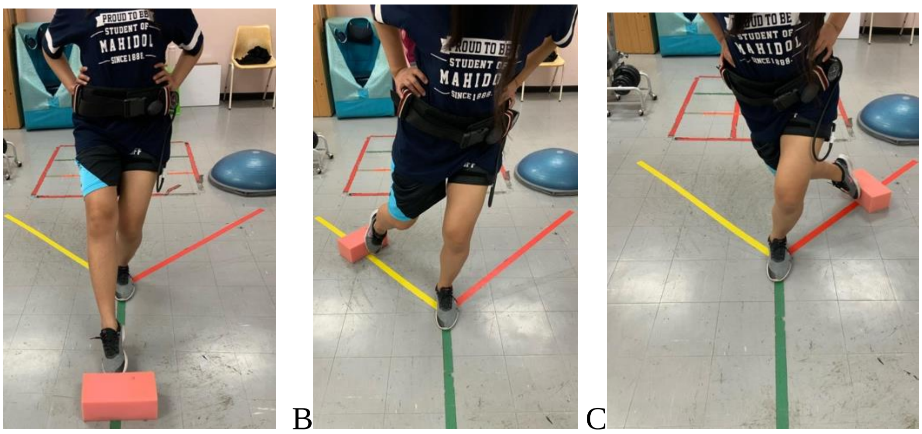


Figure 33 A: Double limb stance on Bosu B: Single limb stance on Bosu C: Double limb stance with throwing and catching on Bosu D: Single limb stance with throwing and catching on Bosu



A B C

Figure 34 YBT A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial

3.5.8.2 Rehabilitation program

A 6-week of a 40-minute rehabilitation program, consisting of 6 tasks, were performed between 9.00-12.00 a.m. or 13.00-16.00 p.m.) on Tuesday, Thursday, and Saturday. The intensity of the program was progressively increased every week, as previously described (Table 4) without inflation of BFR cuff throughout the session. All exercises were repeated at each set.

3.6 Outcome measurements

The outcomes measures were isokinetic ankle muscle strength, CSA of muscle, muscle activity, dynamic balance, and functional performance. The procedure of each measurement was described below.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.6.1 Isokinetic muscle strength

The isokinetic dynamometer (CON-TREX MJ, TP module, Physiomed Elektromedizin AG, Schnaittach, Germany) was used to determine the average peak torque to body weight (APT/BW) ratio of both eccentric and concentric strength of both hip extensors, abductors, ankle dorsiflexors/plantarflexors, and ankle evertors/invertors for 2 hours.

3.6.1.1 Ankle isokinetic strength testing

The isokinetic strength was tested in both ankles invertors/evertors and plantarflexors/dorsiflexors. The reliability of isokinetic variables for assessing muscle strength of ankle dorsiflexor (intra-class correlation coefficient of 0.77 to 0.93) and ankle plantarflexor (intra-class correlation coefficient

of 0.78 to 0.95) has been reported (McKnight & Armstrong, 1997). All practices and testings were performed at the angular velocity of $60°.s^{-1}$. The angular velocity of $60°.s^{-1}$ has been commonly used to assess lower limb strength of patients with CAI (Gribble & Robinson, 2009). The subjects were seated in a semi-recumbent position with harnesses across the lap and trunk to limit compensatory total body movements and asked to cross their arms in front of the chest. The lower leg (injured side) was stabilized with Velcro® straps to maintain a position of ipsilateral knee flexion 20°-30° of both eccentric and concentric contraction of ankle dorsiflexor/plantar flexor, while ankle evertor/invertor strength were seated in a semi-recumbent position with ipsilateral knee flexion 30°-45°. The subject using sport shoes was positioned in the physiomed footplate to achieve 20° of plantarflexion at the talocrural joint whereas the subtalar joint was positioned in neutral with the axis of the dynamometer aligned to transect the sagittal axis of the joint. The foot on the footplate was stabilized with thermoplastic stays positioned on the medial and lateral borders of the forefoot-midfoot and secured to the footplate with two Velcro® straps (Fig 35-36). Before testing, 3 practice repetitions of sub-maximal and 3 practice trials of maximal contractions were performed to allow familiarization with testing protocols. After a 2 minute rest, 3 continuous repetitions throughout the active range of motion of maximal both eccentric and concentric contraction was performed by the reciprocal muscles of a joint in a given movement direction. A 5 minute rest was considered between each test condition of ankle strength and each side to allow adequate recovery between contractions. Each of the 3 maximal trials under each testing for both the injured and non-injured of all ankles was recorded using the Physiomed Software Package for peak torque calculations. The highest peak torque value was recorded for each of the 3 repetitions and the average of these values was considered as APT (Negahban et al., 2013).

In the current study, the intra-class correlation coefficient (ICC) for the ankle dorsiflexor, ankle plantarflexor, ankle evertor, and ankle invertor was 0.98, 0.87, 0.97, and 0.96, respectively.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

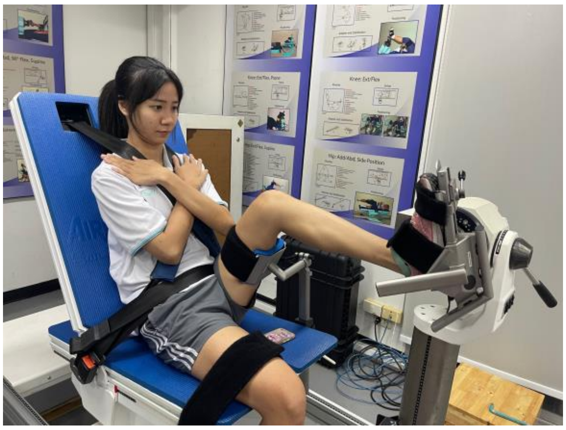


Figure 35 Positioning for the ankle plantarflexors and dorsiflexors testing

Figure 36 Positioning for the ankle inversion and eversion testing

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.6.1.2 Hip isokinetic strength testing

The isokinetic strength was tested in both hip extensors and abductors. Isokinetic testing of the hip extensors and abductors were performed at the angular velocities of 60°.s^{-1} for both eccentric and concentric contraction as previously described (Gribble & Robinson, 2009).

The subjects performed 3 continuous repetitions throughout the active range of motion for both maximal eccentric-and eccentric contractions. The average peak torque to body weight (APT/BW) ratio for both eccentric and concentric strength of hip extensor were assessed with the subjects in the trunk flexed to 90° and their arms were wrapped around the chair of the dynamometer to stabilize the trunk. The axis of rotation for the dynamometer was aligned with the greater trochanter of the femur on the test leg, whereas the lever arm

was applied resistance on the posterior thigh just superior to the knee. The non-test leg was supported by body of the subjects. Before testing, 3 practice repetitions of sub-maximal and 3 practice trials of maximal contractions were performed to allow familiarization with testing protocol. After a 2-minute rest, the subjects were instructed to exert maximal strength against the dynamometer in the direction of hip extension, while keeping the knee flexed at 90° 3 continuous repetitions. The eccentric and concentric torque of hip extensors was tested from 90° to 60° of hip flexion (Figure 37). A 5-minute rest was considered of each side to allow adequate recovery between contractions.

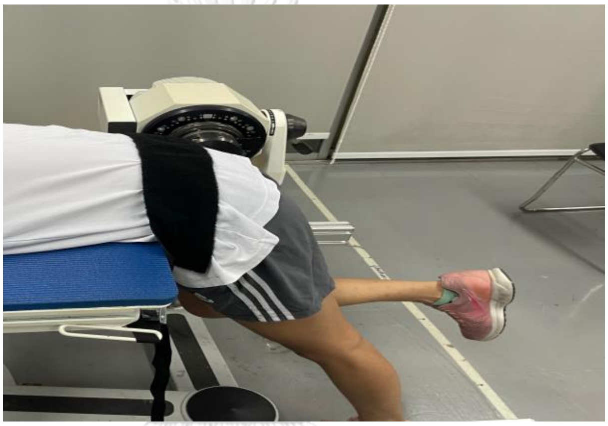


Figure 37 Positioning for the hip extensors testing

For both hip abductors, the subjects with a side lying position and the test leg on top of the non-test which was stabilized with Velcro® straps. The dynamometer axis of rotation was aligned medial to the anterior superior iliac spine (ASIS) at the level of the greater trochanter on the tested leg, whereas the lever arm was applied resistance to the lateral aspect of the distal thigh superior to the lateral femoral condyle.

Before testing, 3 practice repetitions of sub-maximal followed by 3 practice trials of maximal contractions were allowed for familiarization with testing protocol. After a 2-min rest, the subjects were instructed to exert maximal strength against the dynamometer in the direction of hip abduction 3 continuous repetitions. The torque of the hip abduction was tested both eccentrically and concentrically from 0° to 20° of hip abduction (Figure 38). A 5- minute rest was allowed to adequate recovery between contractions for each side (Boling et al., 2009).

In the present study, the intra-class correlation coefficient (ICC) for the hip extensor and abductor were 0.96 and 0.92, respectively.

Figure 38 Positioning for the hip abductors testing

3.6.2 Cross-sectional area of muscle

The cross-sectional area (CSA) of fibularis longus muscles from injured and non-injured sides were measured using B-mode ultrasound imaging system (M5 series, Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., China) with a 3.5-13 MHz range linear transducer, and linear array probe with 38 mm probe surface length and frequency of 8 MHz (7L4s, Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., China) (Lobo et al., 2016). The ultrasound imaging was performed with the subjects in supine position with about 20°- 45° knee flexion of injured side (Figure 39). The skin was cleaned by using an isopropyl alcohol before the placement of probe. The probe location was marked at the midpoint between the upper part of the fibular head and the inferior border of the fibular malleolus of injured side (Silvestri et al., 2015). Then, the ultrasound gel was applied to skin before placing probe. The probe was positioned perpendicular to a drawn line, with a clear image of fibularis longus muscle (Figure 39). The image was captured and the average CSA of three repetitions were calculated. The image processing and analysis of fibularis longus muscle were used the image J software version 1.51 (the National Institute of Health, USA), which CSA (cm^2) was captured from the image of ultrasound machine. The CSA was measured for area by tracing muscle border. A 5 minute rest was considered of each side for next side measurement.

In the present study, the preliminary results indicated good reliability, with an ICC of 0.98.

Chulalongkorn University

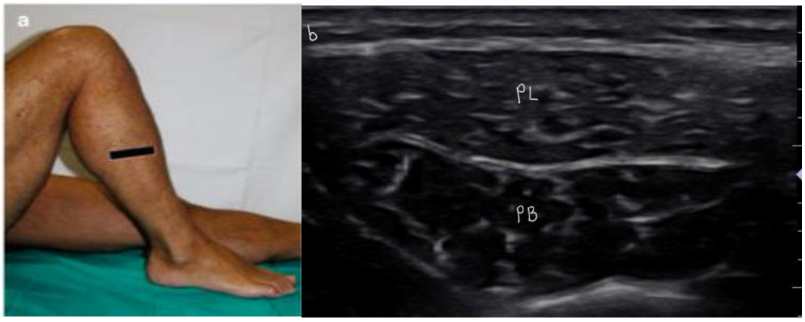


Figure 39 An example of cross-sectional area of fibularis longus muscle

3.6.3 EMG activity recording

The activity of the both hip and ankle muscles that contribute to sagittal plane stability (gluteus maximus and tibialis anterior) and frontal plane stability (i.e. gluteus medius and peroneus longus) were recorded using a wireless surface electromyography (Mini Wave Infinity, Cometa srl, Italy). The EMG signal was recorded at a sampling rate of 1000 Hz using Qualisys track manager 2.13 (Qualisys, Gothenburg, Sweden). The Myoresearch-XP 3.8.2 software was used for data acquisition and analyses. Surface electrodes were placed parallel to the muscle fibers over the midsection of the muscle bellies in accordance with the Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles (SENIAM) guidelines. Prior to electrode placement, the skin over electrode sites was shaved if the skin was covered with hair. After that, the skin was cleaned by using an isopropyl alcohol before the placement of surface electrodes. The disposable standard Ag/AgCl electrodes (Blue-Sensor, Ambu A/S, Ballerup, Denmark) was attached over each muscle of injured side and secured using a flora tape. The researcher or a research assistant who had the same sex as the participants attached the surface electrodes on each muscle examined. In briefly, the gluteus medius electrode was placed one half of the distance between the iliac crest and the greater trochanter (Figure 40A), while the gluteus maximus electrode was placed midway between the second sacral vertebrae and the greater trochanter (Figure 40B). Tibialis anterior electrode was placed at one-third the distance of a line between the head of the fibula and the medial malleolus (Figure 41A), while peroneus longus electrode was placed on the line between the head of the fibula to the lateral malleolus, approximately 4 cm. distal to the fibular

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

head (Figure 41B). Electrodes and EMG sensors were further secured to the skin with a flora tape to prevent slippage during testing and minimize movement artefacts.

Figure 40 A) A gluteus medius electrode placement and B) A gluteus maximus electrode placement

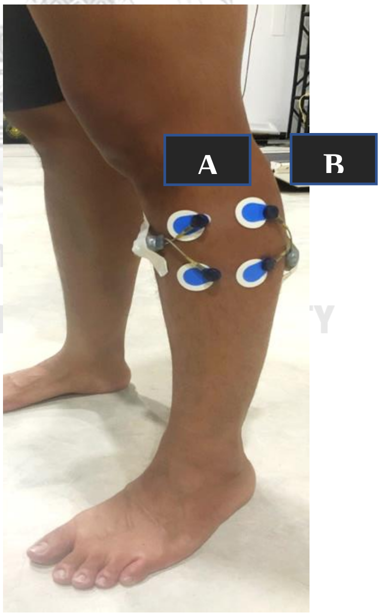


Figure 41 A) A tibialis anterior electrode placement and B) A peroneus longus electrode placement

The maximum voluntary isometric contraction (MVIC) for each muscle was recorded for normalization process. For the gluteus medius muscle, the subject's position in side-lying on the untested leg with the tested leg in fully

extended, while hip and knee of the untested leg will slightly flex 30˚ and manual resistance were applied to the distal thigh (Boren et al., 2011). For the gluteus maximus muscle, the subjects were positioned in a prone lying with knee of the tested flexion 90˚ and the opposite knee positioned in extension, while manual resistance was applied to the distal thigh (Contreras et al., 2015). For the tibialis anterior muscle, the subjects were allowed to sit on the edge of the bed with knee flexion 90˚ to provide maximum resistance to ankle dorsiflexion and inversion. Manual resistance was applied on the dorsum on the medial border of the foot. For the peroneus longus, the subjects were allowed to sit on the edge of the bed with knee flexion 90˚ and ankle in neutral position during dorsiflexion and plantar flexion to provide maximum resistance to ankle plantar flexion and eversion, while manual resistance was given to dorsum on the lateral border of the foot. The subjects were instructed to avoid explosive contraction and to increase their effort gradually to their maximum once they hear the signal "Go". After which, the subjects were hold maximum contraction for 5 seconds, 2 repetitions with a rest period for 30 seconds between set and verbal encourage from the examiner was performed. Following MVIC testing of each side, the subjects were rest for 5 minutes. Then, the subjects were received MVIC testing of noninjured side. Finally, finishing MVIC testing of both sides, the subjects were rest for 5 minutes. Afterwards, the subjects were instructed to stand barefoot on the tested leg for YBT.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

EMG data were analyzed using MyoResearch-XP 3.8.2. A digital band-pass filter (Lancosh FIR) was set between 20 and 500 Hz. Raw EMG signals were full-wave rectified and smoothed using root-mean-square algorithm with a 50 ms time constant. Muscle activation was defined using the average of 3 s out of the 5 s, which excluded the initial 1 s and final 1 s, and it was normalized by the MVIC signal (%MVC) for each muscle from toe-off to touch down and returned to the starting position of each YBT trial (Jaber et al., 2018).

3.6.4 Dynamic balance test

Balance was quantified by the magnitude of COP movement, YBT (three directions), and reach distance in centimetre (cm). A force platform was applied to

COP evaluates during the YBT and the center of the YBT grid were aligned with the center of the force platform (Jaber, Lohman, Daher, et al., 2018).

The Y balance test (YBT) is employed for the measurement of balance of both sides (injured and noninjured sides). The subjects stand on a single leg with the involved limb, with hands on hips, and placed at the center of grid with three lines in the specific anterior (A), posteromedial (PM), and posterolateral (PL) directions. The angle between the PM and PL reach arms is 45° and between the A and PM and PL reach arms is 135°. The subjects were instructed to reach out as far as possible with his or her leg in the target direction without touching the tape or losing balance. Thereafter, the subjects were return to the starting position and then repeat the motion for continued practice (Figure 42). The YBT composite score was calculated by dividing the sum of the 3 reaches distances in the A, PM, and PL directions by 3 times the limb length (LL) of the individual, then multiplied by 100 {[(A + PM + PL)/(LL × 3)] × 100. The results were obtained in the form of a percentage (Gribble & Hertel, 2003a). EMG and COP data were recorded simultaneously during the test.

During the YBT test was collected data of COP measures including the COP excursion sway area (95% ellipse area; mm^2), mean sway velocity (mm/sec), and path length (mm). During test, the area displayed the magnitude of dissemination of COP trajectory, while average speed of COP movement was represented by velocity and COP path length were the traveling distance of COP excursion from the starting position to the maximal position of the COP during each test. During each reaching trials from the movement participants lifted their limb until returned to the starting position was recorded to data in three reaching trials in each direction at 100 Hz (Jaber, Lohman, Daher, et al., 2018). Finally, finishing YBT testing of both sides, the subjects were rest for 5 minutes.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

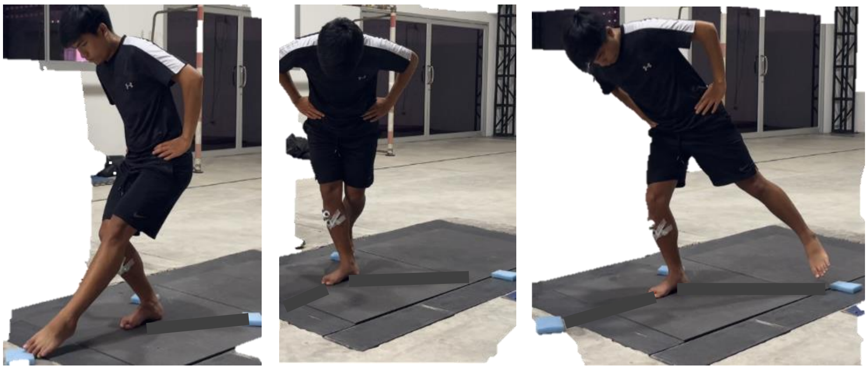


Figure 42 The Y balance test (YBT) on force plate

3.6.5 Functional performance

The side hop test was used as a tool for assessing the functional deficits of both sides (injured and non-injured sides) for 10 minutes. The subjects stood on the tested leg and then jump from side to side as fast as possible between 2 parallel lines placed 30 cm apart for a total of 10 times. A total time required to complete 10 repetitions were recorded by one examiner with a handheld stopwatch to the nearest 0.01 second. The test was completed twice, and the best (shortest) time was used for analysis (Linens et al., 2014; Madsen et al., 2018). Following the side hop testing of injured side, the subjects were rest for 5 minutes before next side test (non-injured side) (Figure 43).

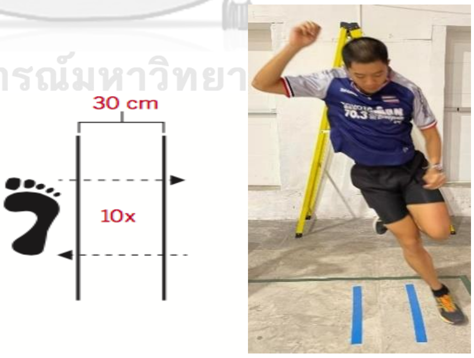
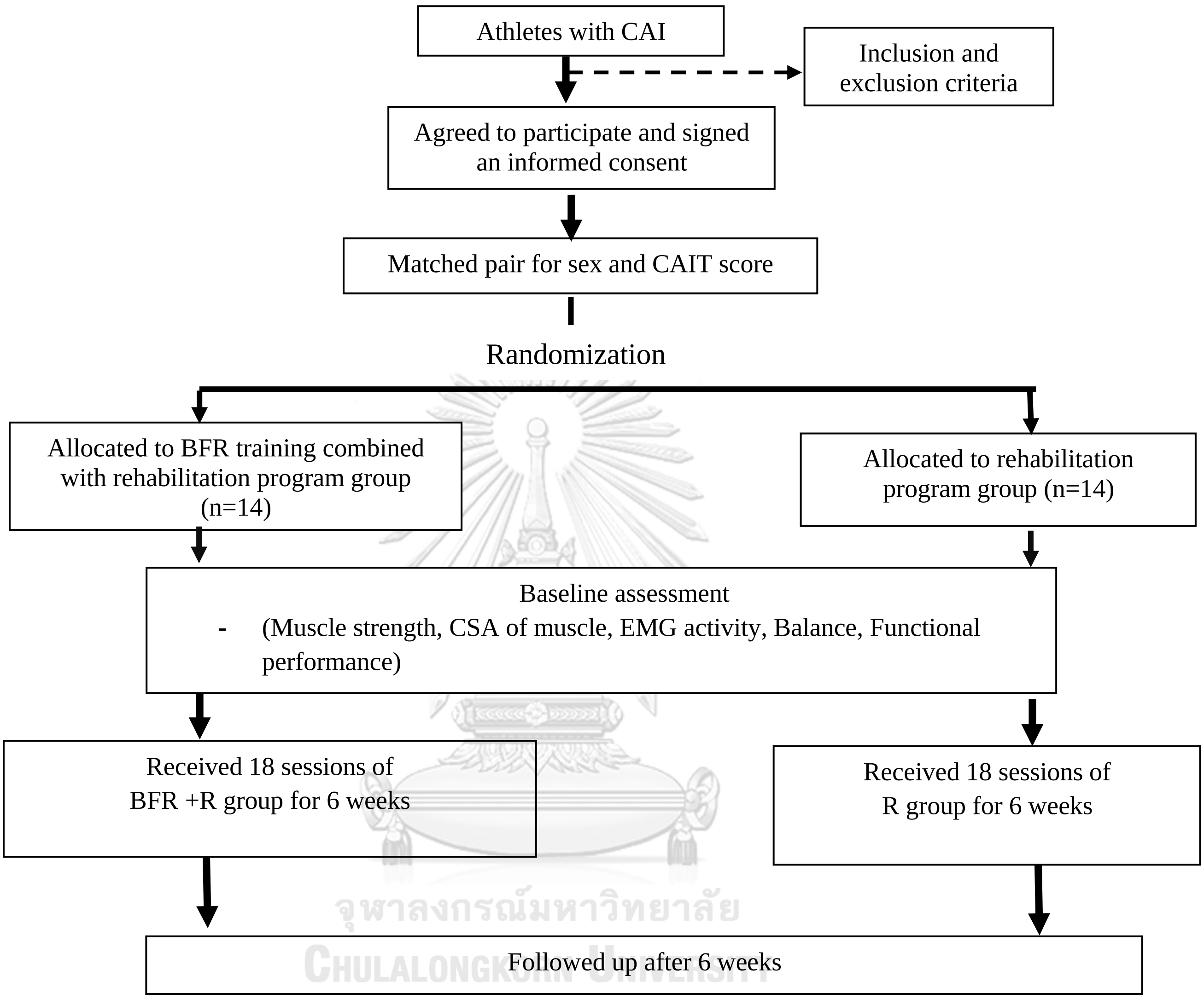


Figure 43 Illustrating the side hop test

3.7 Scope of the current study



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.8 Data analysis

Data were expressed as mean (standard deviation) and frequency (percentile). The Sharpiro-Wilk test was used for testing normality of data. The student t-test was used to compare the demographic data. A 2 (group) × 3 (time) repeated measure ANOVA was used to determine the main interaction of dependent variables within the group (pre-training vs. post-training) and between the groups (BFR+R vs. R). When a significant interaction was indicated, the Bonferroni correction and independent t test were applied for post hoc analysis where appropriate. Effect sizes were calculated with regard to η^2, with values of 0.25, 0.09, and 0.01 corresponding to large, medium, and small effect, respectively (Jung, 2020). A *P*-value <0.05 was considered statistically significant.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

CHAPTER IV
RESULTS

An analysis of data including demographic data, isokinetic muscle strength, CSA of muscle, EMG activity, dynamic balance (Y-balance test), and functional performance before and after training within groups and between groups were shown as follows

4.1 Demographic data

Thirty-seven athletes with CAI were screened for eligibility to participate in this clinical trial. Nine athletes did not meet the inclusion criteria (six athletes had history of bilateral ankle instability; two athletes had surgery of knee; and one athlete refused to participate) and were excluded from the study. Therefore, a total of 28CAI athletes with mean age 20.43±1.03 years (18 men and 10 women) participated in this study. They were matched pair by age, sex, and CAIT scores and were randomly allocated to either the BFR+R program group (n=14) or the R program group (n=14). After the enrolment, 4 participants were dropped out (two from the BFR+R group and another two from the R group). A detail of the procedures was summarized in Fig. 44.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

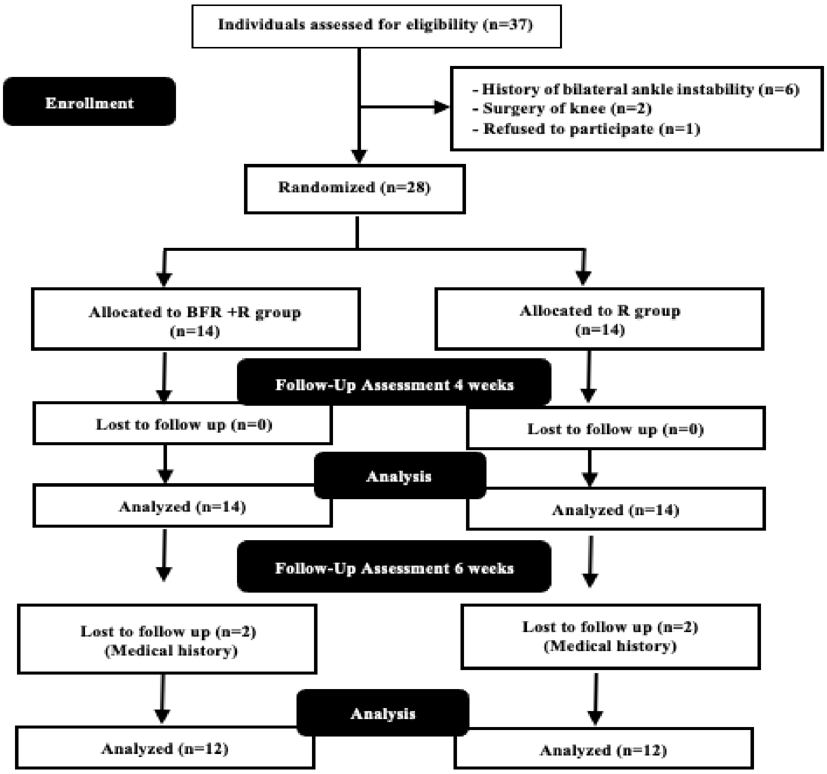


Figure 44 A flow chart of the participants

Demographic characteristics of participants included sex, age, weight, height, body mass index (BMI), CAIT scores, leg length, competition experience were shown in Table 6. There was no significant difference between groups for any of the variables assessed at baseline (*P*>0.05).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Table 6 Baseline characteristics of the participants.

	Group	
	BFR+R program (n=14)	R program (n=14)
Sex,men:women	9:5	9:5
Age,years	20.50 ± 1.02	20.36 ± 1.08
Weight (kg)	64.64 ± 7.56	61.29 ± 7.58
Height (cm)	171.93 ± 7.13	170.14 ± 7.14
Body Mass Index, kg/m^2	21.80 ± 1.05	21.08 ± 1.10
CAIT scores		
Injuried	17.79 ± 3.56	17.86 ± 3.01
Noninjuried	27.43 ± 1.34	27.29 ± 1.33
Leg length (cm)		
Injured	81.30 ± 4.89	80.15 ± 3.78
Non-injured	81.29 ± 3.87	80.28 ± 2.79
Sports experience (years)	2.00 ± 0.78	1.79 ± 0.58

Values were presented as number, mean ± standard deviation.
Abbreviations: BFR: Blood Flow Restriction; R: Rehabilitation; kg: kilograms; cm: centimetres; m: meters; LL: leg length

4.2 Isokinetic muscle strength

4.2.1 Concentric and eccentric peak torque of hip extensor

Two-way ANOVA analysis indicated there was a significant main effect of time, but not of group x time interaction for relative concentric and eccentric peak torque of hip extensor in the injured side (P <0.001, η^2 =0.63 and P <0.01, η^2 =0.27, respectively). A post hoc test revealed BFR+R group had a significant increase in the mean values of relative concentric and eccentric peak torque of hip extensor over a 6-week intervention (all P <0.05, η^2 >0.25) (Table 7). However, there was only a significant increase in relative concentric peak torque of hip extensor (all, P<0.05) following 4- and 6-week intervention in the R group (Table 7). Moreover, no significant difference in any peak torque variables was observed in the non-injured side (P >0.05) (Table 7).

4.2.2 Concentric and eccentric peak torque of hip abductor

A two-way ANOVA revealed there was a significant main effect of time, but not of group and group x time interaction, for relative concentric and eccentric peak torque of hip abductor in the injured side (P <0.001, η^2 =0.58 and P <0.01, η^2 =0.27, respectively) (Table 7). A post hoc test demonstrated the mean value of the relative concentric peak torque of hip abductor was significantly increased in both the BFR+R (P <0.01) and R (P =0.01) groups over a 6-weeks intervention. Moreover, there was a significant greater relative eccentric peak torque for hip abductor (P =0.02) in the BFR+R group than in the R group. However, no significant difference in any peak torque variables was observed in the non-injured side (Table 7).

4.2.3 Concentric and eccentric peak torque of ankle dorsiflexor

A two-way ANOVA indicated there was a significant time main effect for relative concentric and eccentric peak torque of ankle dorsiflexor (all, P <0.001, η^2 =0.56 and η^2 =0.87) and a significant group x time interaction for relative concentric and eccentric peak torque of ankle dorsiflexor in the injured side (P <0.01, η^2 =0.29 and P <0.001, η^2 =0.55, respectively) (Table 7). A post-hoc test revealed BFR+R group had a significant improvement in the mean values of relative concentric and

eccentric peak torque of ankle dorsiflexor (all, P<0.001, η^2 >0.25) following 4- and 6-week intervention, whereas only a significant greater mean value of relative eccentric peak torque of ankle dorsiflexor (P<0.01) was observed in R group following 6-week intervention. Moreover, BFR+R group showed a significant greater relative concentric peak torque of ankle dorsiflexor (P=0.04, η^2>0.25) compared to R group (Table 7). However, there was no significant difference in any peak torque variables was observed in the non-injured side (Table 7).

4.2.4 Concentric and eccentric peak torque of ankle plantarflexor

Two-way ANOVA analysis demonstrated there was a significant time main effect for relative concentric and eccentric peak torque of ankle plantarflexor (all, P <0.001, η^2 =0.64 and η^2 =0.54) and a significant group x time interaction for relative concentric and eccentric peak torque of ankle plantarflexor in the injured side (P <0.001, η^2 =0.42 and P =0.02, η^2 = 0.54, respectively). There was also a significant time for relative eccentric peak torque of ankle plantarflexor (P <0.01) (Table 7). A post hoc test revealed BFR+R group showed a significant improvement in the mean values of relative concentric peak torque of ankle plantarflexor (all, P<0.001, η^2 >0.25) following 4- and 6-week intervention and a significant greater relative eccentric peak torque of ankle plantarflexor (P<0.001, η^2>0.25) following a 6-week intervention (Table 7). Additionally, BFR+R group displayed a significant greater relative concentric peak torque of ankle plantarflexor (P=0.03, η^2>0.25) than that of R group following a 6-week intervention (Table 7). However, there was no significant difference in any peak torque variables was observed in the non-injured side (Table 7).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.5 Concentric and eccentric peak torque of ankle evertor

Two-way ANOVA analysis indicated there were significant time main effect for relative concentric and eccentric peak torque of ankle evertor in injuried side (all, P<0.001, η^2 >0.25) and group x time interaction for relative concentric and eccentric peak torque of ankle dorsiflexor in the injured side (P<0.01, η^2 =0.64 and P=0.03, η^2 = 0.19, respectively) (Table 7). However, there was only a significant time main effect for relative concentric and eccentric peak torque of ankle evertor in the non-injured side (all, P<0.01, η^2 >0.09) (Table 7). Following 4- and 6-week intervention, BFR+R group demonstrated a significant greater of the mean values of

relative concentric and eccentric peak torque of ankle evertor (all, P<0.001, η^2 >0.25) compared to baseline (Table 7). For the R group, however, there were significant increases in relative concentric peak torque of ankle evertor (P<0.01) following a 6-week intervention and a significant greater relative eccentric peak torque of ankle evertor (P<0.01 and P=0.02, respectively) following 4- and 6-week intervention (Table 7). However, no significant difference in any peak torque variables was observed in the non-injured side (P>0.05) (Table 7).

4.2.6 Concentric and eccentric peak torque of ankle invertor

A two-way ANOVA analysis revealed there was a significant time main effect for relative concentric and eccentric of ankle invertor in the injured side (all, P<0.001, η^2 =0.57 and η^2 =0.50). There was also a significant time main effect for relative eccentric of ankle invertor in the non-injured side (P<0.01, η^2 =0.20) . Following 4- and 6-weeks intervention, BFR+R group showed a significant improvement in the mean value of relative concentric peak torque of ankle invertor (P<0.001) and a significant greater of the mean value of relative eccentric peak torque of ankle invertor (P<0.001, η^2 >0.25) following a 6-week intervention (Table 7). For the R group, there were significant increases in relative concentric and eccentric peak torque of ankle invertor (all, P<0.01) following a 6-week intervention (Table 7). However, no significant difference in any peak torque variables was observed in the non-injured side (P>0.05) (Table7).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Table 7 Two way ANOVA analysis for muscle isokinetic strength during pre-, 4- and 6 weeks of intervention.

Average relative peak torque (N.m^{-1}.kg^{-1})	BFR + R program			R program (n=14)			Group			Time			Group x Time		
	Pre	4 week (n=14)	6 week (n=12)	Pre	4 week (n=14)	6 week (n=12)	*P* -value	F	η^2	*P*-value	F	η^2	*P* -value	F	η^2
Hip extensor															
Con (Inj)	1.02 ± 0.39	1.21 ± 0.30 †	1.32 ± 0.30 †	1.09 ± 0.36	1.18 ± 0.30†	1.29 ± 0.28†	0.34	1.03	0.00	<0.001*	38.33	0.63	0.33	0.97	0.04
Ecc (Inj)	1.16 ± 0.43	1.29 ± 0.30†	1.33 ± 0.31†	1.18 ± 0.38	1.23 ± 0.29	1.23 ± 0.27	0.92	0.00	0.00	<0.01*	8.23	0.27	0.09	2.92	0.12
Con (Njr)	1.21 ± 0.40	1.21 ± 0.040	1.22 ± 0.44	1.23 ± 0.33	1.21 ± 0.34	1.21 ± 0.36	0.98	0.00	0.00	0.07	2.99	0.12	0.43	0.79	0.03
Ecc (Njr)	1.28 ± 0.37	1.28 ± 0.37	1.23 ± 0.39	1.29 ± 0.37	1.29 ± 0.37	1.27 ± 0.40	0.79	0.07	0.00	0.56	0.40	0.02	0.89	0.03	0.001
Hip abductor															
Con (Inj)	0.83 ± 0.29	0.92 ± 0.29 †	0.99± 0.35 †	0.82 ± 0.34	0.87 ± 0.31†	0.92 ± 0.34†	0.91	0.01	0.00	<0.001*	30.12	0.58	0.08	3.07	0.12
Ecc (Inj)	0.89 ± 0.30	0.96 ± 0.27	1.00 ± 0.24†	0.89 ± 0.27	0.95 ± 0.25	0.99 ± 0.27	0.75	0.10	0.00	<0.01*	8.31	0.27	0.56	0.45	0.02
Con (Njr)	0.96 ± 0.32	0.96 ± 0.33	0.95 ± 0.27	0.94 ± 0.34	0.95 ± 0.34	0.93 ± 0.35	0.75	0.11	0.00	0.11	2.34	0.09	0.55	0.61	0.03
Ecc (Njr)	1.06 ± 0.33	1.02 ± 0.34	1.02 ± 0.34	0.99 ± 0.28	1.00 ± 0.29	0.98 ± 0.29	0.79	0.07	0.00	0.41	0.91	0.04	0.56	0.58	0.03
Ankle dorsiflexor															
Con (Inj)	0.42 ± 0.18	0.58 ± 0.22†	0.67 ± 0.26† ‡	0.40 ± 0.21	0.42 ± 0.19	0.47 ± 0.21	0.95	2.55	0.10	<0.001*	30.16	0.56	<0.01*	9.19	0.29
Ecc (Inj)	0.51 ± 0.11	0.55 ± 0.11†	0.56 ± 0.07†	0.51 ± 0.12	0.52 ± 0.13	0.53 ± 0.13†	0.96	0.003	0.00	<0.001*	144.16	0.87	<0.001*	26.75	0.55
Con (Njr)	0.63 ± 1.1	0.64 ±0.10	0.65 ± 0.11	0.64 ± 0.19	0.63 ± 0.11	0.64 ±0.11	0.92	0.01	0.00	0.48	0.51	0.02	0.94	0.06	0.00
Ecc (Njr)	0.58 ± 0.10	0.58 ± 0.10	0.58 ± 0.07	0.57 ± 0.10	0.57 ± 0.10	0.57 ± 0.11	0.60	0.28	0.01	0.02*	4.47	0.16	0.76	0.28	0.01
Ankle plantarflexor															
Con (Inj)	0.39 ± 0.15	0.48 ± 0.15†	0.62 ± 0.17† ‡	0.38 ± 0.11	0.40 ± 0.12	0.42 ± 0.12	0.06	3.76	0.15	<0.001*	38.59	0.64	<0.001*	16.12	0.42
Ecc (Inj)	0.83 ± 0.09	0.88 ± 0.17	1.11 ± 0.25†	0.82 ± 0.26	0.86 ± 0.29	0.88 ± 0.31	0.16	2.15	0.09	<0.001*	25.71	0.54	0.02*	25.71	0.54
Con (Njr)	0.50 ± 0.14	0.51 ± 0.14	0.50 ± 0.14	0.49 ± 0.09	0.49 ± 0.10	0.48 ± 0.07	0.63	0.24	0.01	0.09	2.85	0.11	0.27	1.35	0.06
Ecc (Njr)	0.99 ± 0.12	1.01 ± 0.15	1.02 ± 0.16	0.99 ± 0.31	1.00 ± 0.31	0.96 ± 0.31	0.59	0.30	0.01	<0.01*	7.80	0.26	0.90	0.03	0.001
Ankle evertor															
Con (Inj)	0.32 ± 0.21	0.39 ± 0.21†	0.47 ± 0.22 †	0.30 ± 0.24	0.32 ± 0.25	0.33 ± 0.25†	0.24	1.47	0.06	<0.001*	147.43	0.87	<0.001*	38.49	0.64
Ecc (Inj)	0.35 ± 0.21	0.38 ± 0.20†	0.48 ± 0.18 †	0.36 ± 0.22	0.38 ± 0.22†	0.39 ± 0.19†	0.48	0.52	0.02	<0.001*	37.41	0.63	0.03*	5.44	0.19
Con (Njr)	0.43 ± 0.19	0.44 ± 0.19	0.47 ± 0.19	0.45 ± 0.22	0.46 ±0.23	0.44 ± 0.25	0.71	0.14	0.00	<0.01*	8.33	0.27	0.62	0.27	0.01
Ecc (Njr)	0.45 ± 0.20	0.45 ± 0.20	0.46 ± 0.21	0.46 ± 0.20	0.46 ± 0.20	0.43 ±0.19	0.70	0.15	0.00	<0.01*	5.88	0.21	0.86	0.15	0.00
Ankle invertor															
Con (Inj)	0.20 ± 0.06	0.25 ± 0.06†	0.32 ± 0.07 †	0.21 ± 0.07	0.22 ± 0.07	0.27 ± 0.08†	0.36	0.88	0.04	<0.001*	28.97	0.57	0.10	2.39	0.09
Ecc (Inj)	0.26 ± 0.05	0.30 ± 0.06	0.34 ± 0.06 †	0.24 ± 0.08	0.27 ± 0.08	0.29 ± 0.08†	0.24	1.44	0.06	<0.001*	22.18	0.50	0.12	2.25	0.09
Con (Njr)	0.37 ± 0.06	0.37 ± 0.06	0.37 ± 0.06	0.36 ± 0.06	0.36 ± 0.07	0.35 ± 0.06	0.54	0.38	0.02	0.54	0.63	0.03	0.13	2.01	0.09
Ecc (Njr)	0.37 ± 0.03	0.37 ± 0.03	0.38 ± 0.03	0.36 ± 0.06	0.35 ± 0.05	0.36 ± 0.05	0.24	1.46	0.06	<0.01*	5.50	0.20	0.26	1.40	0.06

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Values were presented as mean ± standard deviation.

Abbreviations: BFR: Blood Flow Restriction; R: Rehabilitation; Con: Concentric; Ecc: Eccentric; Inj: Injured; NJ: Non-injured; kg: kilograms; Nm: Newton meter †Significantly different between pre- and post-intervention, *P* <0.05 ‡Significantly different from the R group, *P* <0.05 *Statistically significant for either main effect or interaction, *P*<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.3 CSA of muscle

Two-way ANOVA analysis revealed there were significant time main effect ($P<0.001$, $\eta^2=0.78$) and group x time interaction ($P<0.001$, $\eta^2=0.67$) for CSA of fibularis longus in the injured side (Table 8). As shown in Figure 45A, the mean value of the CSA of fibularis longus muscle was significantly increased ($P<0.001$) in BFR+R group at 4- and 6- week intervention compared to baseline and the R group (Figure 45A). However, no significant difference was observed in the non-injured side (Figure 45B).

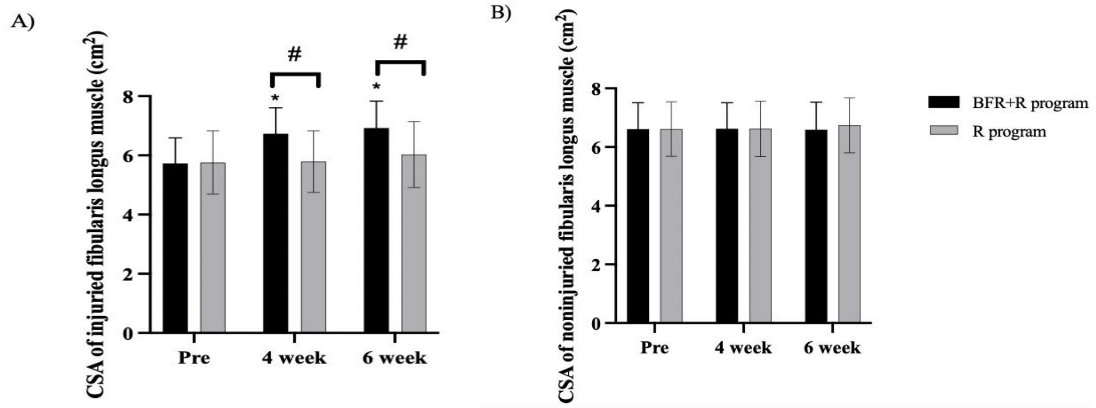


Figure 45 Mean and standard deviation of the CSA of injured and non-injured fibularis longus muscle (A and B)

*: Significantly different from pre-intervention, $P<0.05$

#: Significantly different from the R group, $P<0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Table 8 Two-way ANOVA analysis for CSA of fibularis longus muscle during pre- and post-training after 4- and 6- week intervention.

	F	P-value	η^2
Group			
Injured	1.89	0.18	0.08
Non-injured	0.14	0.71	0.01
Time			
Injured	80.31	P<0.001*	0.78
Non-injured	0.99	0.36	0.04
Group x Time			
Injured	48.51	P<0.001*	0.67
Non-injured	1.01	0.36	0.04

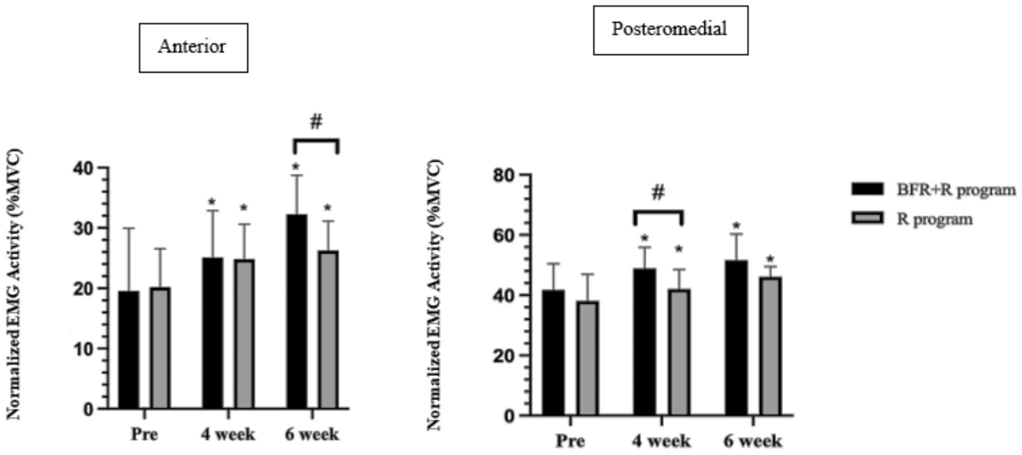
* Statistically significant for main effect or interaction, $P<.05$

4.4 EMG activity

4.4.1 EMG activity of gluteus maximus during the YBT

As shown in Table 9, there was a significant time main effect (*P*<0.001, η^2 =0.49, η^2 =0.52, and η^2 =0.66, respectively) on EMG activity of gluteus maximus during YBT in anterior, posteromedial, and posterolateral directions, and a significant group main effect (*P*=0.02, η^2 =0.21) on gluteus muscle activation in posterolateral direction. There was also a significant group x time interaction in anterior (*P*<0.001, η^2 =0.15) and posterolateral (*P*<0.01, η^2 = 0.23) directions. Following 4 and 6-weeks intervention, BFR+R group showed significant improvement in normalized EMG activity of gluteus maximus in anterior (*P*=0.01 and *P*<0.001, respectively), posteromedial (*P*<0.001 and *P*<0.01, respectively), and posterolateral direction (*P*<0.001) compared to baseline, while R group showed a significant increase in EMG activity of gluteus maximus during anterior (*P*=0.03 and *P*=0.03, respectively), posteromedial (*P*=0.03 and *P*<0.01, respectively), and posterolateral direction (*P*=0.04 and *P*<0.01, respectively) in the injured side (Figure 46). In addition, BFR+R group showed a significant greater improvement in EMG activity of gluteus maximus in anterior (*P*=0.02) following 6-week intervention, posteromedial (*P*=0.02) following 4-week intervention and posterolateral direction (*P*=0.02 and *P*<0.01, respectively) after 4- and 6-week intervention compared to R group (Figure 46). However, no significant differences in any variables were observed in the non-injured side (Figure 47).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



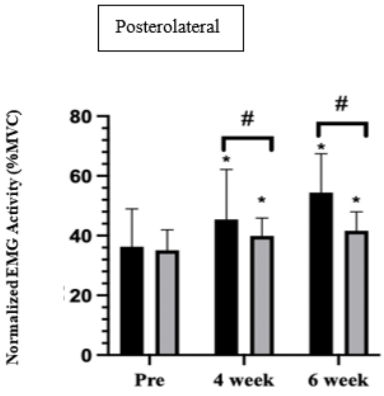


Figure 46 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured gluteus maximus muscle during the YBT

*: Significantly different from pre-intervention, *P*<0.05

#: Significantly different from the R group, *P*<0.05

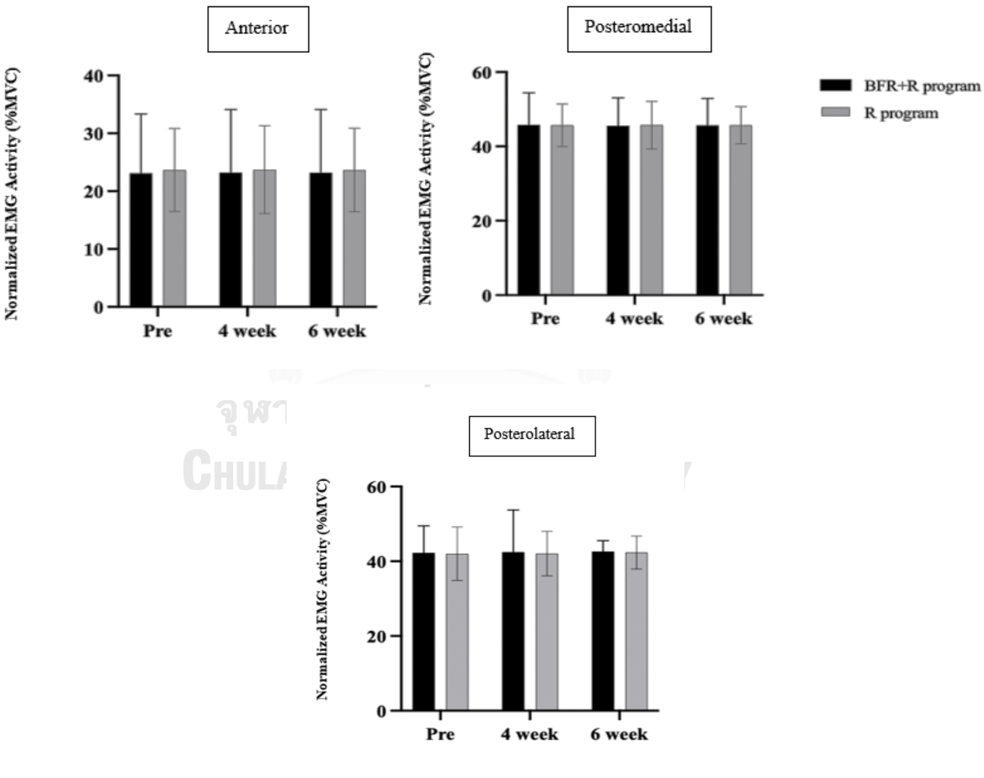


Figure 47 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of non-injured gluteus maximus muscle during the YBT

Table 9 Two-way ANOVA analysis for normalized EMG activity of gluteus maximus during the YBT between groups at pre-, 4, and 6weeks post-intervention.

	Group			Time			Group x Time		
	P-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2
Anterior									
Injured	0.22	1.59	0.07	<0.001*	21.29	0.49	<0.001*	1.97	0.15
Non-injureid	0.84	0.04	0.00	0.49	0.62	0.03	0.11	2.56	0.10
Posteromedial									
Injured	0.05	4.17	0.16	<0.001*	23.51	0.52	0.43	0.76	0.03
Non-injured	0.47	0.54	0.02	0.87	0.05	0.00	0.62	0.33	0.01
Posterolateral									
Injured	0.02*	6.23	0.21	<0.001*	46.02	0.66	<0.01*	7.25	0.23
Non-injured	0.61	0.26	0.01	0.24	1.45	0.06	0.75	0.18	0.00

* Statistically significant for either main effect or interaction, $P<.05$

4.4.2 EMG activity of gluteus medius during the YBT

A two-way ANOVA analysis revealed there was significant time main effect ($P<0.001$, $\eta^2=0.57$, $\eta^2=0.71$, and $\eta^2 = 0.72$, respectively) for normalized EMG activity of gluteus medius during YBT in anterior, posteromedial, and posterolateral directions and a significant group x time interaction for normalized EMG activity of gluteus medius in posteromedial ($P=0.04$, $\eta^2 = 0.16$) and posterolateral ($P=0.03$, $\eta^2=0.15$) directions (Table 10). Compared to baseline, BFR+R group revealed a significant improvement in EMG activity of gluteus medius in anterior ($P<0.01$ and $P<0.001$), posteromedial ($P<0.001$), and posterolateral directions ($P<0.01$ and $P<0.001$) over 6-week intervention (Figure 48). Similarly, R group showed a significant improvement in muscle activation of gluteus medius during YBT in anterior ($P=0.03$ and $P=0.01$) posteromedial ($P=0.01$ and $P<0.01$), and posterolateral ($P<0.01$ and $P<0.001$) directions (Figure 48). However, BFR+R group displayed a greater improvement in EMG activity of gluteus medius during YBT in anterior ($P=0.03$), posteromedial ($P=0.02$) and posterolateral ($P=0.04$) directions compared to R group after 6-week intervention (Figure 48). However, there were no significant differences in any variables observed in the non-injured side (Figure 49).

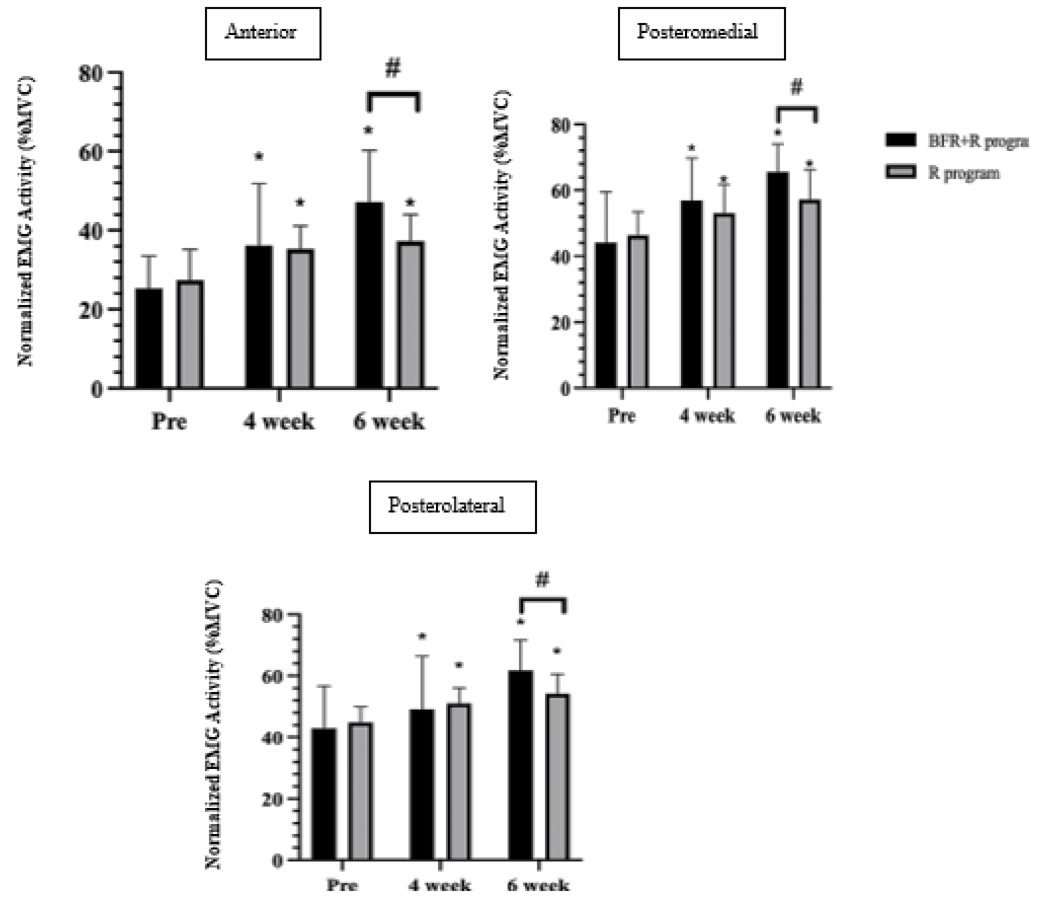
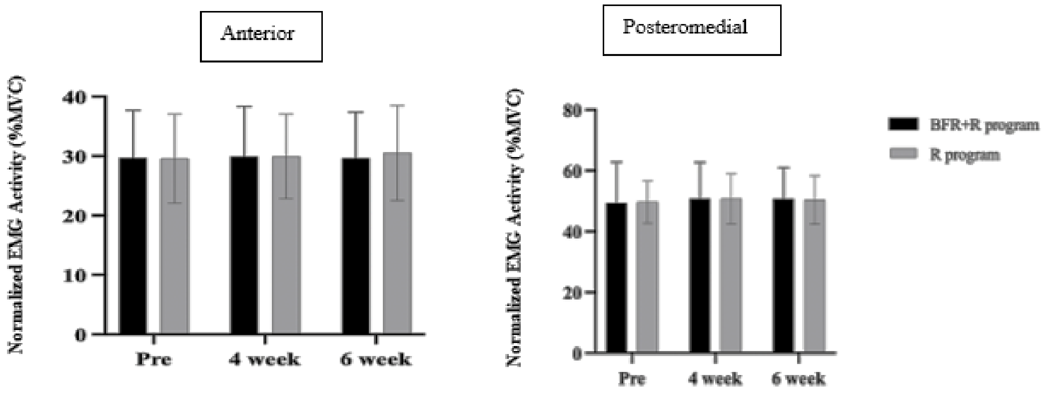


Figure 48 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured gluteus medius muscle during the YBT

*: Significantly different from pre-intervention, *P*<0.05

#: Significantly different from the R group, *P*<0.05



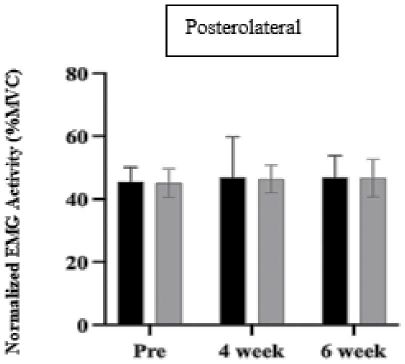


Figure 49 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of non-injuried gluteus medius muscle during the YBT

Table 10 Two-way ANOVA analysis for normalized EMG activity of gluteus medius during YBT between groups at pre-, 4, and 6 weeks post- intervention.

	Group			Time			Group x Time		
	P-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2
Anterior									
Injured	0.18	1.95	0.08	<0.001*	30.00	0.57	0.09	2.96	0.12
Non-injured	0.77	0.08	0.00	0.84	0.05	0.00	0.51	0.47	0.02
Posteromedial									
Injured	0.15	2.19	0.09	<0.001*	54.87	0.71	0.04*	4.27	0.16
Non-injured	0.48	0.52	0.02	0.41	0.84	0.04	0.62	0.34	0.02
Posterolateral									
Injured	0.25	1.41	0.06	<0.001*	56.63	0.72	0.03*	3.93	0.15
Non-injured	0.37	0.84	0.04	0.17	1.92	0.08	0.16	1.98	0.08

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

*Statistically significant for either main effect or interaction, *P*<.05

4.4.3 EMG activity of fibularis longus during YBT

As shown in Table 11, there were significant time main effect (*P*<0.001, η^2 =0.43, η^2 = 0.61, and η^2 =0.46, respectively) and significant group x time interaction (*P*<0.01, η^2 =27, η^2 = 0.35, and η^2 =0.35, respectively) for normalized EMG activity of fibularis longus during YBT in anterior, posteromedial, and posterolateral directions. Compared to baseline, BFR+R group showed significant increases in normalized EMG activity of fibularis longus during YBT in anterior (*P*<0.001), posteromedial (*P*<0.01), and posterolateral (*P*<0.001) directions in the injured side following 4- and 6-weeks intervention (Figure 50). In addition, BFR+R

group showed a significant greater normalized EMG activity of fibularis longus during YBT in anterior direction (P=0.04 and *P*=0.02, respectively) compared to R group following 4- and 6-week intervention. Moreover, there was also a significant greater normalized EMG activity during posteromedial (*P*=0.04), and posterolateral (*P*=0.01) directions following 6 weeks of intervention (Figure 50). Nevertheless, there was no significant difference in any variables observed in the non-injured side (Figure 51).

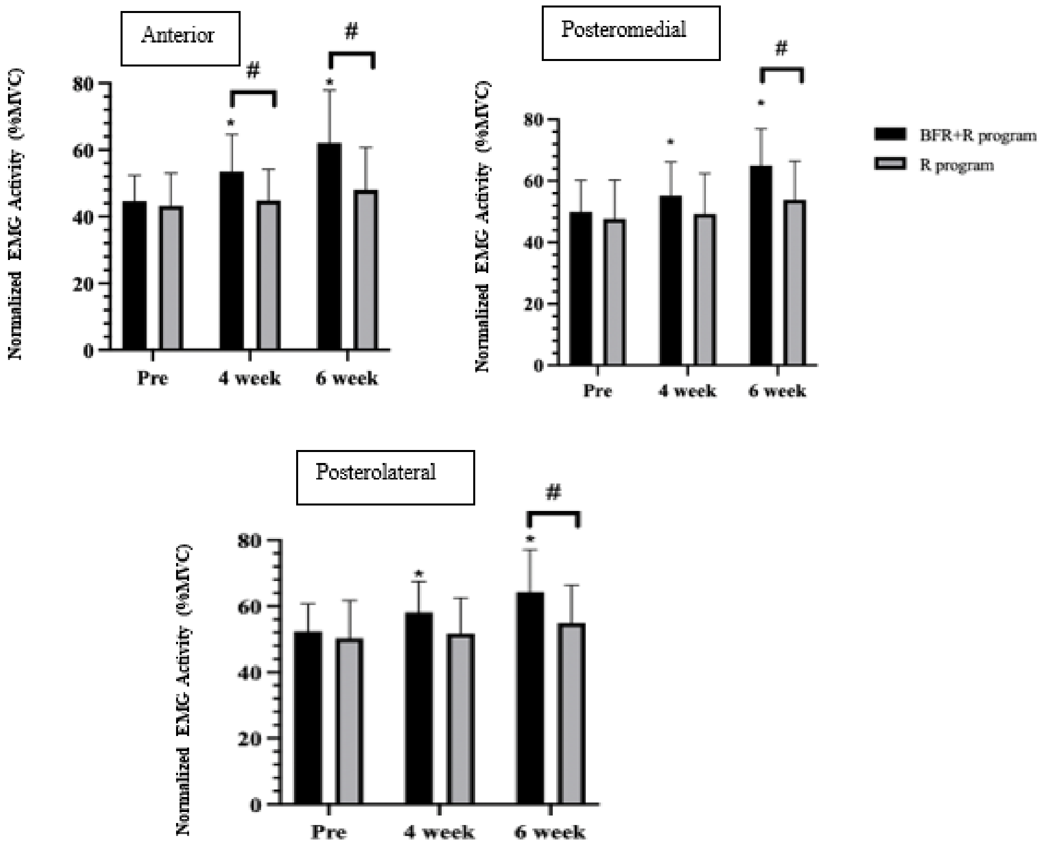


Figure 50 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured fibularis longus muscle during YBT

*: Significantly different from pre-intervention, *P*<0.05

#: Significantly different from the R group, *P*<0.05

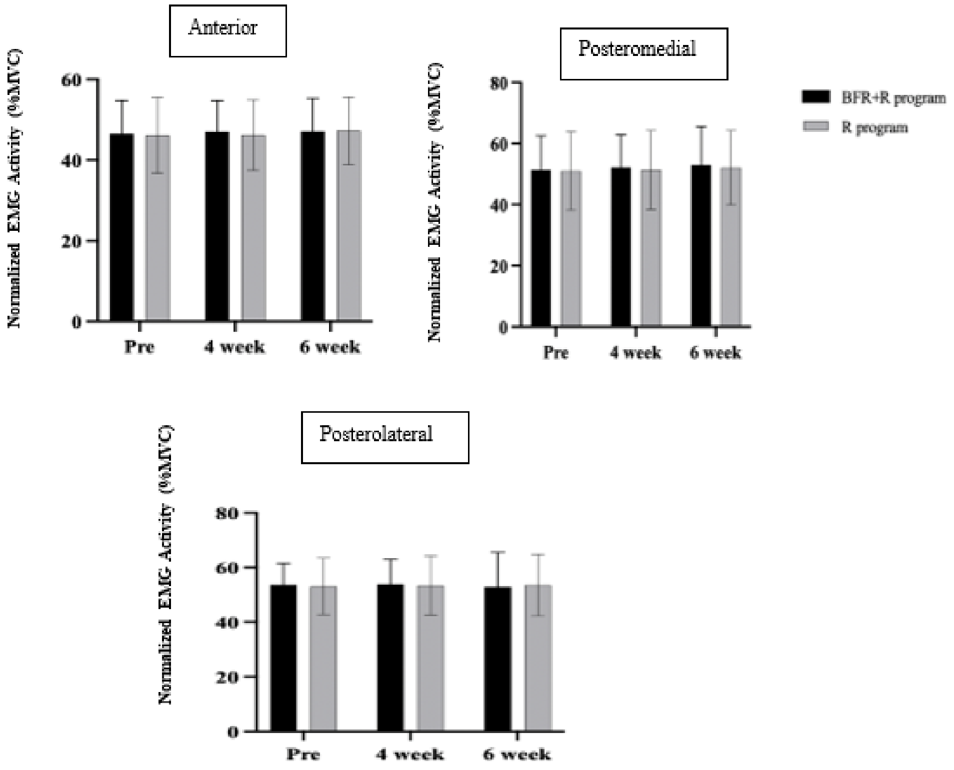


Figure 51 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of non-injured fibularis longus muscle during the YBT

Table 11 Two-way ANOVA analysis for EMG activity of fibularis longus during the YBT between groups at pre-, 4, and 6 weeks post-intervention.

Chulalongkorn University

	Group			Time			Group x Time		
	P-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2
Anterior									
Injured	0.08	3.41	0.13	<0.001*	16.61	0.43	<0.01*	8.06	0.27
Non-injured	0.96	0.002	0.00	0.89	0.11	0.00	0.57	0.46	0.02
Posteromedial									
Injured	0.33	1.00	0.04	<0.001*	34.82	0.61	<0.01*	11.84	0.35
Non-injured	0.84	0.04	0.00	0.92	0.02	0.00	0.36	0.93	0.04
Posterolateral									
Injured	0.09	3.23	0.13	<0.001*	18.89	0.46	<0.01*	11.85	0.35
Non-injured	0.87	0.03	0.00	0.43	0.85	0.04	0.92	0.08	0.00

*: Statistically significant for either main effect or interaction, *P*<.05

4.4.4 EMG activity of tibialis anterior during YBT

A two-way ANOVA analysis indicated there were significant time main effect (*P*<0.001, A; η^2 = 0.41, PM; η^2 =0.54, and PL; η^2 =0.42) and group x time interaction for normalized EMG activity of tibialis anterior during YBT in all directions (A; *P*=0.02, η^2 =0.18 , PM; *P*<0.001, η^2 = 0.31, and PL; *P*<0.01, η^2 = 0.33), whereas there was only significant group main effect and for normalized EMG activity of tibialis anterior during YBT in posteromedial (*P*<0.001) and posterolateral (*P*<0.01) directions (Table 12). Compared to baseline, BFR+R group displayed significant increases in normalized EMG activity of tibialis anterior during anterior (*P*=0.01), posteromedial (*P*<0.001), and posterolateral direction (*P*<0.001) following a 4- and 6-week intervention (Figure 52). In addition, BFR+R group showed a significant greater improvement in normalized EMG activity of tibialis anterior during anterior direction (*P*=0.02) following a 6-week intervention and during posteromedial (*P*<0.01 and *P*<0.001) and posterolateral directions (*P*<0.01 and *P*<0.001) compared to R group at 4- and 6 week of intervention (Figure 52). However, no significant differences in any variables were observed in the non-injured side (Figure 53).

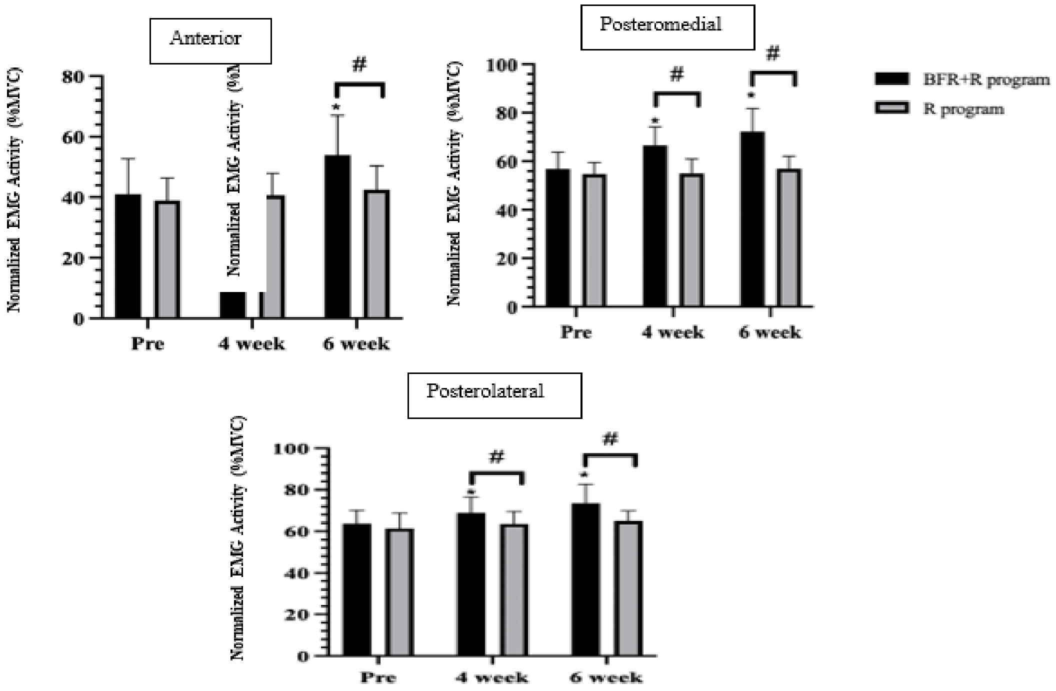


Figure 52 Mean and standard deviation of normalized EMG activity of injured tibialis anterior muscle during the YBT

*Significantly different from pre-intervention, *P*<0.05

[†]Significantly different from the R group, *P*<0.05

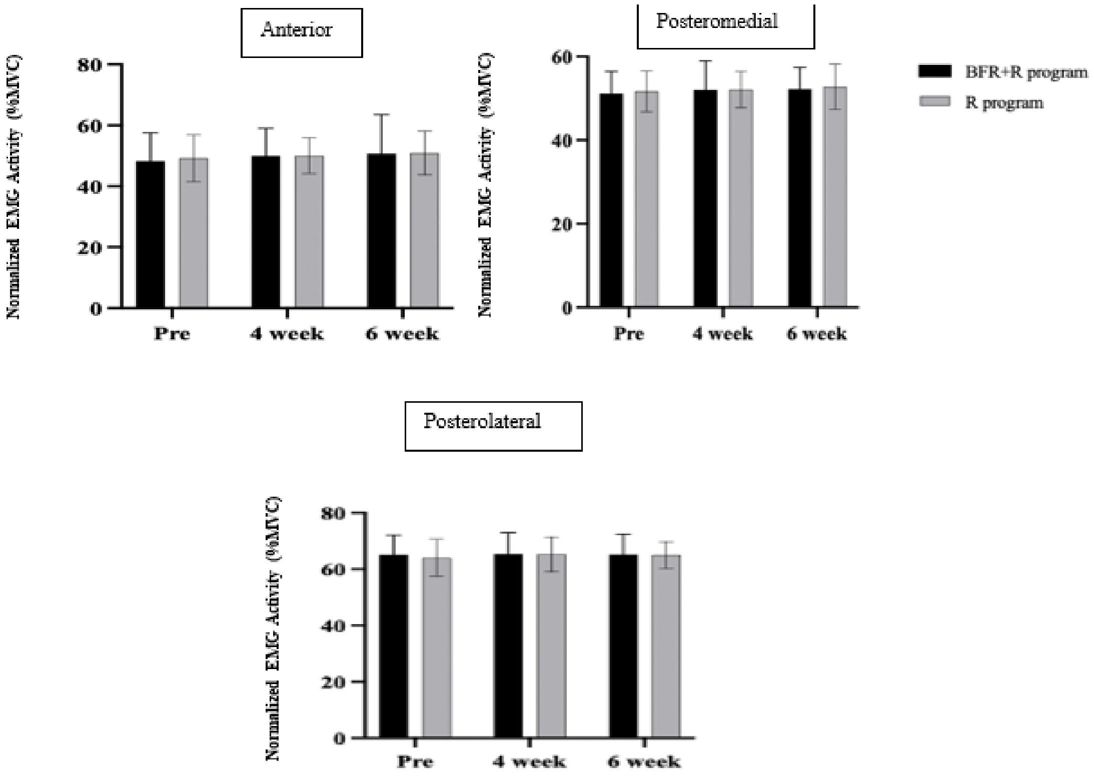


Figure 53 Mean and standard deviation of EMG activity of non-injured tibialis anterior muscle during the YBT

Table 12 Two-way ANOVA analysis for EMG activity of tibialis anterior during the YBT at pre-, 4, and 6 weeks post-interventions.

	Group			Time			Group x Time		
	P-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2
Anterior									
Injured	0.15	2.27	0.09	<0.001*	15.36	0.41	0.02*	4.90	0.18
Non-injured	0.73	0.13	0.00	0.16	1.99	0.08	0.83	0.10	0.00
Posteromedial									
Injured	<0.001*	17.86	0.45	<0.001*	25.77	0.54	<0.001*	9.83	0.31
Non-injured	0.88	0.02	0.00	0.26	1.40	0.06	0.61	0.49	0.02
Posterolateral									
Injured	<0.01*	14.84	0.40	<0.001*	15.65	0.42	<0.01*	10.66	0.33
Non-injured	0.83	0.05	0.00	0.06	3.00	0.12	0.52	0.67	0.03

*Statistically significant for either main effect or interaction, *P*<.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.5 Dynamic Balance

4.5.1 Composite scores and YBT reach distance

As shown in Table 13, there was a significant main effect for composite scores and reaching distance in all directions (C; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.96$, A; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.95$, PM; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.88$, and PL; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.89$) and a significant time × group interaction for reaching distance in all directions during the performance of YBT (C; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.52$, A; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.54$, PM; $P < 0.01$, $\eta^2 = 0.30$, and PL; $P < 0.01$, $\eta^2 = 0.25$). Both BFR+R and R groups exhibited significant improvements in YBT composite scores and reaching distances in all directions over a 6-week intervention (all $P < 0.05$).

4.5.2 COP postural sway during YBT

There was a significant time × group interaction for mean sway velocity observed during YBT across directions (A; $P < 0.01$, $\eta^2 = 0.24$, PM; $P = 0.01$, $\eta^2 = 0.21$, and PL; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.61$, respectively). In addition, there was a significant time main for mean sway velocity during YBT in all directions (A; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.79$, PM; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.92$, and PL; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.93$, respectively). Similarly, there a significant time main effect for the mean 95% confidence ellipse area during YBT observed across directions (A; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.88$, PM; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.89$, and PL; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.79$, respectively), and a significant time × group interaction of the mean 95% confidence ellipse area observed in the anterior ($P = 0.01$, $\eta^2 = 0.21$) and PM ($P = 0.02$, $\eta^2 = 0.19$) directions. Moreover, there was a significant time main effect and a significant time × group interaction for path length during YBT observed in all directions (A; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.83$, PM; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.83$, and PL; $P < 0.001$, $\eta^2 = 0.81$, respectively). No significant differences between groups in all COP measures during YBT were observed regardless of time (Table 13).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Table 13 Two-way ANOVA analysis for reaching distance and COP measures during YBT at 0, 4 and 6 weeks of intervention between groups

	BFR + R program			R program			Time			Group x Time		
	Pre	4 week (n=14)	6 week (n=12)	Pre	4 week (n=14)	6 week (n=12)	*P*-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2
Reach distance for YBT(%LL)												
-Anterior												
Injured	92.76±9.99	97.06±9.78†	100.49±10.35†	92.21±6.14	94.04±6.00†	95.62±5.29†	<0.001*	383.22	0.95	<0.001*	26.21	0.54
Non-injured	94.48±6.97	94.16±10.24	94.28±9.08	94.12±6.09	94.26±6.75	94.77±4.06	0.38	0.97	0.04	0.75	0.28	0.01
-Posteromedial												
Injured	99.24±10.35	103.24±10.18†	106.76±10.61†	99.50±7.58	101.97±7.42†	104.04±6.89†	<0.001*	162.63	0.88	<0.01*	9.67	0.30
Non-injured	104.06±7.48	105.06±8.66	104.09±13.39	104.11±5.77	104.79±5.71	105.19±7.39	0.66	0.42	0.02	0.96	0.04	0.00
-Posterolateral												
Injured	97.45±7.94	100.20±7.98†	102.97±8.23†	97.07±7.03	99.13±6.87†	101.40±6.40†	<0.001*	172.79	0.89	<0.01*	9.61	0.25
Non-injured	100.07±7.84	99.93±9.25	99.77±7.44	99.72±6.63	99.44±6.62	100.39±7.26	0.65	0.44	0.02	0.74	0.31	0.01
Sway velocity (mm/sec)												
-Anterior												
Injured	64.61±7.48	60.74±6.24†	56.68±6.18†	64.44±7.52	62.55±7.44†	61.82±6.92†	<0.001*	82.98	0.79	<0.01*	6.79	0.24
Non-injured	60.16±7.71	60.28±6.07	60.04±6.17	59.92±6.92	60.35±6.44	61.12±7.14	0.98	0.02	0.00	0.88	0.11	0.00
-Posteromedial												
Injured	70.61±3.67	67.86±3.59†	64.91±3.96†	70.80±4.05	68.45±3.98†	67.40±3.54†	<0.001*	246.39	0.92	0.01*	5.86	0.21
Non-injured	66.50±4.44	66.43±3.55	66.04±4.50	66.49±3.79	66.44±3.91	66.07±3.16	0.51	0.60	0.03	0.59	0.44	0.02
-Posterolateral												
Injured	70.79±2.58	67.81±2.99†	65.58±2.92†	70.74±4.03	69.27±4.21†	67.61±4.23†	<0.001*	277.69	0.93	<0.001*	34.74	0.61
Non-injured	66.86±3.29	66.26±3.15	66.07±3.62	66.64±5.57	66.39±4.09	66.63±4.20	0.62	0.48	0.02	0.38	1.00	0.04
95% Confidence Ellipse Area (mm^2)												
-Anterior												
Injured	3100.18±296.19	2861.90±229.74†	2738.80±224.34†	3130.29±239.92	3024.36±227.11†	2871±263.41†	<0.001*	158.33	0.88	0.01*	6.00	0.21
Non-injured	2851.86±159.77	2850.49±220.89	2817.86±259.26	2892.72±342.22	2845.74±127.59	2827.29±232.78	0.79	0.23	0.01	0.62	0.49	0.02
-Posteromedial												
Injured	3106.95±209.50	2910.71±162.43†	2747.99±160.06†	3128.80±234.96	2970.41±174.14†	2857.51±179.61†	<0.001*	186.31	0.89	0.02*	5.31	0.19
Non-injured	2778.55±123.55	2786.27±125.95	2789.98±153.99	2773.33±127.39	2805.53±130.92	2795.61±170.71	0.78	0.12	0.00	0.61	0.32	0.01
-Posterolateral												
Injured	2767.12±181.98	2607.22±225.21†	2445.52±199.50†	2793.85±165.86	2685.39±179.35†	2599.63±183.42†	<0.001*	87.09	0.79	0.09	3.00	0.12
Non-injured	2488.49±137.37	2491.29±171.05	2496.53±253.05	2491.88±80.49	2496.04±102.86	2489.62±98.95	0.98	0.02	0.00	0.83	0.18	0.00

Table 13 Two-way ANOVA analysis for reaching distance and COP measures during YBT at 0, 4 and 6 weeks of intervention between groups

	BFR + R program			R program			Time			Group x Time		
	Pre	4 week (n=14)	6 week (n=12)	Pre	4 week (n=14)	6 week (n=12)	*P*-value	F	η^2	*P*-value	F	η^2
Path Length (mm)												
-Anterior												
Injured	875.66±101.46	750.66±84.10†	714.54±89.19†	892.92±110.03	797.89±88.82†	772.78±99.23†	<0.001*	108.17	0.83	0.10	2.84	0.11
Non-injured	744.46±99.48	753.98±86.51	744.98±116.63	751.85±80.65	752.09±52.91	741.41±80.29	0.92	0.08	0.00	0.78	0.08	0.00
-Posteromedial												
Injured	971.41±105.57	826.14±72.97†	776.67±60.50†	970.75±92.83	880.37±66.50†	812.24±75.08†	<0.001*	104.13	0.83	0.08	3.02	0.12
Non-injured	831.23±59.24	836.14±60.16	836.09±82.94	835.39±52.61	839.86±88.76	833.40±66.17	0.95	0.05	0.00	0.89	0.11	0.00
-Posterolateral												
Injured	958.47±75.41	850.39±65.52†	811.74±61.46†	951.94±105.90	881.23±59.84†	863.23±59.84†	<0.001*	95.46	0.81	0.07	3.10	0.12
Non-injured	854.04±69.04	853.01±59.62	851.34±77.80	852.84±65.81	853.43±66.60	851.46±65.72	0.84	0.17	0.00	0.95	0.05	0.00
Composite scores (cm)												
Injured	96.48±8.46	100.17±8.37†	103.41±8.96†	96.26±6.35	98.38±6.07†	100.35±5.49†	<0.001*	561.19	0.96	<0.001*	23.93	0.52
Non-injured	101.25±7.25	100.73±8.56	100.91±6.69	100.18±3.51	101.01±5.91	101.06±5.89	0.57	0.57	0.02	0.70	0.36	0.02

Values are presented as number (%) or mean ± standard deviation.
Abbreviations: BFR: Blood Flow Restriction; R: Rehabilitation; LL: Leg length; centimetres
† Significantly different between pre and post-intervention, *P*<0.05 ‡Significantly different from the R group, *P*<0.05, *Statistically significant for either main effect or interaction, *P*<.05

CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.6 Side Hop Test (SHT)

A two-way ANOVA analysis indicated there were significant time main effect (*P*<0.001, η^2 = 0.73) and group x time interaction (*P*<0.01, η^2 =0.25) for SHT (Table 14). Following a 4- and 6-week intervention, both BFR+R and R groups showed significant improvements in the mean values of SHT (*P*<0.001 and *P*=0.01) compared to baseline, with greater improvement (*P*=0.02) was observed in the BFR+R group versus the R group (Figure 54A). Nevertheless, no significant difference in SHT was observed in the non-injured side (Figure 54B).

A)

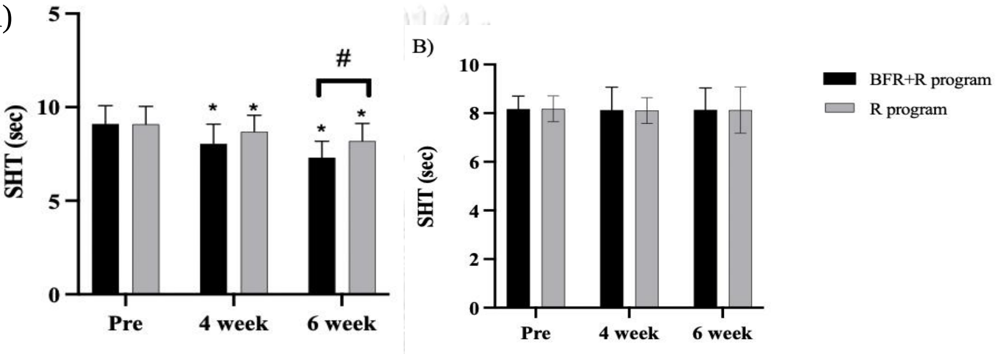


Figure 54 Mean and standard deviation of the SHT of injured and non-injured fibularis longus muscle (A and B)

*: Significantly different from pre-intervention, *P*<0.05

#: Significantly different from the R group, *P*<0.05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Table 14 Two-way ANOVA analysis for SHT timed performance at 0, 4 and 6 weeks of intervention between groups.

	Group			Time			Group x Time		
	F	P-value	η^2	F	P-value	η^2	F	P-value	η^2
SHT									
Injured	2.09	0.16	0.09	60.67	<0.001*	0.73	7.33	<0.01*	0.25
Noninjured	0.03	0.86	0.00	0.69	0.51	0.03	0.21	0.81	0.01

*Statistically significant for either main effect or interaction, *P*<.05

CHAPTER V
DISCUSSION AND CONCLUSION

This was the first study to examine the effectiveness of supervised rehabilitation program with or without BFR on muscle strength, CSA, EMG activity, along with dynamic balance and functional performance in athletes with CAI. We herein reported the additional benefit of BFR +R program on muscle strength, especially in eccentric isokinetic strength of ankle evertor as early as 4 weeks following intervention and concentric isokinetic strength of hip extensor and hip abductor after -4- and 6-week intervention-. These changes were concomitant with significant increases in EMG activity in all muscles examined, increased CSA of fibular longus, and improved SHT timed performance but did not further improved the performance of YBT and COP measures in all directions following 6-weeks intervention in athletes suffering CAI compared with the R alone. A detail of discussion for the present finding was as follow.

5.1 Effect of BFR+R on isokinetic muscle strength

Compared to baseline BFR+R group exhibited significant increases in concentric isokinetic strength of hip extensor, hip abductor, ankle dorsiflexor, ankle plantarflexor, ankle evertor, and ankle invertor following 4- and 6-weeks intervention and large effect size, whereas the R group only showed improvements in concentric isokinetic strength of hip extensor and hip abductor following 4-week intervention and improvements in concentric of hip extensor, hip abductor, ankle evertor, and ankle invertor following 6-weeks intervention. Additionally, the BFR+R group elicited greater improvements in eccentric isokinetic strength of hip extensor, ankle dorsiflexor, and ankle evertor after 4-week intervention and eccentric isokinetic strength of hip extensor, hip abductor, ankle dorsiflexor, ankle plantarflexor, ankle evertor, and ankle invertor following 6-week intervention compared to the R group.

These findings supported our hypothesis and were congruent with findings of others (Kawada & Ishii, 2005; Mattacola & Dwyer, 2002). In this study, we used rehabilitation program involving neuromuscular rehabilitation with closed chain exercises as previously described by Jaber et al. (2018). These program consisted of

concentric and eccentric contraction demand from gluteus maximus, gluteus medius, fibularis longus, gastrocnemius, and tibialis anterior, which were muscular co-contraction to help improve ankle joint stability (Jaber, Lohman, Alameri, et al., 2018). Moreover, squat was chosen as a closed chain exercise because it represents a common and multiple joints movement in which concentric of gluteus maximus and gastrocnemius muscles in lifting phase and eccentric of tibialis anterior in lowering phase including stabilize from gluteus medius and minimus muscles. In addition, activities lumbar multifidus, gluteus medius, and gluteus maximus were markedly increased on instable support during squat exercise training for 6 month (Choi et al., 2015). Similarly, Wang et al. (2021) also reported an improvement of concentric strength of ankle eversion following 6 weeks of dynamic balance training in patients with recurrent ankle sprain. Furthermore, in college students with functional instability, 6 weeks of balance training with double legged and single legged heel raises have been shown to increase proprioception and strength ankle joint (O'Driscoll et al., 2011).

Contrary to previous findings, however, our study showed that as early as 4 weeks of intervention could improve muscles strength in both groups, especially there was a trend toward greater gains in muscle strength in the BFR + R group compared to the R group. The precise mechanism underlying BFR-induced strength gain in those with CAI is currently unknown. Interestingly, however, two most recent studies (Burkhardt et al., 2021) have demonstrated greater muscle activations during acute resistance exercise or dynamic balance exercise with BFR in individuals with CAI compared with the control (Burkhardt et al., 2021; (Killinger et al., 2020), whereas Killinger et al. (2020) found that BFR produced greater gains in muscle strength in tibialis anterior and fibularis longus than the control in individuals with CAI. Nevertheless, in the current study we also found greater concentric isokinetic strength in all muscles studied after BFR training over a 4-week period, with the BFR+R group showed greater improvements in eccentric isokinetic strength of hip extensor, ankle dorsiflexor, and ankle evertor after 4-week intervention and the eccentric muscles strength were also improved after 6-week follow-up. In our study, closed chain exercises were performed by concentric and eccentric demand from gluteus maximus, gluteus medius, fibularis longus, gastrocnemius, and tibialis anterior, which

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

were muscular co-contraction to help improve joint stability (Jaber et al., 2018). Close chain exercise can improve lower limb muscle strength via stimulated mechanoreceptors in the joint and increased muscle fiber and the number of motor units increased during BFR training. This reduction in blood flow would create hypoxic intramuscular environment, which in turn enhances muscle activations via group III and IV muscle afferents (Brandner et al., 2015). Additionally, the cortical excitability at the primary control site of lower limb occlusion could have spilled over to the proximal control site, thereby enabling the recruitment of greater muscle mass. (Madarame et al., 2008; May et al., 2018; Patterson S. & Ferguson, 2010; Patterson & Ferguson, 2011).

In present study, BFR+R group significantly increased isokinetic concentric strength of ankle dorsiflexor and plantarflexor compared to R group. The trend towards greater gains in muscle strength in the BFR + R group is consistent with a previous report showing that BFR produced greater gains in muscle strength in tibialis anterior and fibularis longus than the control in individuals with CAI (Killinger et al., 2020). Both studies utilized similar exercise protocols (e.g., 30x15x15x15 reps) and arterial occlusion pressure (Killinger t al., 2020). Nonetheless, while a previous study used open-chain isometric contractions that specifically isolated and targeted each muscle of interest, a double legged and single legged heel raises was utilized in the present study. In addition, our study found that there was no significant difference in concentric and eccentric muscle strength in the non-injured side. By contrast, May et al. (2018) found improved arm strength in untrained from familiarity with 1-RM efforts, however, no significant difference between experiment untrained and control untrained. The previous study suggested that the remote strength transfer may not be possible without the addition of a local mechanical tension (Madarame et al., 2008).

5.2 Effect of BFR+R on CSA of muscle

Our finding demonstrated that BFR+R group produced a greater hypertrophy of fibularis longus compared with the R alone with large effect sizes following 4- and 6-week intervention. To further quantify whether the strength gain after BFR training is possibly due to hypertrophy, CSA of muscle was also determined. However, only

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

fibularis longus muscle was chosen for CSA measurement because it plays a critical role in ankle joint stability (Brockett & Chapman, 2016). Indeed, Lobo et al. (2016) reported that the fibularis longus CSA was reduced in individuals with lateral ankle sprain compared with those without lateral ankle sprain. This finding was in line with previous findings in patients with musculoskeletal (MSK) rehabilitation research (i.e. anterior cruciate ligament reconstruction, knee arthroscopy, lower limb injury) (Takarada et al., 2000; Ohta et al., 2003; Tennent et al., 2017; Ladlow et al., 2018). For example, Takarada et al. (2000) reported that the CSA of knee extensors was larger decreased in the control group than in the BFR training group during the postoperative disuse atrophy. Moreover, Ohta et al. (2003) found that BFR training (180 mmHg) with a range of lower limb exercise in patient with ACLR increased strength and CSA of vastus laterallis muscle. In a more recent study, Ladlow et al. (2018) also found that LL-BFR can result in significant hypertrophy adaptations in both healthy adults and lower-limb MSK injured patients. Collectively, these findings suggest a strong relationship between muscle hypertrophy and strength gain after BFR training. There are several possible explanations for BFR training–induced muscle hypertrophy. In one mechanism, the hypertrophic effects due to BFR training may be mediated by the metabolite accumulations such as muscle and blood lactate due to local hypoxia which in turn can stimulate metaboreceptors and group III and IV afferent fibers, resulting in increased sympathetic activity. (Schiaffino et al., 2013). Second potential mechanism may involve increases in protein levels of IGF-1 which may stimulate proliferation and fusion of satellite cells with existing muscle fibers (Toigo & Boutellier, 2006). The vascular occlusion can create hypoxia which cause the additional recruitment of motor units (Loenneke et al., 2012). The third mechanism includes a down-regulation of myostatin gene expression that occlusion training may induce muscle hypertrophy due to the repressed activity of myostatin due to either hypoxia conditions or metabolite accumulation (Loenneke et al., 2012).. However, since there was no significant difference in fibularis longus muscle CSA observed in the non-injured side between groups, therefore, the BFR training induced hypertrophy in the present study could be partly due to a direct local effect in the restricted limb (May et al., 2018).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 Effect of BFR+R on EMG activity during Y-balance

Our finding that the EMG amplitude of FL and TA muscles were considerably increased during the YBT in the BFR+R group than in the R group and large effect size supported our hypothesis, which was consistent with the findings of previous reports. For example, Killinger et al. (2020) examined the acute effect of BFR on muscle activation in patients with CAI and demonstrated greater TA and FL activation during BFR with isometric dorsiflexion and eversion exercises, respectively, compared with controls. By contrast, Burkhardt et al. (2021) found no beneficial effects of BFR training on FL and TA muscle activation during acute resistance exercise or dynamic balance exercise with BFR in individuals with CAI compared with balance exercise alone. These different results may be due to the differences in exercise protocol (isometric vs. dynamic exercise) and duration (acute vs. chronic effect) employed among studies. Although the mechanism underpinning this adaptive response is unclear, an increased recruitment of higher threshold motor units (primarily composed of fast twitch fibers) after BFR+R training has been suggested. In particular, previous studies have demonstrated that a reduction in oxygen availability and metabolic accumulation induced by BFR training and exercise can augment recruitment of fast twitch motor units possibly through the stimulation of group III and IV afferent to maintain force production, which increasing activation of higher threshold motor unit and fiber types (Loenneke et al., 2011).

In addition, we found that the BFR+R group elicited greater activation of GM and GD in all directions than the R group. This finding is in line with the report of other studies. Recent studies have shown that BFR training not only results in greater activation of distal muscles but also proximal muscles to the occlusion area (Bowman et al., 2019; Dankel et al., 2016). The precise mechanism underlying this occurrence is unknown. Theoretically, distal occlusion (proximal thigh) may cause muscle fatigue below the cuff and recruitment of synergistic proximal muscles above the occlusion area (gluteal muscles), which helps maintain pelvic stability and dynamic posture control (Madarame et al., 2008).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 Effect of BFR+R on dynamic balance

In the current study, YBT was measured as an indicator of dynamic balance before and after 4- and 6-week intervention. As expected, both groups showed significant increases in YBT, sway velocity, 95% Confidence Ellipse Area, and path length in all directions (anterior, posteromedial, and posterolateral) with medium and large effect sizes, however, no statistical different were detected between groups. In the present study, rehabilitation exercise was performed using both static stability (a single leg standing on the floor and balance on Bosu ball) and dynamic stability (a double/single leg standing with throwing and catching ball on Bosu, Y-balance reaching) (Cruz-Diaz, Lomas-Vega, Osuna-Pérez, Contreras, & Martínez-Amat, 2015; Yu, Lin, & Shih, 2017). This program has been shown to significantly improved SEBT in athletes with CAI (Cruz-Diaz et al., 2015). Furthermore, neuromuscular training has been shown to be effective in decreasing the rate of ankle sprain in sports activities postural sway and can improve postural control via the afferent and efferent information pathways (Huang, Chen, Lin, & Lee, 2014; Kidgell, Horvath, Jackson, & Seymour, 2007). It is believed that this program could activate afferent signals and sensory feedback from the ankle proprioceptors to the central nervous system to improve sensorimotor function and maintain orientation during activities. In addition, it can help in restoration of lack proprioceptive input from the mechanoreceptors in the ankle joint. In support of the above mention, several studies found that this proprioception/neuromuscular training can reduce injury rate (35-38%) and improve the balance capability in which subjects (Eils, Schroter, Schroder, Gerss, and Rosenbaum (2010) McGuine and Keene, 2006). By contrast, some studies found no difference in any of the directions evaluated after the intervention (Boraoa, Planasb, Beltranb, & Corbib, 2015). This discrepancy in results may be due to the different in the training protocol between studies. Indeed, this rehabilitation program used only a relatively shorter than 6 weeks compared with previous studies (Jaber et al., 2018; Cruz-Diaz et al., 2015; Boraoa, Planasb, Beltranb, & Corbib, 2015).

One possible explanation of improvements in dynamic balance seen in both BFR+R and R groups could be attributed to significant improvements in muscle strength and muscle activity during Y-balance of hip extensor and hip abductor

muscles, which are involved with positioning of the femur though the kinetic chain on the tibia and sub-sequent the ankle joint and play a crucial role for maintain postural stability during weight bearing activities. Additionally, a good motor control of hip joint might decrease the workload on the ankle muscles in order to maintain stability, which may in turn lead to decreased recurrent injury. Accordingly, the potential benefits of proximal muscles from this training strategy may facilitate return to sport-specific exercises which challenges the balance. (Riemann et al., 2003; Webster and Gribble, 2012).

Consistent to our finding, previous research has reported that dynamic balance exercise with BFR induced large to small increases muscle activation of the vastus lateralis and soleus muscles and increases in postural stability and exertion in individuals with CAI (Burkhardt et al., 2021). This discrepancy in results may be due to the differences in training protocols, testing modes, and subject's characteristics between studies. In the present study, the traditional ankle rehabilitation exercise, consisting of the closed chain dynamic balance exercise, squat, double/single leg heel raises, and double/single limb stance /throwing and catching on Bosu, were chosen because there are more clinically relevant rather than a specific rehabilitation exercise as previously described elsewhere. It is possible that, distal occlusion (proximal thigh) may result in a fatigue of muscle below the cuff and the recruitment of synergistic proximal muscles affect backflow into muscle above the area occlusion (gluteal muscles) (Madarame et al., 2008), which helps maintain pelvic stability and control femur movement for results positioning of the ankle and foot. Nevertheless, these findings warrant future research into the potential use of BFR for dynamic balance training.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.5 Effect of BFR+R on functional performance test

Given that individuals with CAI typically report ankle giving way during functional tasks, the SHT was evaluated as a measure of functional deficit related to CAI (Rosen et al., 2017). Our finding that only the BFR+R group showed a significant improvement in timed performance during the SHT of injury side supports our hypothesis, while no significant difference in the non-injured side. In addition, our results were supported by large effect sizes. This finding is consistent with that of a

previous study by Yoshida et al. (2018) who reported long performance time (worse) of the involved limb during the SHT and a delayed muscle activity of fibularis longus, tibialis anterior, and gastrocnemius muscles in patients with ankle sprain. The explanation for such improvement is unclear, but it may be related to greater strength gains in the BFR+R versus the R program. Correspondingly, Rosen et al. (2017) reported that the SHT required greater fibularis longus and tibialis anterior muscle activities as the weakness of these muscles have been associated with ankle sprains. In addition, the fibularis muscle activity at lateral hop contact phase and tibialis anterior muscle activity at lateral and medial hop contact phase were particularly lower in the injured ankle (Yoshida et al., 2018). Therefore, our finding that the EMG activities of gluteus maximus, gluteus medius, fibularis longus, and tibialis anterior were significantly higher during Y-balance test along with greater strength gain after BFR+R compared with R program could provide further stability to the ankle.

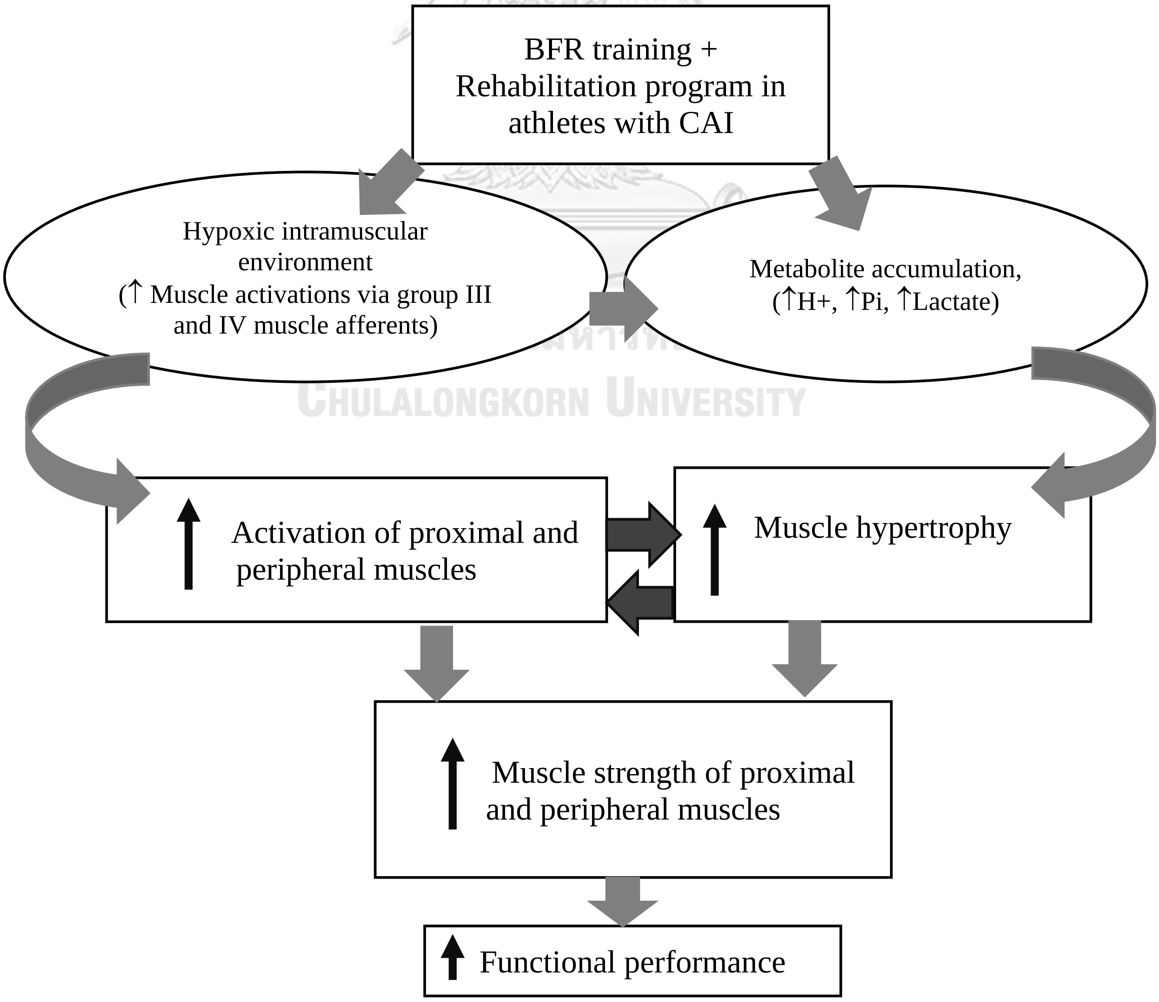


Figure 55 The diagram illustrating the potential benefits of BFR training with rehabilitation program on muscle strength, muscle hypertrophy, and functional performance

5.6 Limitation of study

There were several limitations in the present study. First, the present study did not include a BFR and a control group; thus, their synergistic effects were not investigated. Second, considering the varying sport disciplines used in this study, the result should be interpreted with caution and not be extrapolated to other athletic populations. Third, the precise mechanisms underlying this BFR+R induced a superior beneficial effect, are not fully elucidated; thus, further studies are required to address this issue. Fourth, in this study, we did not include a follow up design; therefore, the long-term benefits of the BFR+R program in athletes with CAI are unknown. Lastly, whether this improvement in outcome measures directly translates into to a lower risk of recurrent injury in athletes with CAI remains unclear.

5.7 Conclusion

Our results indicated that the inclusion of BFR+R training to traditional rehabilitation program over a 4-week period in athletes with CAI is more effective in eliciting greater strength gain, hypertrophy of ankle muscles, and increased muscle activation during Y-balance test compared with traditional rehabilitation alone. These changes were concomitant with improved functional performance but no alteration in dynamic postural control. This information may be used as an adjunctive therapeutic treatment in developing rehabilitation program for athletes with chronic ankle instability in clinical settings.

APPENDIX A

The Institutional Review Board: Certificate of Approval

AF 02-12

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

COA No. 017/2564

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 211.1/63 : ผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูที่มีต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และการทรงตัวในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง

ผู้วิจัยหลัก : นางสาวภูริชญา วีระศิริรัตน์

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (มคจค.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

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

ลงนาม..............................
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ระวีนันท์ มิ่งภัคนีย์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 27 มกราคม 2564

วันหมดอายุ : 26 มกราคม 2565

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) ***เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. หากยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนดต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 2 สัปดาห์พร้อมคำชี้แจง
8. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
9. โครงการวิจัยที่มีหลายระยะ จะรับรองโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะแรกเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้า พร้อมโครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระยะถัดไป
10. คณะกรรมการฯ สงวนสิทธิ์ในการตรวจเยี่ยมเพื่อติดตามการดำเนินการวิจัย
11. สำหรับโครงการวิจัยจากภายนอก ผู้บริหารส่วนงาน กำกับการดำเนินการวิจัย

AF 02-12

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University
Jamjuree 1 Building, 2nd Floor, Phyathai Rd., Patumwan district, Bangkok 10330, Thailand,
Tel: 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 017/2021

Certificate of Approval

Study Title No. 211.1/63 : EFFECTS OF BLOOD FLOW RESTRICTION TRAINING COMBINED WITH REHABILITATION PROGRAM ON NEUROMUSCULAR FUNCTION AND BALANCE IN ATHLETES WITH CHRONIC ANKLE INSTABILITY

Principal Investigator : MISS PHURICHAYA WERASIRIRAT

Place of Proposed Study/Institution: Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University, Thailand, has approved constituted in accordance with Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, Standards of Research Ethics Committee (SREC) 2017, and National Policy and guidelines for Human Research 2015.

Signature: Prida Tasanapradit
(Associate Prof. Prida Tasanapradit, M.D.)
Chairman

Signature: Raveenan Mingpakanee
(Assistant Prof. Raveenan Mingpakanee, Ph.D.)
Secretary

Date of Approval : 27 January 2021

Approval Expire date : 26 January 2022

The approval documents including;

1) Research proposal
2) Participant Information Sheet and Consent Form
3) Researcher
4) Questionnaires
5) Advertising leaflet

Protocol No. 211.1/63
Date of Approval 27 JAN 2021
Approval Expire Date 26 JAN 2022

The approved investigator must comply with the following conditions:

1. *It's unethical to collect data of research participants before the project has been approved by the committee.*
2. *The research/project activities must end on the approval expired date. To renew the approval, it can be applied one month prior to the expired date with submission of progress report.*
3. *Strictly conduct the research/project activities as written in the proposal.*
4. *Using only the documents that bearing the RECCU's seal of approval: research tools, information sheet, consent form, invitation letter for research participation (if applicable).*
5. *Report to the RECCU for any serious adverse events within 5 working days.*
6. *Report to the RECCU for any amendment of the research project prior to conduct the research activities.*
7. *Report to the RECCU for termination of the research project within 2 weeks with reasons.*
8. *Final report (AF 01-15) and abstract is required for a one year (or less) research/project and report within 30 days after the completion of the research/project.*
9. *Research project with several phases; approval will be approved phase by phase, progress report and relevant documents for the next phase must be submitted for review.*
10. *The committee reserves the right to site visit to follow up how the research project being conducted.*
11. *For external research proposal the dean or head of department oversees how the research being conducted.*

APPENDIX B
Thai Clinical Trials Registry

Thai Clinical Trials Registry
www.thaiclinicaltrials.org

TCTR ID : TCTR20211223005
OTHER ID :

Overall Recruitment Status : Completed **(No Results)**

Retrospective registration
This protocol was registered after enrollment of the first participant.

Tracking Information

First Submitted Date :	22 December 2021
First Posted Date :	23 December 2021
Last Update Posted Date :	23 December 2021

Title

Public Title :	The Effect of Supervised Rehabilitation Combined with Blood Flow Restriction Training in Athletes with Chronic Ankle Instability: A Randomized Placebo Controlled Trial
Acronym :	No Data
Scientific Title :	Effects of Blood Flow Restriction Training Combined with Rehabilitation Program on Neuromuscular Function and Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability
Sponsor ID/ IRB ID/ EC ID :	GCUGR1225641082D/IRB COA 017
Registration Site :	Thai Clinical Trials Registry
URL :	https://www.thaiclinicaltrials.org/show/TCTR20211223005
Secondary ID :	No Secondary ID

Ethics Review

1. Board Approval :	Submitted, approved
Approval Number :	COA NO. 017/2021
Date of Approval :	27 January 2021
Board Name :	The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group I, Chulalongkorn University, Thailand
Board Affiliation :	Chulalongkorn University, Thailand
Board Contact :	Business Phone : 022183202 Ext. No Data
	Business Email : eccu@chula.ac.th
	Business Address : The Research Ethics Review Committee for Research Involving Human Research Participants, Group 1 Chamchuri 1 Bld. 2th Fl., Phayathai Rd., Wangmai, Pathumwan Bangkok 10330

Sponsor

Source(s) of Monetary or Material Supports :	Graduate school of Chulalongkorn University research grant
Study Primary Sponsor :	National Research Council of Thailand (NRCT)
Responsible Party :	Name/Official Title : Chulalongkorn University
	Organization : Graduate School Chulalongkorn University
	Phone : 022183501 Ext. No Data
	Email : grad@chula.ac.th
Study Secondary Sponsor :	the Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University

Protocol Synopsis

Protocol Synopsis :	Blood flow restriction (BFR) training has been shown to be effective alternative strategy in improving muscle strength in patients with musculoskeletal disorders. The present study evaluated the effectiveness of supervised rehabilitation program with and without BFR on muscle strength, cross-sectional area (CSA), dynamic balance, and functional performance in athletes suffering CAI.

URL not available

Health Conditions

Health Condition(s) or Problem(s) Studied :	its functional benefits of conventional rehabilitation (R) combined with BFR in athletes with chronic ankle instability (CAI) remain unknown
Keywords :	Chronic Ankle Instability, Occlusion, Hypertrophy, Y-balance, Side Hop Test

Eligibility

Inclusion Criteria : they had a history of unilateral lateral ankle sprain occurred at least 12 months prior to study enrolment, a history self- reported of giving way and/or feelings of ankle instability of the involved ankle during activities of daily living and/or sporting activities for at least 6 months, and a score less than or equal 24/30 on the Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)

Gender : Both

Age Limit : Minimum : 18 Years Maximum : 23 Years

Exclusion Criteria : a history of bilateral ankle instability and exhibit pathological joint laxity (a positive result on the talar tilt test or anterior drawer test), a history of ankle fracture, surgery of hip, knee, and ankle, and a history of the musculoskeletal disorders.

Accept Healthy Volunteers : Yes

Status

Overall Recruitment Status : Completed

Key Trial Dates	Study Start Date (First enrollment) : 01 March 2021	Indicate Type : Actual
	Completion Date (Last subject, Last visit) : 30 June 2021	Indicate Type : Actual
	Study Completion Date : 30 July 2021	Indicate Type : Actual

Design

Study Type : Interventional

Primary Purpose : Treatment

Study Phase : Phase 1

Intervention Model : Parallel

Number of Arms : 2

Masking : Masked Masked Role : Allocation concealment, Subject,

Allocation : Randomized

Control : Active

Study Endpoint Classification : Efficacy Study

Sample size

Planned sample size : 28

Actual sample size at study completion : 28

Intervantion Arm 1

Intervention name : conventional rehabilitation (R) combined with BFR

Intervention Type : Experimental

Intervention Classification : Procedure/Surgery

Intervention Description : the BFR+R group was applied with a cuff around the proximal thigh at 80% of arterial occlusion pressure in addition to conventional rehabilitation program

Intervantion Arm 2

Intervention name : Rehabilitation intervention

Intervention Type : Active Comparator

Intervention Classification : Procedure/Surgery

Intervention Description : For the R group, participants wore the BFR cuff similar to the experimental group except there was no inflation.

Outcome

Primary Outcome

1. Outcome Name : The isokinetic dynamometer

Metric / Method of measurement : The isokinetic dynamometer was used to determine the APT of hip extensor, abductor, ankle dorsiflexor plantarflexor, and ankle evertor invertor muscles

Time point : baseline and at 4 week and 6 weeks after end of the intervention

Secondary Outcome

1. Outcome Name : The cross-sectional area (CSA)

Metric / Method of measurement : The cross-sectional area (CSA) of fibularis longus muscle was measured using B-mode a diagnostic ultrasound system

This document was created on 06 May 2022 at 12:15 (GMT+7).

Time point :	baseline and at 4 week and 6 weeks after end of the intervention
2. Outcome Name :	dynamic balance
Metric / Method of measurement :	The Y balance test (YBT) was employed for determining a dynamic balance
Time point :	baseline and at 4 week and 6 weeks after end of the intervention

Location

Section A : Central Contact

Central Contact	First Name : Phurichaya	Middle Name :	Last Name : Werasirirat
	Degree :	Phone : 0887396279 Ext. : No Data	Email : phurich16@gmail.com
Central Contact Backup	First Name : Tossaporn	Middle Name :	Lastname : Yimlamai
	Degree :	Phone : 66649243634 Ext. : No Data	Email : Tossaporn.Y@chula.ac.th

Section B Facility Information and Contact

1.	Site Name : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University,		
	City : Pathumwan	State/Province : Bangkok	Postal Code : 10330
	Country : Thailand	Recruitment Status : Completed	
Facility Contact	First Name : Phurichaya	Middle Name :	Last Name : Werasirirat
	Degree :	Phone : 0887396279 Ext. : No Data	Email : phurich16@gmail.com
Facility Contact Backup	First Name : Tossaporn	Middle Name :	Last Name : Yimlamai
	Degree :	Phone : 66649243634 Ext. : No Data	Email : Tossaporn.Y@chula.ac.th
Investigator Name	First Name : Phurichaya	Middle Name :	Last Name : Werasirirat
	Degree :	Role : Principal Investigator	

Section C : Contact for Public Queries (Responsible Person)

First Name : Phurichaya	Middle Name :	Last Name : Werasirirat
Degree : No Data	Phone : 0887396279 Ext. : No Data	Email : phurich16@gmail.com
Postal Address : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University		
State/Province : Bangkok	Postal Code : 10330	
Country : Thailand	Official Role : Study Principal Investigator	
Organization Affiliation : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University		

Section D : Contact for Scientific Queries (Responsible Person)

First Name : Phurichaya	Middle Name :	Last Name : Werasirirat
Degree : No Data	Phone : 0887396279 Ext. : No Data	Email : phurich16@gmail.com
Postal Address : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University		
State/Province : Bangkok	Postal Code : 10330	
Country : Thailand	Official Role : Study Principal Investigator	
Organization Affiliation : Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University		

Summary Results

Date of posting of results summaries :	Summary results not yet available
Date of first journal publication of results :	Not yet published

Deidentified Individual Participant-level Data Sharing

Plan to share IPD :	Yes
Plan description :	IPD and documents will be available for sharing 1 months after publication for a period of 1 years. Access to the IPD and documents will be open on the IPDShare website with registration. The information will be freely available and can be used for any purpose. There will not be any review process or no Data Use Agreement will be necessary.

Publication from this study

MEDLINE Identifier :	No Data
URL link to full text publication :	No Data

 This document was created on 06 May 2022 at 12:15 (GMT+7).

APPENDIX C

Information Sheet for Research Participant

AF 03-06

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย/ผู้อยู่ในปกครองและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูที่มีต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และการทรงตัวในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง

ชื่อผู้วิจัย นางสาวภูริชญา วีระศิริรัตน์ ตำแหน่ง นิสิตระดับดุษฎีบัณฑิต

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย แขนงวิชาการเสริมสร้างสมรรถนะทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ที่ทำงาน) คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ถนนลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

(ที่บ้าน) 44/108 the pulse condo ถนนบางแสนสาย 3 ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

โทรศัพท์ที่บ้าน -

โทรศัพท์มือถือ 088-7396279 **E-mail** : phurich16@gmail.com

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมการวิจัย ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย โปรดทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับอะไรและทำเพราะเหตุใด กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างรอบคอบ หากมีข้อความใดที่อ่านแล้วไม่เข้าใจหรือไม่ชัดเจน โปรดสอบถามเพิ่มเติมกับผู้วิจัยได้ตลอดเวลา ผู้วิจัยจะอธิบายจนกว่าจะเข้าใจอย่างชัดเจน

1. งานวิจัยนี้เป็นเชิงทดลอง เพื่อศึกษาผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู และโปรแกรมการฟื้นฟูอย่างเดียวที่มีต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ การทำงานของกล้ามเนื้อขณะทรงตัว การทรงตัว และความสามารถในการทำงานของข้อเท้าในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง โดยเป็นการประยุกต์โปรแกรมการรักษาเพื่อนำมาใช้ในการฟื้นฟูนักกีฬาเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและการทำงานของกล้ามเนื้อสะโพก และกล้ามเนื้อข้อเท้า รวมถึงเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อข้อเท้า การทรงตัวและเพิ่มความสามารถในการทำงานของข้อเท้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อจะช่วยลดการบาดเจ็บจากภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงขณะเล่นกีฬาหรือการใช้ชีวิตประจำวันได้
2. *ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และทำการตอบแบบสอบถามเพื่อคัดกรองเบื้องต้น* จากนั้นจะได้รับการตรวจประเมินร่างกายเพื่อคัดกรองจากผู้วิจัยซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัดที่มีใบประกอบวิชาชีพ เลขที่ ก.4516 หากมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเข้า-ออก และตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย จะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยโดยอิสระ ซึ่งการเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้ จะไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ
3. รายละเอียดของผู้เข้าร่วมการวิจัยและคุณสมบัติ
   - *ผู้เข้าร่วมการวิจัย คือนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง อายุระหว่าง 18-23 ปี* จำนวน 28 คน เพศชายและเพศหญิง
   - โดยมีเกณฑ์การคัดเข้าและเกณฑ์การคัดออก ดังนี้

   <u>เกณฑ์การคัดเข้าผู้เข้าร่วมการวิจัย</u>

   - *เป็นนักกีฬารักบี้ ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล แฮนด์บอล หรือบาสเกตบอล มีประสบการณ์ในการเข้าร่วมทีมกีฬาระดับมหาวิทยาลัยบูรพาอย่างน้อย 1 ปี*
   - *อายุระหว่าง 18-23 ปี*
   - *เข้ารับการฝึกซ้อมโปรแกรมจากโค้ชอย่างน้อย 3 วัน/สัปดาห์*
   - เคยมีประวัติข้อเท้าแพลงที่ตำแหน่งเอ็นทางด้านนอกมา 1 ข้าง อย่างน้อย 1 ปีก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
   - เคยมีอาการรู้สึกข้อเท้าหลวมและ/หรือไม่มั่นคงขณะทำกิจวัตรประจำวันและ/หรือขณะเล่นกีฬา อย่างน้อย 6 เดือน

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63

วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564

วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

- ผลการทำแบบสอบถามเพื่อประเมินภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ได้คะแนนน้อยกว่าหรือเท่า 24 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30

<u>เกณฑ์การคัดออกผู้เข้าร่วมการวิจัย</u>

- มีอาการข้อเท้าไม่มั่นคงสองข้าง และข้อต่อหลวม โดยจากการตรวจสอบพิเศษของข้อเท้าให้ผลบวก
- เคยมีประวัติข้อเท้าหักมาก่อน
- เคยมีประวัติการได้รับการผ่าตัดบริเวณสะโพก เข่า หรือข้อเท้า
- เคยมีประวัติของโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ได้แก่ โรครูมาตอยด์ ข้อเสื่อม หรือหัวกระดูกสะโพกขาดเลือด
- หลังจากเกิดข้อเท้าแพลงขึ้นทันที ไม่สามารถลงน้ำหนักที่ข้อเท้าข้างที่แพลงได้เลย
- *ได้รับโปรแกรมการฝึกน้อยกว่า 90% หรือขาดฝึกมากกว่า 2 ครั้ง จาก 18 ครั้งของโปรแกรมการฝึกทั้งหมด*

● วิธีการได้มาและการเข้าถึงผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการเชิญชวนผู้เข้าร่วมวิจัยด้วยตนเอง โดยทำการติดต่อประสานงานกับหัวหน้าผู้ฝึกสอนและต้นสังกัดของนักกีฬามหาวิทยาลัย และทำการประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยผ่านทางเฟสบุค และติดบอร์ดประชาสัมพันธ์ที่สโมสรกีฬาคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

● ผู้วิจัยจะแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมการวิจัยในลักษณะการจับคู่ โดยใช้เกณฑ์การจับคู่ คือ เพศและชนิดกีหา จากนั้นแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 14 คน ได้แก่ กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ฝึกโดยใช้อุปกรณ์การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิต ร่วมกับ *เครื่องวัดความดันโลหิต* ร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู และกลุ่มโปรแกรมการฟื้นฟู

4. **การคัดกรองผู้มีส่วนร่วมฯ ตามเกณฑ์การคัดเข้า-คัดออก**

สำหรับการคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมการวิจัยซึ่งจะต้องผ่านการคัดกรองและมีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเข้า-ออก จึงจะสามารถเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ได้ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที ที่ห้องปฏิบัติการ 201 อาคารวิทยาศาสตร์การแพทย์ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา โดยขณะทำการคัดกรองจะไม่มีอันตรายใดๆ และไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ในการเข้ารับการคัดกรองในครั้งนี้ โดยการคัดกรอง ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

4.1 การตอบแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลด้านสุขภาพ และแบบสอบถามเพื่อประเมินภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง

4.2 *การตรวจร่างกายโดยการตรวจพิเศษเพื่อคัดกรองภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง โดยใช้การทดสอบ เพื่อตรวจความตึงตัวของเอ็นทางด้านนอกของข้อเท้า โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งห้อยขาข้างเตียง ผู้วิจัยจัดข้อเท้าให้เหยียดปลายเท้าลง 20 องศา จากนั้นจับบริเวณส้นเท้าให้แรงเคลื่อนเท้ามาด้านหน้าต่อกระดูกหน้าแข้ง มืออีกข้างหนึ่งจับประคองบริเวณเหนือข้อเท้า และการทดสอบ เพื่อตรวจความตึงตัวของเอ็นข้อเท้าทั้งทางด้านในและด้านนอก โดยให้ผู้วิจัยนั่งห้อยขาข้างเตียง ผู้วิจัยจัดข้อเท้าให้อยู่ท่ากระดกปลายเท้าขึ้น จากนั้นจับบริเวณส้นเท้าให้แรงบิดข้อเท้ามาทางด้านใน มืออีกข้างหนึ่งคลำบริเวณระหว่างเอ็น ให้ผลบวก หากมีเคลื่อนที่มากกว่าเมื่อเทียบกับข้างปกติ แสดงว่ามีการฉีกขาดของเอ็น*

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง จะได้รับทราบผลการตรวจประเมินภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง โดยผู้วิจัยจะให้คำปรึกษาและแนะนำวิธีการรักษาที่ถูกต้องและเหมาะสม พร้อมทั้งมอบของที่ระลึกซึ่งเป็นหน้ากากแบบผ้า

5. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

5.1 ผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย ตลอดจนประโยชน์ที่จะได้รับและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในการเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับทราบ ซึ่งจะไม่มีผลต่อการตัดสินใจ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยที่จะสมัครเข้าร่วมโครงการลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย และเซ็นชื่อตอบรับการเข้าร่วมการวิจัย

5.2 ผู้วิจัยจะนัดหมาย และแจ้งรายละเอียดแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยโดยการติดต่อทางโทรศัพท์ โดยสถานที่เก็บข้อมูลที่คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สิ่งที่ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเตรียมมา คือชุดลำลองที่ใส่สบาย (เสื้อยืด กางเกงขาสั้น รองเท้าผ้าใบ) เพื่อใช้ใส่ช่วงก่อนและหลังทดสอบการฝึกและเข้ารับการฝึกโปรแกรมการฟื้นฟู

5.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะเข้ารับการทดสอบก่อนเข้ารับโปรแกรมการฝึกจากผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย 1 คน คือ นิสิตระดับปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา มหาวิทยาลัยบูรพา ดังต่อไปนี้ (รายละเอียดการทดสอบ ภาคผนวก B)

5.3.1. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (รูปที่ 1) ใช้เวลาทั้งหมด 2 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ทดสอบที่ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8

5.3.1.1 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านในของข้อเท้าทั้งสองข้าง

5.3.1.1.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านั่งกึ่งนอนหงาย และคาดด้วยสายไขว้บริเวณลำตัว ร่วมกับมือไขว้กันบริเวณหน้าอก งอเข่าขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 30-45 องศา และสายรัดที่เหนือข้อเข่า ข้อเท้าวางบนแผ่นรองเท้า โดยข้อต่อบริเวณส่วนปลายข้อเท้าอยู่ในท่าปกติและข้อต่อที่เชื่อมระหว่างส่วนปลายกระดูกปลายขากับส่วนต้นของกระดูกทาลัสงอ 20 องศา สายรัดที่ปลายเท้าและกึ่งกลางเท้า จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ด้านหลังข้อเท้ากึ่งกลางระหว่างตาตุ่มด้านนอกและด้านใน และคาดสายเหนือเข่าขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังที่วางบนเตียงทดสอบ

5.3.1.1.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยให้บิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที

5.3.1.1.3 บิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที และพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการวัดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

5.3.1.2 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลงของข้อเท้าทั้งสองข้าง

5.3.1.2.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านั่งกึ่งนอนหงาย และคาดด้วยสายไขว้บริเวณลำตัว ร่วมกับมือไขว้กันบริเวณหน้าอก งอเข่าขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 20-30 องศา และสายรัดที่เหนือข้อเข่า ข้อเท้าวางบนแผ่นรองเท้า โดยข้อต่อบริเวณส่วนปลายข้อเท้าอยู่ในท่าปกติและข้อต่อที่เชื่อมระหว่างส่วนปลายกระดูกปลายขากับส่วนต้นของกระดูกทาลัสงอ 20 องศา สายรัดที่ปลายเท้าและกึ่งกลางเท้า จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ตาตุ่มด้านนอก และคาดสายเหนือเข่าขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังที่วางบนเตียงทดสอบ

5.3.1.2.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยให้กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกันที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที

5.3.1.2.3 กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที และพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการวัดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง

5.3.1.3 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกทั้งสองข้าง

5.3.1.3.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนหันหน้าเข้าหาเตียงทดสอบและงอลำตัว 90 องศา แขนวางรอบเตียง และสายรัดที่ลำตัว เข่างอ 90 องศา จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ปุ่มกระดูกด้านนอกต้นขา และแขนโมเมนต์ให้แรงต้านที่ด้านหลังต้นขาเหนือเข่าของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง และขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังวางบนพื้น

5.3.1.3.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยเหยียดข้อสะโพกไปด้านหลัง จากงอสะโพก 90 องศาไป 60 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที

5.3.1.3.3 เหยียดข้อสะโพกไปด้านหลัง จากงอสะโพก 90 องศาไป 60 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที และพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการวัดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง

5.3.1.4 การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพกของทั้งสองข้าง

5.3.1.4.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านอนตะแคง ขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังอยู่ด้านบน และขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังอยู่ด้านล่างร่วมกับสายรัดที่เข่าและลำตัว จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ปุ่มกระดูกด้านบนของเชิงกราน และแขนโมเมนต์ให้แรงต้านที่ด้านหลังต้นขาเหนือเข่าของปุ่มกระดูกต้นขาปลายล่างด้านนอกของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง

5.3.1.4.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยกางข้อสะโพก 20 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที

5.3.1.4.3 กางข้อสะโพก 20 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที และพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการวัดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง

A

B

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

C D

รูปที่ 1 แสดงการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ A) กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นเข้าด้านในของข้อเท้าทั้งสองข้าง B) กล้ามเนื้อบิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านในของข้อเท้า C) กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก D) กล้ามเนื้อกางสะโพก

5.3.2 การวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอกทั้งสองข้าง โดยใช้เครื่อง ultrasound imaging (รูปที่ 2) เป็นเวลา 20 นาที เก็บข้อมูลที่ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 *โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านอนหงาย งอเข่าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 20-45 องศา และเหยียดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง ผู้วิจัยทำความสะอาดผิวหนังโดยเช็ดด้วยแอลกอฮอล์และทำสัญลักษณ์ที่กึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูกน่องและตาตุ่มด้านนอก จากนั้นเทเจลบนตำแหน่งที่ทำสัญลักษณ์ดังกล่าว และนำหัวของเครื่องอัลตร้าซาวด์วางทับบนเจลเพื่อทำการหาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการวัดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง*

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

รูปที่ 2 แสดงการวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอก

5.3.3 การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลงทั้งสองข้างโดยใช้เครื่องบันทึกสัญญาณไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (รูปที่ 3) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง *ผู้ติดขั้วรับสัญญาณเป็นเพศเดียวกับผู้เข้าร่วมวิจัย* ทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 *โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่ายืน กำหนดตำแหน่ง และเช็ดทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่วางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดพื้นผิวด้วยสำลีชุบแอลกอออล์ จากนั้นทำการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวซึ่งมีส่วนประกอบของโลหะซิลเวอร์ และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ซึ่งมีลักษณะวงกลม จำนวน 2 อัน วางขนานกับกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง โดยจุดศูนย์กลางของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าห่างกัน 4 เซนติเมตร ทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยจัดท่าในการทดสอบของกล้ามเนื้อแต่ละมัด ดังนี้*

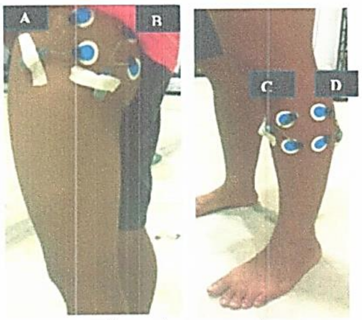
5.3.3.1 กล้ามเนื้อกางสะโพก อยู่ในท่านอนตะแคง ขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างทดสอบ) อยู่ด้านบนและเหยียดตรง และขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง(ข้างที่ไม่ได้ทดสอบ) อยู่ในท่างอ 30 องศา ผู้วิจัยให้แรงต้านที่ส่วนปลายของต้นขาด้านบน ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที

5.3.3.2 กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก อยู่ในท่านอนคว่ำ งอเข่าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างทดสอบ) 90 องศาและขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างที่ไม่ได้ทดสอบ) เหยียดตรง

ผู้วิจัยให้แรงต้านที่ส่วนปลายของต้นขาด้านบนข้างที่ทดสอบ ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที

5.3.3.3 กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น นั่งห้อยขาข้างเตียง เข่างอ 90 องศา ผู้วิจัยให้แรงต้านที่ด้านหลังเยื้องด้านในของข้อเท้าของขาข้างที่ไม่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที

5.3.3.4 กล้ามเนื้อกระดกเหยียดปลายเท้าลง นั่งห้อยขาข้างเตียง เข่างอ 90 องศา ข้อเท้าอยู่ในท่าปกติ ผู้วิจัยให้แรงต้านที่ด้านหลังเยื้องด้านนอกของข้อเท้าของขาข้างที่ไม่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที พัก 5 นาที ก่อนเริ่มทำการทดสอบการทรงตัวต่อไป



รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวเพื่อทดสอบคลื่นไฟฟ้าของ A)กล้ามเนื้อกางสะโพก B)กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก C)กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น D)กล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง

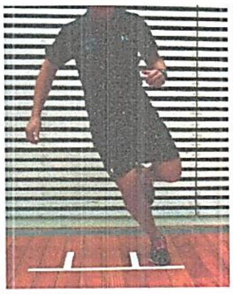
5.3.4 การทดสอบการทรงตัวของขาทั้งสองข้างบนแผ่นตรวจวัดแรงในทิศทางทางด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ขณะคงการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัด (กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อกางสะโพก กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น และกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง) (รูปที่ 4) เป็นเวลา 30 นาที ทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 *ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนเท้าเปล่าโดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง ให้ส่วนปลายสุดของเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกันเป็นรูปตัววาย และมือเท้าสะเอว จากนั้นยื่นนิ้วหัวแม่เท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังไปให้ไกลที่สุดในทิศทางด้านหน้าและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น จากนั้นยื่นไปทิศด้านใกล้กลางด้านหลังและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น ทิศด้านข้างด้านหลังและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น บนแผ่นตรวจวัดแรงขนาด 90x90 เซนติเมตร โดยคงการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดไว้ ขณะทดสอบเท้าต้องไม่สัมผัสพื้นหรือสูญเสียการทรงตัว ระหว่างเซต พัก 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต จากนั้นวัดความยาวของรยางค์ล่างของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังในท่านอนหงาย ใช้สายวัดวัดจากปุ่มกระดูกด้านบนของเชิงกรานไปยังส่วนปลายของตาตุ่มด้านในเมื่อเสร็จสิ้นการทดสอบขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคง พัก 5 นาที จากนั้นให้สลับข้างโดยทำการทดสอบแบบเดียวกัน ในขั้นตอนการทดสอบนี้ให้ระวังการเสียการทรงตัว ผู้วิจัยจะนำเบาะนิ่มมาวางโดยรอบบริเวณที่ทำการทดสอบเพื่อลดการบาดเจ็บ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่เข็มขัดที่มีที่จับด้านหลังเพื่อให้ผู้วิจัยคอยช่วยเหลือขณะที่ไม่สามารถทรงตัวได้*

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

รูปที่ 4 การทดสอบการทรงตัว

5.3.5 การทดสอบความสามารถในการทำงานของข้อเท้าทั้งสองข้าง โดยใช้ side hop test (รูปที่ 5) เป็นเวลา 20 นาที ทดสอบที่ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 *โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง จากนั้นกระโดดขาเดียวข้ามเส้นที่กว้างระยะห่าง 30 เซนติเมตร กระโดดกลับไปกลับมายังตำแหน่งเดิมจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ จำนวน 10 รอบนับเป็น 1 ครั้ง ทำทั้งหมด 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 5 นาที และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการทดสอบขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังโดยใช้การทดสอบแบบเดียวกัน ในขั้นตอนการทดสอบนี้ให้ระวังการเสียการทรงตัว ผู้วิจัยจะนำเบาะนิ่มมาวางโดยรอบบริเวณที่ทำการทดสอบเพื่อลดการบาดเจ็บ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่เข็มขัดที่มีที่จับด้านหลังเพื่อให้ผู้วิจัยคอยช่วยเหลือขณะที่ไม่สามารถทรงตัวได้*

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565



รูปที่ 5 การทดสอบความสามารถในการทำงานของข้อเท้า

5.4 ผู้วิจัยจะแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ลักษณะการจับคู่ (matched pair) โดยใช้เกณฑ์การจับคู่คือ เพศ และชนิดกีฬา จากนั้นแบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 14 คน ได้แก่ *กลุ่มที่ทำการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู โดยใช้อุปกรณ์การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิต ร่วมกับ เครื่องวัดความดันโลหิต พันบริเวณต้นขา และใส่แรงดันที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ตลอดการฝึก*3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.* ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน *(ตารางกิจกรรมที่ 1) และกลุ่มที่ฝึกโปรแกรมการฟื้นฟู โดยนำอุปกรณ์การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิต พันรอบบริเวณต้นขา แต่ไม่ได้ใส่แรงดัน* ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.* ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน *(ตารางกิจกรรมที่ 2)* ณ อาคารวิทยาศาสตร์การแพทย์ ชั้น 2 คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ระหว่างการเข้าร่วม

โปรแกรมการฝึก *อาสาสมัครจะถูกขอร้องให้งดการใส่ที่พยุงข้อเท้าและโปรแกรมฝึกเฉพาะพิเศษที่นอกเหนือจากโปรแกรมการฝึกซ้อมทั่วไปที่ได้รับจากโค้ช*

ตารางกิจกรรมที่ 1 กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.* ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน	ค่าตอบเทน
1	<u>ขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Blood flow restriction pressure) ของผู้เข้าร่วมงานวิจัย</u> 1. เริ่มต้น ให้พักในท่านอนหงาย เป็นเวลา 5 นาที ก่อนเริ่มทำการคำนวณค่าความดันโลหิต จากนั้น นำปลอกขา ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร และยาว 75 เซนติเมตร รัดบริเวณต้นขา และใช้หัวของเครื่องอัลตร้าซาวด์แบบพกพา วางที่ตำแหน่งหลอดเลือดแดง (posterior tibial artery) (รูปที่ 1) รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของcuff รัดบริเวณต้นขา และการประเมินสัญญาณชีพจรที่ตำแหน่ง posterior tibial artery 2. ปิดวาวล์ปล่อยอากาศ บีบลูกยางอัดอากาศให้ปลอกขาพองขึ้น โดยเพิ่มความดันโลหิตไปเรื่อยๆ จนสัญญาณชีพจรหายไป จากนั้นเปิดวาวล์ปล่อยอากาศที่กระเปาะรอให้ชีพจรกลับมา และนำปลอกขาออก บันทึกค่าที่ได้ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบบางส่วน โดยกำหนดที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ และนำค่าที่ได้มาใช้ร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูต่อไป (รูปที่ 2) รูปที่ 2 แสดงการวัดค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต <u>ขั้นตอนของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู</u> 1. ทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมการฟื้นฟูและอุปกรณ์การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตด้วยการปิดวาวล์ปล่อยอากาศและบีบลูกยางอัดอากาศ จากนั้นจะได้รับอบอุ่นร่างกายโดยการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร ทำข้างละ 8 ครั้ง ทำทั้งสองข้างเป็นเวลา 30 วินาที พัก 20 วินาที เวลาทั้งหมด 5 นาที ดังนี้ 1.1 กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ในท่างอเข่างอสะโพกและยกขึ้นเข้าหาหน้าอก (รูปที่ 3) รูปที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน	

1.2 กล้ามเนื้องอสะโพก ยืนและก้าวขาข้างที่ไม่ได้ยืดไปข้างหน้า วางเท้าราบกับพื้น และวางมือบนหน้าขาพร้อมกับโน้มตัวมาข้างหน้า เหยียดสะโพกและเข่าของขาข้างที่ต้องการยืดไปด้านหลังร่วมกับเอียงตัวไปด้านข้างที่ไม่ได้ยืดพร้อมกับยกแขนขึ้น (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้องอสะโพก

1.3 กล้ามเนื้อหุบสะโพก ยืนงอเข่าข้างที่ไม่ได้ยืดและกางขาข้างที่ยืดไปด้านข้าง (รูปที่ 5)

รูปที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหุบสะโพก

1.4 กล้ามเนื้อกางสะโพก ยืนงอเข่าข้างที่ไม่ได้ยืดและไขว้ขาข้างที่ต้องการยืดไปด้านหลัง (รูปที่ 6)

รูปที่ 6 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อกางสะโพก

1.5 กล้ามเนื้อเหยียดเข่า งอเข่าโดยให้ส้นเท้าชิดกับสะโพก (รูปที่ 7)

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

รูปที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า

1.6 กล้ามเนื้องอเข่า งอสะโพกร่วมกับเหยียดเข่าไปด้านหน้า (รูปที่ 8)

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน

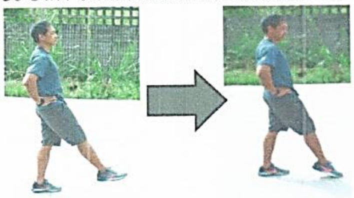
ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน

รูปที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้องอเข่า

1.7 กล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง ยกเท้าขึ้นมาจากพื้น เหยียดเข่าและกระดกปลายเท้าขึ้น (รูปที่ 9)

รูปที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง

1.8 กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น ยืนขาข้างหนึ่ง เหยียดเข่าและงอสะโพกข้างที่ยืดไปด้านหน้า 30 องศา จากนั้นงอข้อเท้าลง ให้ปลายเท้าแตะพื้น) (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น

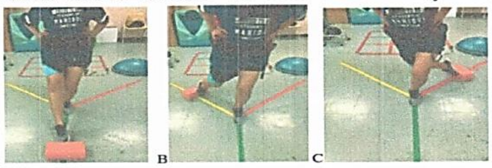
2. ทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมการฝึกโดยการปิดวาวล์ปล่อยอากาศและบีบลูกยางอัดอากาศที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ จากนั้นให้ฝึกร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ประกอบด้วยท่า ดังต่อไปนี้

2.1 ท่าที่ 1 Double leg heel raises ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ จับขอบโต๊ะหรือพนักพิงเก้าอี้เพื่อเพิ่มความมั่นคง จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าทั้งสองข้างเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 11)

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

รูปที่ 11 Double leg heel raises

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน	

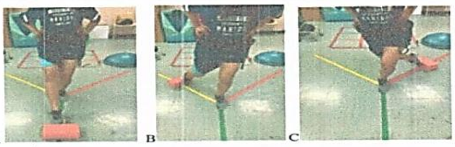
	2.2 ท่าที่ 2 Double leg squats ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 12) รูปที่ 12 Double leg squats 2.3 ท่าที่ 3 Double limb stance on bosu เอามือเท้าสะเอว ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน ลงน้ำหนักที่ขาสองข้างให้เท่ากัน เป็นเวลา 10 วินาที 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 13) รูปที่ 13 Double limb stance on bosu 2.4 ท่าที่ 4 Y-balance ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 1 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 14)  A B C รูปที่ 14 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	
2	รูปแบบการฝึกของท่าที่ 2 และ 4 ฝึกเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 1 แต่เพิ่มความก้าวหน้าของท่าที่ 1 และท่าที่ 3 ดังนี้ 1.1 ท่าที่ 1 Single leg heel raises ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา จับขอบโต๊ะหรือพนักพิงเก้าอี้เพื่อเพิ่มความมั่นคง จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลงจนสุดการเคลื่อนไหว ขณะทำให้เข่าข้างที่มี	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

...ที่โครงการวิจัย 211.1/63
...ที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
...หมดอายุ 26 ม.ค. 2565

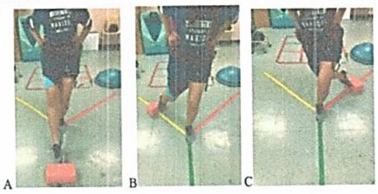
สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน	
	พยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วย เซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 15)	

	 รูปที่ 15 Single leg heel raises 1.2 ท่าที่ 3 Single limb stance on bosu มือเท้าสะเอว ยืนทรงตัวบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน เป็นเวลา 10 วินาที 5 ครั้งต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 16) รูปที่ 16 Single limb stance on bosu	
3	เพิ่มความก้าวหน้าของรูปแบบการฝึกของท่าที่ 1-4 ดังนี้ 1.1 ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (20%1RM) ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลงจนสุดการเคลื่อนไหว ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 17) รูปที่ 17 Single leg heel raises with weight (20%1RM) 1.2 ท่าที่ 2 Single leg squats ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้าร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 18)	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์
สัปดาห์ที่	**ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง** **กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู**	**ค่าตอบแทน**
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน	

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

	 รูปที่ 18 Single leg squats 1.3 ท่าที่ 3 Double limb stance with throwing and catching on bosu ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 19) รูปที่ 19 Double limb stance with throwing and catching on bosu 1.4 ท่าที่ 4 Y-balance ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 2 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 20)  A B C รูปที่ 20 Y-balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	
4	รูปแบบการฝึกของท่าที่ 1- 4 ฝึกเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 3	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์
5	เพิ่มความก้าวหน้าของรูปแบบการฝึกของท่าที่ 1-4 ดังนี้ 1.1 ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (30%1RM) ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลงจนสุดการเคลื่อนไหว ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 21) 	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์
สัปดาห์ที่	**ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง** **กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู** **ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันจันทร์ พุธ และศุกร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00 น. และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ 40 นาที/ครั้ง/คน**	
	รูปที่ 21 Single leg heel raises with weight (30%1RM) 1.2 ท่าที่ 2 Single leg squats ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้า	

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

	ร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 22) รูปที่ 22 Single leg squats 1.3 ท่าที่ 3 Y-balance ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 3 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 23)  A B C รูปที่ 23 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial 1.4 ท่าที่ 4 Single limb stance with throwing and catching on bosu ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 24) รูปที่ 24 Single limb stance with throwing and catching on bosu	
6	รูปแบบการฝึกของท่าที่ 1- 4 ฝึกเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 5	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

ตารางกิจกรรมที่ 2 กลุ่มโปรแกรมการฟื้นฟู

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน	
1	<u>ขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Blood flow restriction pressure) ของผู้เข้าร่วมงานวิจัย</u> 1. เริ่มต้น ให้พักในท่านอนหงาย เป็นเวลา 5 นาที ก่อนเริ่มทำการคำนวณค่าความดันโลหิต จากนั้น นำปลอกขา ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร และยาว 75 เซนติเมตร รัดบริเวณต้นขา และใช้หัวของเครื่องอัลตร้าซาวด์แบบพกพา วางที่ตำแหน่งหลอดเลือดแดง (posterior tibial artery) (รูปที่ 1)	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของcuff รัดบริเวณต้นขา และการประเมินสัญญาณชีพจรที่ตำแหน่ง posterior tibial artery

2. ปิดวาวล์ปล่อยอากาศ บีบลูกยางอัดอากาศให้ปลอกขาพองขึ้น โดยเพิ่มความดันโลหิตไปเรื่อยๆ จนสัญญาณชีพจรหายไป จากนั้นเปิดวาวล์ปล่อยอากาศที่กระเปาะรอให้ชีพจรกลับมา และนำปลอกขาออก บันทึกค่าที่ได้ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบบางส่วน โดยกำหนดที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ และนำค่าที่ได้มาใช้ร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูต่อไป (รูปที่ 2)

รูปที่ 2 แสดงการวัดค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต

<u>ขั้นตอนของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู</u>

1. ทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมการฟื้นฟูและอุปกรณ์การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิต โดยไม่มีการปิดวาวล์ปล่อยอากาศและบีบลูกยางอัดอากาศ จากนั้นจะได้รับอบอุ่นร่างกายโดยการยืดกล้ามเนื้อแบบพลวัตร ทำข้างละ 8 ครั้ง ทำทั้งสองข้าง เป็นเวลา 30 วินาที พัก 20 วินาที เวลาทั้งหมด 5 นาที ดังนี้
   1.1 กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก ในท่างอเข่างอสะโพกและยกขึ้นเข้าหาหน้าอก (รูปที่ 3)

รูปที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก

ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง

กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู

สัปดาห์ที่ | **ค่าตอบแทน**

ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน

1.2 กล้ามเนื้องอสะโพก ยืนและก้าวขาข้างที่ไม่ได้ยืดไปข้างหน้า วางเท้าราบกับพื้น และวางมือบนหน้าขาพร้อมกับโน้มตัวมาข้างหน้า เหยียดสะโพกและเข่าของขาข้างที่ต้องการยืดไปด้านหลังร่วมกับเอียงตัวไปด้านข้างที่ไม่ได้ยืดพร้อมกับยกแขนขึ้น (รูปที่ 4)

รูปที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้องอสะโพก

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

<table>
<tr><td></td><td>1.3 กล้ามเนื้อหุบสะโพก ยืนงอเข่าข้างที่ไม่ได้ยืดและกางขาข้างที่ยืดไปด้านข้าง (รูปที่ 5)

รูปที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อหุบสะโพก
1.4 กล้ามเนื้อกางสะโพก ยืนงอเข่าข้างที่ไม่ได้ยืดและไขว้ขาข้างที่ต้องการยืดไปด้านหลัง (รูปที่ 6)

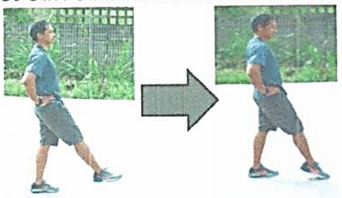
รูปที่ 6 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อกางสะโพก
1.5 กล้ามเนื้อเหยียดเข่า งอเข่าโดยให้ส้นเท้าชิดกับสะโพก (รูปที่ 7)

รูปที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า
1.6 กล้ามเนื้องอเข่า งอสะโพกร่วมกับเหยียดเข่าไปด้านหน้า (รูปที่ 8)</td><td></td></tr>
<tr><td>สัปดาห์ที่</td><td>ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง
กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู
ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน</td><td>ค่าตอบแทน</td></tr>
<tr><td></td><td>
รูปที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้องอเข่า
1.7 กล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง ยกเท้าขึ้นมาจากพื้น เหยียดเข่าและกระดกปลายเท้าขึ้น (รูปที่ 9)</td><td></td></tr>
</table>

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

รูปที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง

1.8 กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น ยืนขาข้างหนึ่ง เหยียดเข่าและงอสะโพกข้างที่ยืดไปด้านหน้า 30 องศา จากนั้นงอข้อเท้าลง ให้ปลายเท้าแตะพื้น) (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น

2. ทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมการฝึกโดยการปิดวาวล์ปล่อยอากาศและบีบลูกยางอัดอากาศที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ จากนั้นให้ฝึกร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ประกอบด้วยท่า ดังต่อไปนี้

2.1 ท่าที่ 1 Double leg heel raises ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ จับขอบโต๊ะหรือพนักพิงเก้าอี้เพื่อเพิ่มความมั่นคง จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าทั้งสองข้างเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 11)

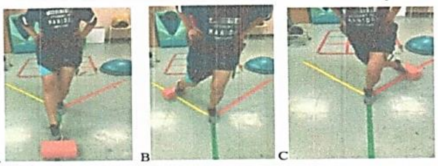
รูปที่ 11 Double leg heel raises

สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน	

2.2 ท่าที่ 2 Double leg squats ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 12)

รูปที่ 12 Double leg squats

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

	2.3 ท่าที่ 3 Double limb stance on bosu เอามือเท้าสะเอว ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน ลงน้ำหนักที่ขาสองข้างให้เท่ากันเป็นเวลา 10 วินาที 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 13) รูปที่ 13 Double limb stance on bosu 2.4 ท่าที่ 4 Y-balance ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 1 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 14)  A B C รูปที่ 14 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	
2	รูปแบบการฝึกของท่าที่ 2 และ 4 ฝึกเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 1 แต่เพิ่มความก้าวหน้าของท่าที่ 1 และท่าที่ 3 ดังนี้ 1.1 ท่าที่ 1 Single leg heel raises ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา จับขอบโต๊ะหรือพนักพิงเก้าอี้เพื่อเพิ่มความมั่นคง จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลงจนสุดการเคลื่อนไหว ขณะทำให้เข่าข้างที่มี	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

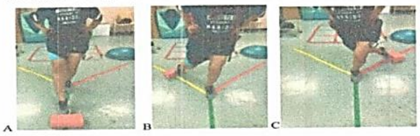
สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน	ค่าตอบแทน
	พยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วย เซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 15) รูปที่ 15 Single leg heel raises 1.2 ท่าที่ 3 Single limb stance on bosu มือเท้าสะเอว ยืนทรงตัวบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน เป็นเวลา 10 วินาที 5 ครั้งต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 16)	

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

	 รูปที่ 16 Single limb stance on bosu	
3	เพิ่มความก้าวหน้าของรูปแบบการฝึกของท่าที่ 1-4 ดังนี้ 1.1 ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (20%1RM) ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลงจนสุดการเคลื่อนไหว ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 17) รูปที่ 17 Single leg heel raises with weight (20%1RM) 1.2 ท่าที่ 2 Single leg squats ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้าร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 18)	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

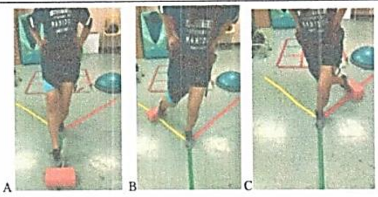
สัปดาห์ที่	ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู	ค่าตอบแทน
	ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน*	
	 รูปที่ 18 Single leg squats 1.3 ท่าที่ 3 Double limb stance with throwing and catching on bosu ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 19) รูปที่ 19 Double limb stance with throwing and catching on bosu	

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

	1.4 ท่าที่ 4 Y-balance ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 2 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 20)  รูปที่ 20 Y-balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	
4	รูปแบบการฝึกของท่าที่ 1- 4 ฝึกเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 3	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์
5	เพิ่มความก้าวหน้าของรูปแบบการฝึกของท่าที่ 1-4 ดังนี้ 1.1 ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (30%1RM) ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลงจนสุดการเคลื่อนไหว ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 21)	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

สัปดาห์ที่	**ขั้นตอนการฝึกขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง** **กลุ่มการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู** **ฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ 6 สัปดาห์ วันอังคาร พฤหัสบดี และเสาร์ *แบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา ช่วงแรก 9.00-12.00น.และช่วงที่สอง 13.00-16.00 น.*ใช้เวลาประมาณ40นาที/ครั้ง/คน**	
	รูปที่ 21 Single leg heel raises with weight (30%1RM) 1.2 ท่าที่ 2 Single leg squats ยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้าร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 22) รูปที่ 22 Single leg squats 1.3 ท่าที่ 3 Y-balance ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง และทิศด้านข้างด้านหลัง ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 3 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 23)	

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

	 รูปที่ 23 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial 1.4 ท่าที่ 4 Single limb stance with throwing and catching on bosu ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 24) รูปที่ 24 Single limb stance with throwing and catching on bosu	
6	รูปแบบการฝึกของท่าที่ 1- 4 ฝึกเช่นเดียวกับสัปดาห์ที่ 5	วันละ 100 บาท ฝึก 3 วัน/สัปดาห์

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

5.5 หลังฝึกครบ 4 สัปดาห์ ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะเข้ารับการทดสอบตัววัดผลในการวิจัยภายหลังการฝึก โดยเป็นการทดสอบเช่นเดียวกับการทดสอบก่อนเข้ารับการฝึก จากนั้นจะได้รับ*การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูหรือโปรแกรมการฟื้นฟู* ต่ออีก 2 สัปดาห์ ในช่วงวันและเวลาเดิม และเมื่อฝึกครบ จะได้รับการทดสอบตัววัดผลในการวิจัยเช่นเดียวกับก่อนเข้ารับการฝึกและหลังฝึกครบสัปดาห์ที่ 4

6. ความเสี่ยง/อันตราย และความไม่สะดวกต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยอาจล้มระหว่างการฝึก อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยจะนำเบาะนิ่มมาวางโดยรอบบริเวณที่ทำการฝึกเพื่อลดการบาดเจ็บ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใส่เข็มขัดที่มีที่จับด้านหลังเพื่อให้ผู้วิจัยคอยช่วยเหลือขณะที่ไม่สามารถทรงตัวได้ แต่หากผู้เข้าร่วมวิจัยล้มจะได้รับการปฐมพยาบาลเบื้องต้น รวมถึงอาจมีการไม่สบายหรืออาการปวดบริเวณที่ได้รับการฝึก ผู้วิจัยจะทำการจดบันทึกข้อมูลและรักษาโดยใช้แผ่นประคบเย็น หรือหากมีความประสงค์จะไปตรวจรักษาเพิ่มเติม ผู้วิจัยจะเป็นผู้พาผู้เข้าร่วมวิจัยไปโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา และรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมด โดยงานวิจัยนี้จะไม่เกิดความเสี่ยงสูงที่เป็นอันตรายต่อชีวิต

7. ประโยชน์ในการเข้าร่วมการวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะได้รับประโยชน์โดยตรงจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย คือได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกและเท้า พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเท้า การทำงานของกล้ามเนื้อสะโพกและเท้าขณะทรงตัว การทรงตัว และความสามารถในการทำงานของข้อเท้า ที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของข้อเท้าที่ลดลง และผลการวิจัยในครั้งนี้จะทำให้ทราบถึงรูปแบบหรือวิธีการฝึกที่สามารถฟื้นฟูการทำงานของข้อเท้าในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรังให้กลับมาทำงานใกล้เคียงปกติมากที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเล่นกีฬาได้มากที่สุด

8. **ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ**โดยชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัยจะไม่ปรากฏในแบบฟอร์มการเก็บข้อมูล และในฐานข้อมูลทั่วไป ผู้วิจัยจะสร้างฐานข้อมูลลับที่มีชื่อของผู้เข้าร่วมวิจัยไว้ต่างหาก โดยมีผู้วิจัยเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ทราบรายละเอียดของข้อมูลนี้ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

9. **เมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้ว** ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดจะถูกทำลาย

10. *การวิจัยครั้งนี้มีค่าเดินทางจากมหาวิทยาลัยบูรพา ไป-กลับ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และค่าเสียเวลาแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการทดสอบก่อนและหลัง จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 720 บาท/ท่าน และค่าเดินทางจากที่พักไป-กลับ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา และค่าชดเชยการเสียเวลาแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการทดสอบโปรแกรมการฟื้นฟูจำนวน 18 ครั้ง ครั้งละ 100 บาท/ท่าน รวมถึงผู้วิจัยมีการจัดเตรียมอาหารว่าง และน้ำดื่มให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละครั้งด้วย*

11. การเข้าร่วมการวิจัยเป็นโดย**สมัครใจ** สามารถ**ปฏิเสธ**ที่จะเข้าร่วมหรือ**ถอนตัว**จากการวิจัยได้ทุกขณะ **โดยไม่ต้องให้เหตุผล ไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ และไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อผู้เข้าร่วมวิจัย**

12. **หากมีข้อสงสัย** โปรดสอบถามเพิ่มเติมจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

13. **หากได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามข้อมูลดังกล่าว**สามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-3202, 0-2218-3409 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย **และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว จึงลงนามเข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ** และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ..
(นางสาวภูริชญา วีระศิริรัตน์)
ผู้วิจัยหลัก
วันที่......../............./...................

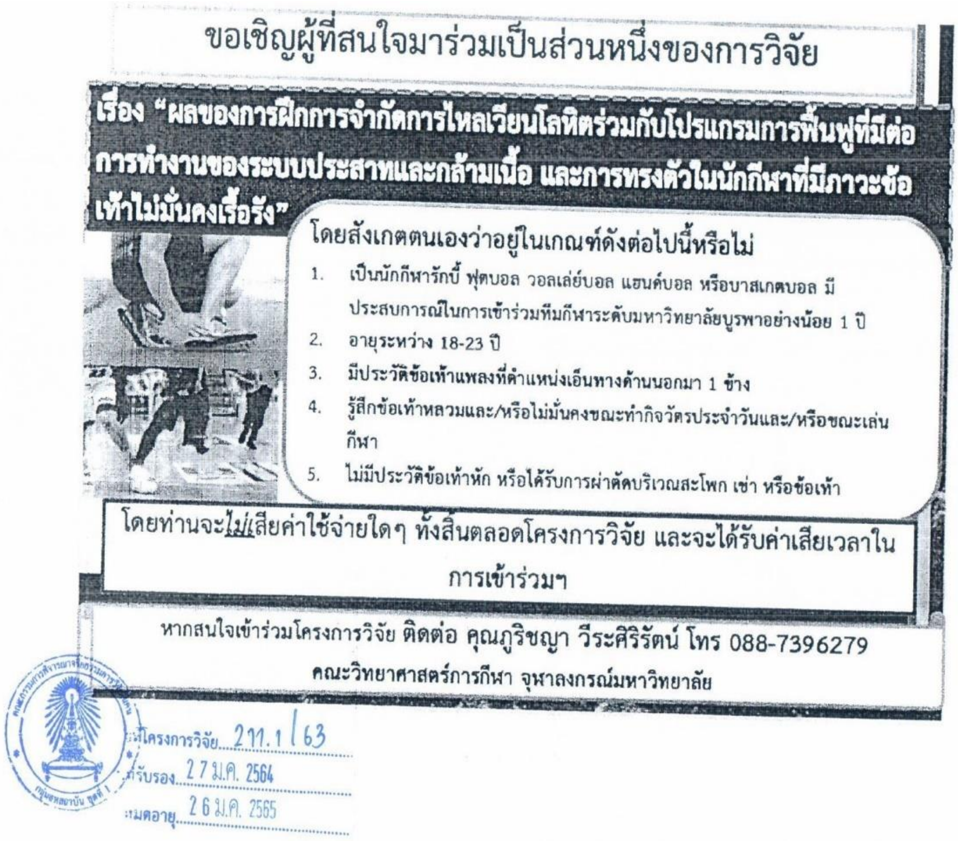
ลงชื่อ..
(..)
ผู้เข้าร่วมการวิจัย
วันที่......../............./...................

ลงชื่อ..
(..)
พยาน
วันที่......../............./...................

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

APPENDIX D

Information board



ขอเชิญผู้ที่สนใจมาร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย

เรื่อง "ผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูที่มีต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และการทรงตัวในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง"

โดยสังเกตตนเองว่าอยู่ในเกณฑ์ดังต่อไปนี้หรือไม่

1. เป็นนักกีฬารักบี้ ฟุตบอล วอลเล่ย์บอล แฮนด์บอล หรือบาสเกตบอล มีประสบการณ์ในการเข้าร่วมทีมกีฬาระดับมหาวิทยาลัยบูรพาอย่างน้อย 1 ปี
2. อายุระหว่าง 18-23 ปี
3. มีประวัติข้อเท้าแพลงที่ตำแหน่งเอ็นทางด้านนอกมา 1 ข้าง
4. รู้สึกข้อเท้าหลวมและ/หรือไม่มั่นคงขณะทำกิจวัตรประจำวันและ/หรือขณะเล่นกีฬา
5. ไม่มีประวัติข้อเท้าหัก หรือได้รับการผ่าตัดบริเวณสะโพก เข่า หรือข้อเท้า

โดยท่านจะ<u>ไม่</u>เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้นตลอดโครงการวิจัย และจะได้รับค่าเสียเวลาในการเข้าร่วมฯ

หากสนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย ติดต่อ คุณภูริชญา วีระศิริรัตน์ โทร 088-7396279

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

APPENDIX E

Data screening form

APPENDIX D

Data screening form

Subject code:_________ Date:____________

คำแนะนำในการตอบแบบสอบถามคัดกรอง

1. แบบสอบถามประกอบด้วย 3 ตอน

   ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

   ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาพ

   ตอนที่ 3 แบบสอบถามเพื่อประเมินภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง

2. การตอบแบบสอบถามในแต่ละตอน ส่วนที่เป็นช่องว่างให้เติมข้อมูลให้ครบถ้วนและใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่กำหนดให้

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
2. อายุ............ปี
3. น้ำหนัก..........กิโลกรัม ส่วนสูง..................เซนติเมตร BMI....................กิโลกรัม/เมตร^2
4. ชนิดกีฬาที่แข่งขัน

   ☐ Rugby ☐ Football ☐ Volleyball ☐ Handball ☐ Basketball
5. *ประสบการณ์ในการเข้าร่วมทีมกีฬาระดับมหาวิทยาลัย..............ปี*
6. ขาข้างที่ถนัด..................
7. ตำแหน่งที่เล่นกีฬา.............................
8. *เข้ารับการฝึกซ้อมโปรแกรมจากโค้ช...........วัน/สัปดาห์*

ตอนที่ 2 ข้อมูลด้านสุขภาพ

1. ท่านเคยมีประวัติข้อเท้าแพลงที่ตำแหน่งเอ็นทางด้านนอกมา 1 ข้าง อย่างน้อย 1 ปีก่อนเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้หรือไม่

   ☐ มี ระบุข้าง.............

   ☐ ไม่มี
2. ท่านเคยมีอาการรู้สึกข้อเท้าหลวมและ/หรือไม่มั่นคงขณะทำกิจวัตรประจำวันและ/หรือขณะเล่นกีฬาอย่างน้อย 6 เดือนหรือไม่

   ☐ มี ระบุข้าง.............

   ☐ ไม่มี
3. ท่านเคยมีอาการข้อเท้าไม่มั่นคงสองข้างหรือไม่

   ☐ มี

   ☐ ไม่มี
4. ท่านเคยมีประวัติข้อเท้าหักมาก่อนเข้ารับการประเมินหรือไม่

   ☐ ม่

   ☐ ไม่มี
5. ท่านเคยมีประวัติการได้รับการผ่าตัดบริเวณสะโพก เข่า หรือข้อเท้าหรือไม่

   ☐ มี

   ☐ ไม่มี
6. ท่านเคยมีประวัติของโรคทางระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ ได้แก่ โรครูมาตอยด์ ข้อเสื่อม หรือหัวกระดูกสะโพกขาดเลือดหรือไม่

   ☐ มี

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

☐ ไม่มี

7. หลังจากเกิดข้อเท้าแพลงขึ้นทันที ท่านไม่สามารถลงน้ำหนักที่ข้อเท้าข้างที่แพลงได้เลย

☐ ใช่

☐ ไม่ใช่

8. *ท่านสามารถเข้ารับโปรแกรมการฝึกอย่างน้อย 90% หรือฝึกมากกว่า 16 ครั้งจาก 18 ครั้งของโปรแกรมการฝึกทั้งหมดหรือไม่*

☐ *ใช่*

☐ *ไม่ใช่*

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63

วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564

วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 3 แบบสอบถามเพื่อประเมินภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงในระยะเรื้อรัง โดยใช้ Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT)

	ข้อเท้าซ้าย	ข้อเท้าขวา	คะแนน
1. ฉันมีอาการปวดที่ข้อเท้า			
ไม่เป็น	☐	☐	5
เป็นขณะเล่นกีฬา	☐	☐	4
เป็นขณะวิ่งบนพื้นไม่เรียบ	☐	☐	3
เป็นขณะวิ่งบนพื้นเรียบ	☐	☐	2
เป็นขณะเดินบนพื้นไม่เรียบ	☐	☐	1
เป็นขณะเดินบนพื้นเรียบ	☐	☐	0
2. ข้อเท้าของฉันรู้สึกไม่มั่นคง			
ไม่เป็น	☐	☐	4
เป็นบางครั้งขณะเล่นกีฬา (ไม่ทุกครั้ง)	☐	☐	3
เป็นบ่อยๆ ขณะเล่นกีฬา (ทุกครั้ง)	☐	☐	2
เป็นบางครั้งขณะทำกิจวัตรประจำวัน	☐	☐	1
เป็นบ่อยๆ ขณะทำกิจวัตรประจำวัน	☐	☐	0
3. เมื่อฉันเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนไหวอย่างกะทันหันข้อเท้าของฉันรู้สึกไม่มั่นคง			
ไม่เป็น	☐	☐	3
เป็นบางครั้งขณะวิ่ง	☐	☐	2
เป็นบ่อยๆ ขณะวิ่ง	☐	☐	1
เป็นขณะเดิน	☐	☐	0
4. เมื่อฉันลงบันได ข้อเท้าของฉันรู้สึกไม่มั่นคง			
ไม่เป็น	☐	☐	3
เป็นถ้าลงบันไดเร็ว	☐	☐	2
เป็นบางครั้งเมื่อลงบันได	☐	☐	1
เป็นทุกครั้ง	☐	☐	0
5. ข้อเท้าของฉันรู้สึกไม่มั่นคงเมื่อยืนด้วยขาข้างเดียว			
ไม่เป็น	☐	☐	2
เป็นเมื่อยืนด้วยปลายเท้า	☐	☐	1
เป็นเมื่อยืนเต็มเท้า	☐	☐	0
6. ข้อเท้าของฉันรู้สึกไม่มั่นคงเมื่อ?			
ไม่เป็น	☐	☐	3
ฉันกระโดดขาเดียวทางด้านข้าง	☐	☐	2
ฉันกระโดดขาเดียวอยู่กับที่	☐	☐	1
เมื่อฉันกระโดด	☐	☐	0

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 มี.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 มี.ค. 2565

	ข้อเท้าซ้าย	ข้อเท้าขวา	คะแนน
7. ข้อเท้าของฉันรู้สึกไม่มั่นคงเมื่อ?			
ไม่เป็น	☐	☐	4
ฉันวิ่งบนพื้นไม่เรียบ	☐	☐	3
ฉันวิ่งเหยาะๆ บนพื้นไม่เรียบ	☐	☐	2
ฉันเดินบนพื้นไม่เรียบ	☐	☐	1
ฉันเดินบนพื้นเรียบ	☐	☐	0
8. โดยทั่วไปแล้ว เมื่อข้อเท้าของฉัน เริ่มจะมีอาการพลิก (หรือบิด) ฉันสามารถหยุดมันได้			
หยุดได้ทันที	☐	☐	3
หยุดได้บ่อยๆ ครั้ง	☐	☐	2
หยุดได้บางครั้ง	☐	☐	1
ไม่เคยหยุดได้เลย	☐	☐	0
ฉันไม่เคยข้อเท้าพลิก	☐	☐	3
9. โดยทั่วไปแล้ว หลังจากข้อเท้าพลิก ข้อเท้าของฉันจะกลับมาใช้งานได้ปกติหรือไม่?			
กลับมาใช้งานได้ปกติทันที	☐	☐	3
กลับมาใช้งานได้ปกติภายใน 1 วัน	☐	☐	2
กลับมาใช้งานได้ปกติใน 1-2 วัน	☐	☐	1
กลับมาใช้งานได้ปกติหลังจาก 2 วันไปแล้ว	☐	☐	0
ฉันไม่เคยข้อเท้าพลิก	☐	☐	3

แปลผล: ☐

ตอนที่ 4 การทดสอบเพื่อคัดกรองโดยนักกายภาพบำบัด

1. การตรวจร่างกายโดยการตรวจพิเศษ (special test)

1.1 Anterior drawer test

Rt. ☐ Negative ☐ Positive

Lt. ☐ Negative ☐ Positive

1.2 Talar tilt

Rt. ☐ Negative ☐ Positive

Lt. ☐ Negative ☐ Positive

สรุปผล

☐ ผ่านเกณฑ์ ระบุข้าง ☐ Rt. ankle ☐ Lt. ankle

☐ ไม่ผ่านเกณฑ์

เลขที่โครงการวิจัย 211.1/63
วันที่รับรอง 27 ม.ค. 2564
วันหมดอายุ 26 ม.ค. 2565

APPENDIX F

IOC Questionnaire

แปลผลแบบประเมินความสอดคล้องการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู

แบบประเมินนี้ สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อวัดระดับความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อนำไปใช้ในการเพิ่มความแข็งแรงและการทำงานของกล้ามเนื้อกางและเหยียดสะโพก กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นและกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอก พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอก การทรงตัว และความสามารถในการทำงานของข้อเท้า ในโครงการวิจัยเรื่อง "ผลของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูที่มีต่อการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ และการทรงตัวในนักกีฬาที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง" (Effects of Blood Flow Restriction Training Combined with Rehabilitation Program on Neuromuscular Function and Balance in Athletes with Chronic Ankle Instability)

<u>คำชี้แจง</u> โปรดพิจารณารูปแบบของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู ตามเอกสารโครงร่างวิทยานิพนธ์ที่แนบมาด้วย และทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ☐ ที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

-1 เมื่อแน่ใจว่า เนื้อหานั้นไม่เหมาะสม

0 เมื่อแน่ใจว่า ไม่แน่ใจ

+1 เมื่อแน่ใจว่า เนื้อหานั้นเหมาะสม

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM(x)/n	IOC
		1	2	3	4	5			
1.	<u>ขั้นตอนการคำนวณเพื่อหาค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต (Blood flow restriction pressure) ของผู้เข้าร่วมงานวิจัย</u> 1.1 เริ่มต้น ให้อาสาสมัครพักในท่านอนหงาย เป็นเวลา 5 นาที ก่อนเริ่มทำการคำนวณค่าความดันโลหิต	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	1.2 จากนั้น นำปลอกขา (cuff) ขนาดกว้าง 10 เซนติเมตร และยาว 75 เซนติเมตร รัดบริเวณต้นขา (Proximal thigh) และใช้ handheld portable doppler probe (Edan SD3 Vascular Doppler, Shenzhen, P.R.China) วางที่ตำแหน่ง posterior tibial artery (รูปที่ 1) รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งของcuff รัดบริเวณต้นขา และการประเมินสัญญาณชีพจรที่ตำแหน่ง posterior tibial artery	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

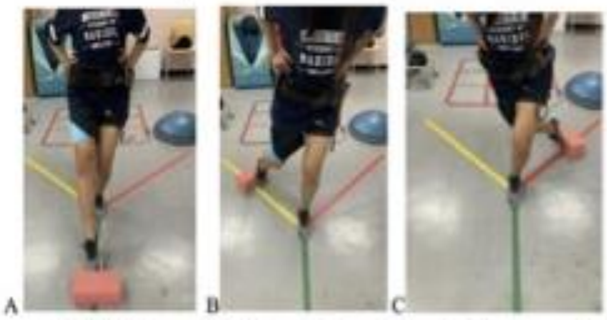
ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM(x)/n	IOC
		1	2	3	4	5			
	1.3 ปิดวาวล์ปล่อยอากาศ บีบลูกยางอัดอากาศให้ cuff พองขึ้น โดยเพิ่มความดันโลหิตไปเรื่อยๆ จนสัญญาณชีพจรหายไป (อาศัยฟังจากสัญญาณเสียงของเครื่อง portable doppler probe) เกิดการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ (Complete limb occlusion pressure (LOP)) จากนั้นเปิดวาวล์ปล่อยอากาศที่กระเปาะ และนำ cuff ออก บันทึกค่าที่ได้ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณเพื่อหาการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบบางส่วน (Partial vascular occlusion) โดยกำหนดที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ และนำค่าที่ได้มาใช้ร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูต่อไป (รูปที่ 2) รูปที่ 2 แสดงการวัดค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	<u>ข้อควรพิจารณา</u> 1. การคำนวณเพื่อหาค่าความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิตของผู้เข้าร่วมวิจัยมีการจัดเรียงลำดับขั้นตอนเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	2. มีการเลือกใช้ขนาดของ Cuff ที่เหมาะสมกับตำแหน่งบริเวณที่รักษา	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	3. มีการกำหนดเปอร์เซ็นการจำกัดการไหลเวียนโลหิตที่นำมาใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัยได้อย่างเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
2.	<u>ขั้นตอนของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู</u> 2.1 อาสาสมัครทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมการฟื้นฟูและอุปกรณ์การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิต โดยยังไม่มีการปิดวาวล์ปล่อยอากาศและบีบลูกยางอัดอากาศ จากนั้นจะได้รับ warm up โดยการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (dynamic stretching exercise) ดังนี้	+1	+1	+1	+1	0	4	4/5	0.8

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	- กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก (Gluteus maximus) ในท่างอเข่างอสะโพกและยกขึ้นเข้าหาหน้าอก ทำข้างละ 8 ครั้ง ทำทั้งสองข้าง เป็นเวลา 30 วินาที พัก 20 วินาที ก่อนเริ่มการยืดกล้ามเนื้อท่าต่อไป (รูปที่ 3) รูปที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- กล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Quadriceps) งอเข่าโดยให้ส้นเท้าชิดกับสะโพก ทำข้างละ 8 ครั้ง ทำทั้งสองข้าง เป็นเวลา 30 วินาที พัก 20 วินาที ก่อนเริ่มการยืดกล้ามเนื้อท่าต่อไป (รูปที่ 4) รูปที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- กล้ามเนื้องอเข่า (Hamstrings) งอสะโพกร่วมกับเหยียดเข่าไปด้านหน้า ทำข้างละ 8 ครั้ง ทำทั้งสองข้าง เป็นเวลา 30 วินาที พัก 20 วินาที ก่อนเริ่มการยืดกล้ามเนื้อท่าต่อไป (รูปที่ 5) รูปที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้องอเข่า	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- กล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง (Plantar flexors) ยกเท้าขึ้นมาจากพื้น จากนั้นเหยียดเข่าและกระดกปลายเท้าขึ้น ทำข้างละ 8 ครั้ง ทำทั้งสองข้าง เป็นเวลา 30 วินาที พัก 20 วินาที (รูปที่ 6)	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

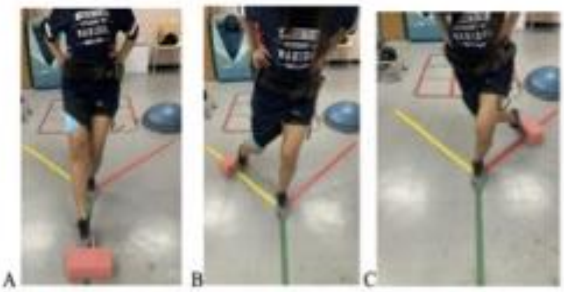
ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5	(x)		
	 รูปที่ 6 การยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลง								
	2.2 หลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว ทำการเปิดวาวล์ปล่อยอากาศและบีบลูกยางอัดอากาศที่ 80% ของการจำกัดการไหลเวียนโลหิตแบบสมบูรณ์ (โดยนำมาจากค่าที่ได้จากการคำนวณความดันการจำกัดการไหลเวียนโลหิต) และให้อาสาสมัครฝึกร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูเป็นเวลา 6 สัปดาห์ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันเว้นวัน) ประกอบด้วยท่า ดังต่อไปนี้ <u>สัปดาห์ที่ 1</u> -ท่าที่ 1 Double leg heel raises ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ จับขอบโต๊ะหรือพนักพิงเก้าอี้เพื่อเพิ่มความมั่นคง จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าทั้งสองข้างเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 7) รูปที่ 7 Double leg heel raises	+1	0	+1	+1	+1	4	4/5	0.8
	-ท่าที่ 2 Double leg squats ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 8)	+1	0	+1	+1	+1	4	4/5	0.8

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	 รูปที่ 8 Double leg squats								
	- ท่าที่ 3 Double limb stance on bosu ให้อาสาสมัครเอามือเท้าสะเอว ยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน เป็นเวลา 10 วินาที 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 9) รูปที่ 9 Double limb stance on bosu	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 4 Y balance อาสาสมัครยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า (anterior) ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง (posteromedial) และทิศด้านข้างด้านหลัง (posterolateral) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 1 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 10A-C) รูปที่ 10 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

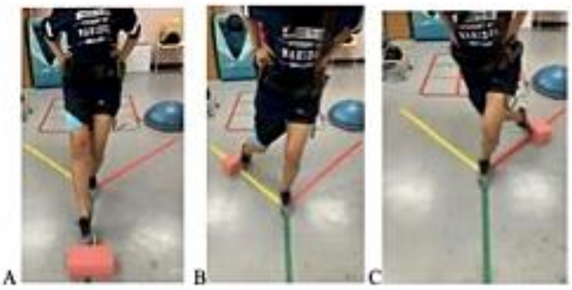
ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	<u>สัปดาห์ที่ 2</u> -ท่าที่ 1 Single leg heel raises ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา จับขอบโต๊ะหรือพนักพิงเก้าอี้เพื่อเพิ่มความมั่นคง จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 11) รูปที่ 11 Single leg heel raises	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 2 Double leg squats ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยื่นแขนตรงมาด้านหน้า ขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 12) รูปที่ 12 Double leg squats	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	- ท่าที่ 3 Single limb stance on bosu ให้อาสาสมัครเอามือเท้าสะเอว ยืนทรงตัวบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน เป็นเวลา 10 วินาที 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 13) รูปที่ 13 Single limb stance on bosu	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 4 Y balance อาสาสมัครยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า (anterior) ทิศด้านข้างด้านหลัง (posterolateral) และทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง (posteromedial) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 1 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 14)  รูปที่ 14 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	+1	+1	+1	0	+1	4	4/5	0.8

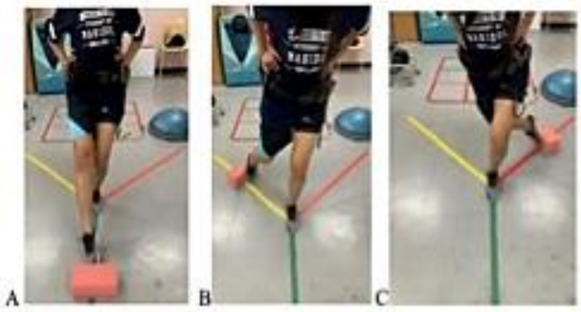
ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	<u>สัปดาห์ที่ 3</u> -ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (20%1RM) ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 15) รูปที่ 15 Single leg heel raises with weight (20%1RM)	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 2 Single leg squats ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้า ร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้าขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 16) รูปที่ 16 Single leg squats	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	- ท่าที่ 3 Double limb stance with throwing and catching on bosu ให้อาสาสมัครยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้งต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 17) รูปที่ 17 Double limb stance with throwing and catching on bosu	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 4 Y balance อาสาสมัครยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า (anterior) ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง (posteromedial) และทิศด้านข้างด้านหลัง (posterolateral) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 2 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 18)  รูปที่ 18 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	+1	+1	+1	0	+1	4	4/5	0.8

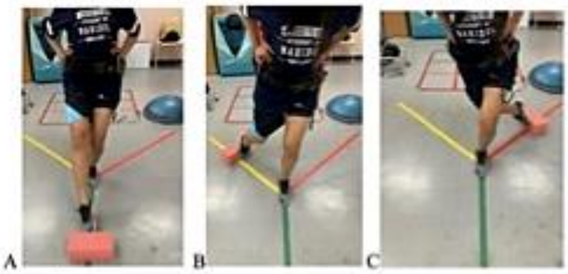
ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	<u>สัปดาห์ที่ 4</u> -ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (20%1RM) ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 19) รูปที่ 19 Single leg heel raises with weight (20%1RM)	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 2 Single leg squats ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้า ร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้าขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 3 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 19) รูปที่ 19 Single leg squats	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	- ท่าที่ 3 Double limb stance with throwing and catching on bosu ให้อาสาสมัครยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้งต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 20) รูปที่ 20 Double limb stance with throwing and catching on bosu	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 4 Y balance อาสาสมัครยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า (anterior) ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง (posteromedial) และทิศด้านข้างด้านหลัง (posterolateral) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 2 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 21)  รูปที่ 21 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	+1	+1	+1	0	+1	4	4/5	0.8

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	<u>สัปดาห์ที่ 5</u> -ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (30%1RM) ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 22) รูปที่ 22 Single leg heel raises with weight (30%1RM)	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 2 Single leg squats ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้า ร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้าขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 23) รูปที่ 23 Single leg squats	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM	SUM	IOC
		1	2	3	4	5	(x)	(x/n)	
	- ท่าที่ 3 Single limb stance with throwing and catching on bosu ให้อาสาสมัครยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 24) รูปที่ 24 Single limb stance with throwing and catching on bosu	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 4 Y balance อาสาสมัครยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า (anterior) ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง (posteromedial) และทิศด้านข้างด้านหลัง (posterolateral) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 3 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 25)  รูปที่ 25 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	<u>สัปดาห์ที่ 6</u> -ท่าที่ 1 Single leg heel raises with weight (30%1RM) ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ โดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และงอเข่าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปทางด้านหลัง 90 องศา โดยถือดัมเบลข้างลำตัว จากนั้นเขย่งปลายเท้าขึ้น-ลง ขณะทำให้เข่าข้างที่มีพยาธิสภาพเหยียดตรงและหลังตรง ทำทั้งหมด 4 เซต ประกอบด้วยเซตที่ 1-4: 30/15/15/15 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 26) รูปที่ 26 Single leg heel raises with weight (30%1RM)	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 2 Single leg squats ให้อาสาสมัครยืนกางขากว้างเท่าช่วงห่างของไหล่ ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ และยื่นขาข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพมาทางด้านหน้า ร่วมกับยื่นแขนตรงมาด้านหน้าขนานกับพื้น ย่อเข่าลง อย่าให้เข่าเกินปลายเท้า ย่อลงให้ได้มุมเข่า 90 องศา หลังตรง อยู่ในแนวปกติ ไม่ก้มตัว โดยมองตรงไปข้างหน้า ทำทั้งหมด 4 เซต เซตละ 10 ครั้ง พัก 30 วินาที (รูปที่ 27) รูปที่ 27 Single leg squats	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	- ท่าที่ 3 Single limb stance with throwing and catching on bosu ให้อาสาสมัครยืนทรงตัวบนขาทั้งสองข้างบน bosu โดยให้ด้านนิ่มอยู่ด้านบน จากนั้น รับ-ส่งลูกบอลระดับอก 5 ครั้ง ต่อเซต ทำทั้งหมด 5 เซต พัก 30 วินาที (รูปที่ 28) รูปที่ 28 Single limb stance with throwing and catching on bosu	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	- ท่าที่ 4 Y balance อาสาสมัครยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีพยาธิสภาพ ให้ส่วนปลายสุดเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกัน และมือเท้าสะเอว โดยยื่นเท้าข้างที่ไม่มีพยาธิสภาพไปให้ไกลที่สุดในทิศด้านหน้า (anterior) ทิศด้านใกล้กลางด้านหลัง (posteromedial) และทิศด้านข้างด้านหลัง (posterolateral) ทำทั้งหมด 5 ครั้ง 3 เซต พัก 10 วินาที (รูปที่ 29)  รูปที่ 29 Y balance A:Anterior B:Posterolateral C:Poteromedial	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	<u>ข้อควรพิจารณาการอบอุ่นร่างกายและฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู</u> 1. ท่าที่ใช้ในการอบอุ่นร่างกายมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	2. ระยะเวลาที่ใช้ในการอบอุ่นร่างกายมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1

ข้อ	รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ					SUM (x)	SUM (x/n)	IOC
		1	2	3	4	5			
	3. ท่าของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูมีความเหมาะสมและปลอดภัยกับผู้เข้าร่วมวิจัย	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
	4. การจัดเรียงลำดับความก้าวหน้า (progression) ของท่าของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูมีความต่อเนื่องและเหมาะสม	+1	+1	+1	0	0	3	3/5	0.6
	5. ระยะเวลาที่ใช้ของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
3.	<u>ความถี่ที่ใช้ในการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู</u> - 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (วันเว้นวัน)	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
4.	<u>ระยะเวลาของการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟู</u> - 6 สัปดาห์	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
5.	การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูมีความน่าสนใจ	+1	+1	+1	+1	+1	5	5/5	1
6.	การฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูมีความปลอดภัย และไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้เข้าร่วมงานวิจัย	+1	+1	0	+1	+1	5	5/5	1

<u>สรุปการแปลผล</u>

จากตารางแสดงให้เห็นค่าการตรวจสอบแบบประเมินความสอดคล้องการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูจากผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ได้แก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. อาจารย์ ดร.พรพิมล เหมือนใจ อาจารย์ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. อาจารย์ศิริรัตน์ เกียรติกูลานุสรณ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์จักรพันธ์ ชุบไธสง อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการพัฒนากีฬา คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
4. รองศาสตราจารย์ ดร.วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ อาจารย์ประจำวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
5. อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC>0.8 ทุกหัวข้อ แสดงว่าแบบประเมินความสอดคล้องการฝึกการจำกัดการไหลเวียนโลหิตร่วมกับโปรแกรมการฟื้นฟูสามารถนำไปใช้ได้จริง

APPENDIX G

Instrument

1. Ultrasonography (M5 series, Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., China)

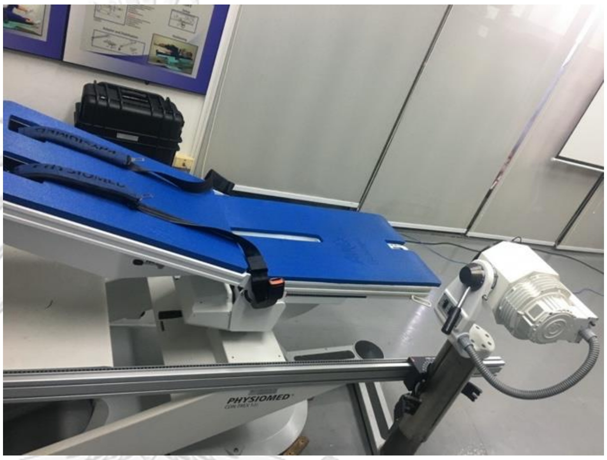
2. Linear array probe with 38 mm probe surface length with a 3.5 to 13 MHz (7L4s, Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., China)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. A pneumatic occlusion cuff with sphygmomanometer (H Plus cuff, USA)

4. A handheld portable doppler probe (Edan SD3 Vascular Doppler, Shenzhen, P.R.China)

5. Isokinetic dynamometers (CON-TREX MJ, Physiomed, Germany) (Figure 31)

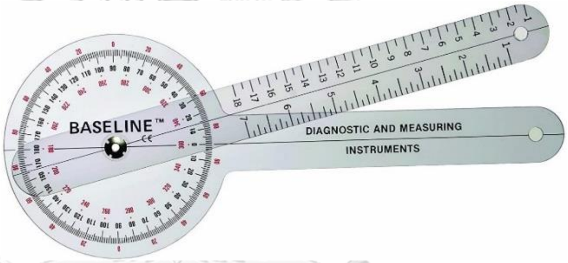


6. Bosu (Figure 33)

7. Medicine Ball

8. Stopwatch

9. Goniometer



10. Measuring tape

11. Force platform 90x90 cm

APPENDIX H

Dynamic stretching exercise protocol

The subjects were contracted the hip flexors with knee flexed and hip flexed so that the thigh swing up to chest, hip flexors (iliopsoas): the subjects were take a big step forward with non-stretched foot firmly on the ground and place arms gently on non-stretched thigh and lean forward and hip extend with knee extend and lateral bending to non-stretched with raised arm until feel a stretch in stretched side of hip flexors muscle, hip adductors: the subjects were bend one knee (non-stretched) and slide the hips of stretched to one side, hip abductors (gluteus medius): the subjects were bend knee of non-stretched leg and taken stretched leg and cross it under and behind, quadriceps: the subject were contracted the hamstrings and flexed knee so that the heels hit the buttocks, hamstrings: the subjects were contracted the hip flexors with knee extended and flexed hip so that the leg swing forwards to anterior aspect of his/her body, plantar flexors: the subjects were raised one foot from the floor and fully knee extended and contracted the dorsiflexors so that foot/toes were pointed upward, and ankle dorsiflexor (tibialis anterior): the subjects were stand on non-stretched and extend knee and flexed hip 30 degrees with flexed plantar by tip toes attached floor.

Dynamic stretching exercise of gluteus maximus muscle

Dynamic stretching exercise of iliopsoas muscle

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

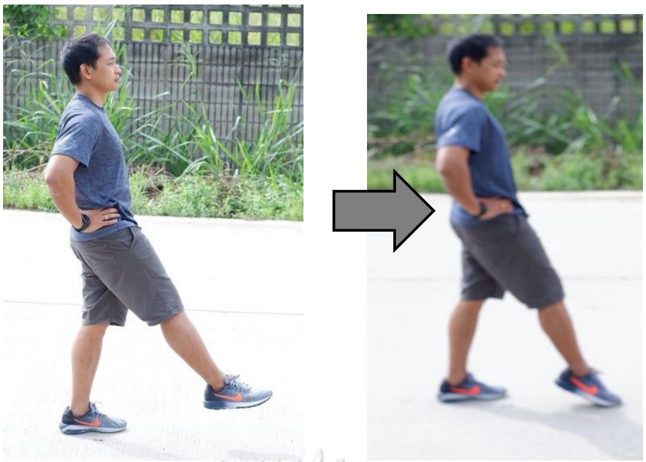
Dynamic stretching exercise of hip adductors muscle

Dynamic stretching exercise of hip abductors muscle

Dynamic stretching exercise of quadriceps muscle

Dynamic stretching exercise of hamstrings muscle

Dynamic stretching exercise of plantar flexors muscle



Dynamic stretching exercise of ankle dorsiflexor muscle

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

APPENDIX I

Procedure and outcome measurement

ขั้นตอนการทดสอบตัววัดผลในงานวิจัย ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 4 ชั่วโมง 10 นาที

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
1. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน	
1.1 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านในของข้อเท้าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 1.1.1 ท่านั่งกึ่งนอนหงาย และคาดด้วยสายไขว้บริเวณลำตัว ร่วมกับมือไขว้กันบริเวณหน้าอก งอเข่าขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 30-45 องศา และสายรัดที่เหนือข้อเข่า ข้อเท้าวางบนแผ่นรองเท้า โดยข้อต่อบริเวณส่วนปลายข้อเท้าอยู่ในท่าปกติและข้อต่อที่เชื่อมระหว่างส่วนปลายกระดูกปลายขากับส่วนต้นของกระดูกทาลัสงอ 20 องศา สายรัดที่ปลายเท้าและกึ่งกลางเท้า จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ด้านหลังข้อเท้ากึ่งกลางระหว่างตาตุ่มด้านนอกและด้านใน และคาดสายเหนือเข่าขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังที่วางบนเตียงทดสอบ 1.1.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยให้บิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 1.1.3 บิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15
1.2 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านในของข้อเท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 1.2.1 ท่านั่งกึ่งนอนหงาย และคาดด้วยสายไขว้บริเวณลำตัว ร่วมกับมือไขว้กันบริเวณหน้าอก งอเข่าขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 30-45 องศา และสายรัดที่เหนือข้อเข่า ข้อเท้าวางบนแผ่นรองเท้า โดยข้อต่อบริเวณส่วนปลายข้อเท้าอยู่ในท่าปกติและข้อต่อที่เชื่อมระหว่างส่วนปลายกระดูกปลายขากับส่วนต้นของกระดูกทาลัสงอ 20 องศา สายรัดที่ปลายเท้าและกึ่งกลาง จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ด้านหลังข้อเท้ากึ่งกลางระหว่างตาตุ่มด้านนอกและด้านใน และคาดสายเหนือเข่าขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังที่วางบนเตียงทดสอบ 1.2.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยให้บิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 1.2.3 บิดข้อเท้าออกด้านนอกและบิดเข้าด้านใน ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
2.การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง	
2.1 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลงของข้อเท้าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 2.1.1 ท่านั่งกึ่งนอนหงาย และคาดด้วยสายไขว้บริเวณลำตัว ร่วมกับมือไขว้กันบริเวณหน้าอก งอเข่าขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 20-30 องศา และสายรัดที่เหนือข้อเข่า ข้อเท้าวางบนแผ่นรองเท้า โดยข้อต่อบริเวณส่วนปลายข้อเท้าอยู่ในท่าปกติและข้อต่อที่เชื่อมระหว่างส่วนปลายกระดูกปลายขากับส่วนต้นของกระดูกทาลัสงอ 20 องศา สายรัดที่ปลายเท้าและกึ่งกลางเท้า จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ตาตุ่มด้านนอก และคาดสายเหนือเข่าขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังที่วางบนเตียงทดสอบ 2.1.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยให้กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 2.1.3 กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15
2.2 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลงของข้อเท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 2.2.1 ท่านั่งกึ่งนอนหงาย และคาดด้วยสายไขว้บริเวณลำตัว ร่วมกับมือไขว้กันบริเวณหน้าอก งอเข่าขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 20-30 องศา และสายรัดที่เหนือข้อเข่า ข้อเท้าวางบนแผ่นรองเท้า โดยข้อต่อบริเวณส่วนปลายข้อเท้าอยู่ในท่าปกติและข้อต่อที่เชื่อมระหว่างส่วนปลายกระดูกปลายขากับส่วนต้นของกระดูกทาลัสงอ 20 องศา สายรัดที่ปลายเท้าและกึ่งกลางเท้า จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ตาตุ่มด้านนอก และคาดสายเหนือเข่าขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังที่วางบนเตียงทดสอบ 2.2.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยให้กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 2.2.3 กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
3.การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก	
3.1 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกของข้อเท้าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 3.1.1 ยืนหันหน้าเข้าหาเตียงทดสอบและงอลำตัว 90 องศา แขนวางรอบเตียงและสายรัดที่ลำตัว เข่างอ 90 องศา จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ปุ่มกระดูกด้านนอกต้นขา และแขนโมเมนต์ให้แรงต้านที่ด้านหลังต้นขาเหนือเข่าของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง และขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังวางบนพื้น 3.1.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยเหยียดข้อสะโพกไปด้านหลัง จากงอสะโพก 90 องศาไป 60 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 3.1.3 เหยียดข้อสะโพกไปด้านหลัง จากงอสะโพก 90 องศาไป 60 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15
3.2 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพกของข้อเท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 3.2.1 ยืนหันหน้าเข้าหาเตียงทดสอบและงอลำตัว 90 องศา แขนวางรอบเตียงและสายรัดที่ลำตัว เข่างอ 90 องศา จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ปุ่มกระดูกด้านนอกต้นขา และแขนโมเมนต์ให้แรงต้านที่ด้านหลังต้นขาเหนือเข่าของขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง และขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังวางบนพื้น 3.2.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยเหยียดข้อสะโพกไปด้านหลัง จากงอสะโพก 90 องศาไป 60 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 3.2.3 เหยียดข้อสะโพกไปด้านหลัง จากงอสะโพก 90 องศาไป 60 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15
4. การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพก	
4.1 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพกของข้อเท้าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 4.1.1 นอนตะแคง ขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังอยู่ด้านบน และขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังอยู่ด้านล่างร่วมกับสายรัดที่เข่าและลำตัว จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ปุ่มกระดูกด้านบนของเชิงกราน และแขนโมเมนต์ให้แรงต้านที่ด้านหลังต้นขาเหนือเข่าของปุ่มกระดูกต้นขาปลายล่างด้านนอกของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 4.1.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยกางข้อสะโพก 20 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น	15

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 4.1.3 กางข้อสะโพก 20 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	
4.2 การวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพกของข้อเท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 4.2.1 นอนตะแคง ขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังอยู่ด้านบน และขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังอยู่ด้านล่างร่วมกับสายรัดที่เข่าและลำตัว จุดหมุนของเครื่อง isokinetic อยู่ที่ปุ่มกระดูกด้านบนของเชิงกราน และแขนโมเมนต์ให้แรงต้านที่ด้านหลังต้นขาเหนือเข่าของปุ่มกระดูกต้นขาปลายล่างด้านนอกของขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 4.2.2 เริ่มต้นทำความคุ้นเคยกับโปรแกรมทดสอบ โดยกางข้อสะโพก 20 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถเกือบสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน และที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 2 นาที 4.2.3 กางข้อสะโพก 20 องศา ทดสอบที่ระดับความสามารถสูงสุด จำนวน 3 ครั้งต่อเนื่องกัน ที่การหดตัวในขณะกล้ามเนื้อยืดยาวออกและหดสั้น ความเร็ว 60 องศาต่อวินาที พัก 5 นาที	15
5. การวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอก โดยใช้เครื่อง ultrasound imaging	
5.1 การวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอกของข้อเท้าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 5.1.1 นอนหงาย งอเข่าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 20-45 องศา และเหยียดขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 5.1.2 ผู้ประเมินทำความสะอาดผิวหนังโดยเช็ดด้วยแอลกอฮอล์และทำสัญลักษณ์ที่กึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูกน่องและตาตุ่มด้านนอก จากนั้นเทเจลบนตำแหน่งที่ทำสัญลักษณ์ดังกล่าว และนำหัวของเครื่องอัลตร้าซาวด์วางทับบนเจลเพื่อทำการหาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และพัก 5 นาที	10
5.2 การวัดพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้าลงร่วมกับบิดข้อเท้าออกด้านนอกของข้อเท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 5.2.1 นอนหงาย งอเข่าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 20-45 องศา และเหยียดขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 5.2.2 ผู้ประเมินทำความสะอาดผิวหนังโดยเช็ดด้วยแอลกอฮอล์และทำสัญลักษณ์ที่กึ่งกลางระหว่างปุ่มกระดูกน่องและตาตุ่มด้านนอก จากนั้นเทเจลบนตำแหน่งที่ทำสัญลักษณ์ดังกล่าว และนำหัวของเครื่องอัลตร้าซาวด์วางทับบนเจลเพื่อทำการหาพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ ทำซ้ำทั้งหมด 3 ครั้ง และพัก 5 นาที	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
6. การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง โดยใช้ EMG	
6.1 การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลงของข้อเท้าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 6.1.1 ท่ายืน กำหนดตำแหน่ง และเช็ดทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่วางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดพื้นผิวด้วยสำลีชุบแอลกอออล์ จากนั้นทำการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวซึ่งมีส่วนประกอบของโลหะซิลเวอร์ และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ซึ่งมีลักษณะวงกลม จำนวน 2 อัน วางขนานกับกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง โดยจุดศูนย์กลางของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าห่างกัน 4 เซนติเมตร 6.1.2 ทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยจัดท่าในการทดสอบของกล้ามเนื้อแต่ละมัดดังนี้ 6.1.2.1 กล้ามเนื้อกางสะโพก อยู่ในท่านอนตะแคง ขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างทดสอบ) อยู่ด้านบนและเหยียดตรง และขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างที่ไม่ได้ทดสอบ) อยู่ในท่างอ 30 องศา ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ส่วนปลายของต้นขาด้านบน ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.1.2.2 กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก อยู่ในท่านอนคว่ำ งอเข่าข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างทดสอบ) 90 องศาและขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างที่ไม่ได้ทดสอบ) เหยียดตรง ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ส่วนปลายของต้นขาด้านบนข้างที่ทดสอบ ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.1.2.3 กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น นั่งห้อยขาข้างเตียง เข่างอ 90 องศา ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ด้านหลังเยื้องด้านในของข้อเท้าของขาข้างที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.1.2.4 กล้ามเนื้อกระดกเหยียดปลายเท้าลง นั่งห้อยขาข้างเตียง เข่างอ 90 องศา ข้อเท้าอยู่ในท่าปกติ ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ด้านหลังเยื้องด้านนอกของข้อเท้าของขาข้างที่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.1.2.5 พัก 5 นาที ก่อนเริ่มทำการทดสอบของขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง	30
6.2 การทดสอบคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อเหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลงของข้อเท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 6.2.1 ท่ายืน กำหนดตำแหน่ง และเช็ดทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่วางขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดพื้นผิวด้วยสำลีชุบแอลกอออล์ จากนั้นทำการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวซึ่งมีส่วนประกอบของโลหะซิลเวอร์ และสารละลายซิลเวอร์คลอไรด์ใช้ขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าชนิดผิว ซึ่งมีลักษณะวงกลม จำนวน 2 อัน วางขนานกับกล้ามเนื้อ	30

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
เหยียดสะโพก กางสะโพก กระดกข้อเท้าขึ้นและเหยียดปลายเท้าลง โดยจุดศูนย์กลางของขั้วรับสัญญาณไฟฟ้าห่างกัน 4 เซนติเมตร 6.2.2 ทดสอบการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด โดยจัดท่าในการทดสอบของกล้ามเนื้อแต่ละมัดดังนี้ 6.2.2.1 กล้ามเนื้อกางสะโพก อยู่ในท่านอนตะแคง ขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างทดสอบ) อยู่ด้านบนและเหยียดตรง และขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างที่ไม่ได้ทดสอบ) อยู่ในท่างอ 30 องศา ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ส่วนปลายของต้นขาด้านบน ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.2.2.2 กล้ามเนื้อเหยียดสะโพก อยู่ในท่านอนคว่ำ งอเข่าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างทดสอบ) 90 องศาและขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง (ข้างที่ไม่ได้ทดสอบ) เหยียดตรง ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ส่วนปลายของต้นขาด้านบนข้างที่ทดสอบ ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.2.2.3 กล้ามเนื้อกระดกข้อเท้าขึ้น นั่งห้อยขาข้างเตียง เข่างอ 90 องศา ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ด้านหลังเยื้องด้านในของข้อเท้าของขาข้างที่ไม่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.2.2.4 กล้ามเนื้อกระดกเหยียดปลายเท้าลง นั่งห้อยขาข้างเตียง เข่างอ 90 องศา ข้อเท้าอยู่ในท่าปกติ ผู้ทดสอบให้แรงต้านที่ด้านหลังเยื้องด้านนอกของข้อเท้าของขาข้างที่ไม่มีภาวะข้อเท้าไม่มั่นคงเรื้อรัง ออกแรงต้านค้างไว้ 5 วินาที ทำซ้ำ 2 ครั้ง พักระหว่างเซต 30 วินาที 6.2.2.5 พัก 5 นาที ก่อนเริ่มทำการทดสอบการทรงตัวต่อไป	
7. การทดสอบการทรงตัวบนแผ่นตรวจวัดแรงกด โดยใช้ Y-balance	
7.1 การทดสอบการทรงตัวของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 7.1.1 ยืนเท้าเปล่าโดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง ให้ส่วนปลายสุดของเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกันเป็นรูปตัววาย และมือเท้าสะเอว 7.1.2 ยื่นนิ้วหัวแม่เท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังไปให้ไกลที่สุดในทิศทางด้านหน้าและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น จากนั้นยื่นไปทิศด้านใกล้กลางด้านหลังและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น ทิศด้านข้างด้านหลังและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น บนแผ่นตรวจวัดแรงขนาด 90x90 เซนติเมตร โดยคงการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดไว้ ขณะทดสอบเท้าต้องไม่สัมผัสพื้นหรือสูญเสียการทรงตัว ระหว่างเซต พัก 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต 7.1.3 วัดความยาวของรยางค์ล่างของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง ในท่านอนหงาย ใช้สายวัดวัดจากปุ่มกระดูกด้านบนของเชิงกรานไปยังส่วนปลายของตาตุ่มด้านใน	15

ลำดับขั้นตอนการทดสอบ	ระยะเวลา (นาที)
7.2 การทดสอบการทรงตัวของขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 7.2.1 ยืนเท้าเปล่าโดยยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง ให้ส่วนปลายสุดของเท้าอยู่ที่กึ่งกลางของเส้นที่ลากมาตัดกันเป็นรูปตัววาย และมือเท้าสะเอว 7.2.2 ยื่นนิ้วหัวแม่เท้าข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรังไปให้ไกลที่สุดในทิศทางด้านหน้าและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น จากนั้นยื่นไปทิศด้านใกล้กลางด้านหลังและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น ทิศด้านข้างด้านหลังและนำเท้ากลับมายังจุดเริ่มต้น บนแผ่นตรวจวัดแรงขนาด 90x90 เซนติเมตร โดยคงการติดขั้วรับสัญญาณชนิดพื้นผิวของกล้ามเนื้อทั้ง 4 มัดไว้ ขณะทดสอบเท้าต้องไม่สัมผัสพื้นหรือสูญเสียการทรงตัว ระหว่างเซต พัก 30 วินาที ทำทั้งหมด 3 เซต 7.2.3 วัดความยาวของรยางค์ล่างของขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง ในท่านอนหงาย ใช้สายวัดวัดจากปุ่มกระดูกด้านบนของเชิงกรานไปยังส่วนปลายของตาตุ่มด้านใน 7.2.4 พัก 5 นาที ก่อนเริ่มทำการทดสอบ	15
8. การทดสอบความสามารถในการทำงานของข้อเท้า โดยใช้ side hop test	
8.1 การทดสอบความสามารถในการทำงานของข้อเท้าของขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 8.1.1 ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 8.1.2 กระโดดขาเดียวข้ามเส้นที่กว้างระยะห่าง 30 เซนติเมตร กระโดดกลับไปกลับมายังตำแหน่งเดิมจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ จำนวน 10 รอบนับเป็น 1 ครั้ง ทำทั้งหมด 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 5 นาที และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบพัก 5 นาทีก่อนเริ่มทำการทดสอบขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง	10
8.2 การทดสอบความสามารถในการทำงานของข้อเท้าของขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 8.2.1 ยืนลงน้ำหนักบนขาข้างที่ไม่มีภาวะไม่มั่นคงเรื้อรัง 8.2.2 กระโดดขาเดียวข้ามเส้นที่กว้างระยะห่าง 30 เซนติเมตร กระโดดกลับไปกลับมายังตำแหน่งเดิมจากจุดเริ่มต้นให้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ จำนวน 10 รอบนับเป็น 1 ครั้ง ทำทั้งหมด 2 ครั้ง พักระหว่างครั้ง 5 นาที และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบพัก 5 นาที	10

APPENDIX J
Data recording form

(Isokinetic test)

Subject code:_________ □ Rt. ankle □ Lt. ankle

Isokinetic testing form at baseline **Date:_______**

Test speed	Motion	Concentric/Concentric		Eccentric/ Eccentric	
		Right	Left	Right	Left
		APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})
60°/sec	Ankle DF/PF				
	Ankle EV/INV				
60°/sec	Hip E				
	Hip Ab				

Isokinetic testing form after treatment (4 weeks) **Date:_________**

Test speed	Motion	Concentric/Concentric		Eccentric/ Eccentric	
		Right	Left	Right	Left
		APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})
60°/sec	Ankle DF/PF				
	Ankle EV/INV				
60°/sec	Hip E				
	Hip Ab				

Isokinetic testing form after treatment (6 weeks) **Date:_________**

Test speed	Motion	Concentric/Concentric		Eccentric/ Eccentric	
		Right	Left	Right	Left
		APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})	APT/BW (Nm^{-1}.kg^{-1})
60°/sec	Ankle DF/PF				
	Ankle EV/INV				
60°/sec	Hip E				
	Hip Ab				

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Data recording form

(Balance test:Composite score)

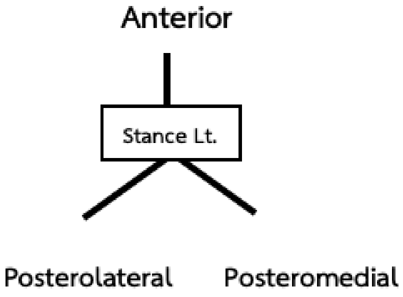
Subject code:_________ □ Rt. ankle □ Lt. ankle

Balance testing form after treatment (Baseline) **Date:_________**

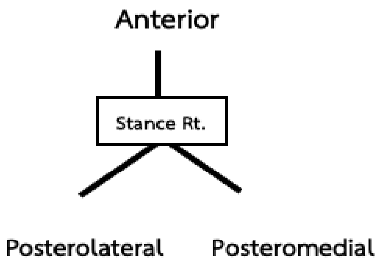
Rt. LE limb length (ASIS to med.malleolus) = ____________cm

Lt. LE limb length (ASIS to med.malleolus) = ____________cm

Trail 1______cm
Trail 2______cm
Trail 3______cm



Trail 1______cm
Trail 2______cm
Trail 3______cm



Trail 1______cm **Trail 1______cm** **Trail 1______cm** **Trail 1______cm**
Trail 2______cm **Trail 2______cm** **Trail 2______cm** **Trail 2______cm**
Trail 3______cm **Trail 3______cm** **Trail 3______cm** **Trail 3______cm**

Direction	**Greatest stance Lt. (cm)**	**Greatest stance Rt. (cm)**
Anterior		
Posterolateral		
Posteromedial		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Total score of Anterior+Posterolateral+Posteromedial (stance Lt.) = _______cm

Total score of Anterior+Posterolateral+Posteromedial (stance Rt.) = _______cm

Rt. limb length x 3 =_____________cm

Lt. limb length x 3 =_____________cm

Composite score = $\frac{\text{(Anterior+Posterolateral+Posteromedial)}}{\text{(3 x Limb length)}} \times 100$

Rt. Composite score =_________________

Lt. Composite score =_________________

Data recording form

(Balance test:Composite score)

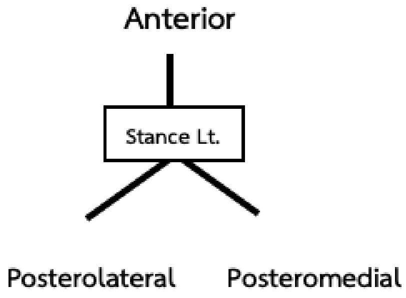
Subject code:_________ □ Rt. ankle □ Lt. ankle

Balance testing form after treatment (4 weeks) **Date:_________**

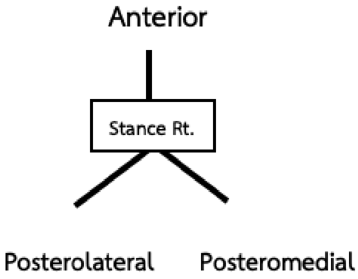
Rt. LE limb length (ASIS to med.malleolus) = ____________cm

Lt. LE limb length (ASIS to med.malleolus) = ____________cm

Trail 1______cm
Trail 2______cm
Trail 3______cm



Trail 1______cm
Trail 2______cm
Trail 3______cm



Trail 1______cm	**Trail 1______cm**	**Trail 1______cm**	**Trail 1______cm**
Trail 2______cm	**Trail 2______cm**	**Trail 2______cm**	**Trail 2______cm**
Trail 3______cm	**Trail 3______cm**	**Trail 3______cm**	**Trail 3______cm**

Direction	**Greatest stance Lt. (cm)**	**Greatest stance Rt. (cm)**
Anterior		
Posterolateral		
Posteromedial		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Total score of Anterior+Posterolateral+Posteromedial (stance Lt.) = ________cm

Total score of Anterior+Posterolateral+Posteromedial (stance Rt.) = ________cm

Rt. limb length x 3 =_____________cm

Lt. limb length x 3 =_____________cm

Composite score = $\frac{\text{(Anterior+Posterolateral+Posteromedial)}}{\text{(3 x Limb length)}} \times 100$

Rt. Composite score =_________________

Lt. Composite score =_________________

Data recording form

(Balance test:Composite score)

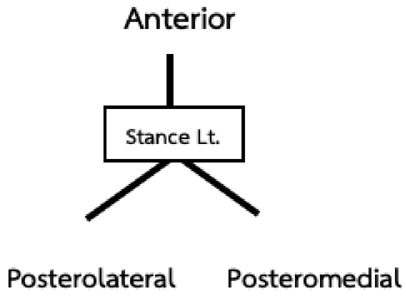
Subject code:_________ □ Rt. ankle □ Lt. ankle

Balance testing form after treatment (6 weeks) **Date:__________**

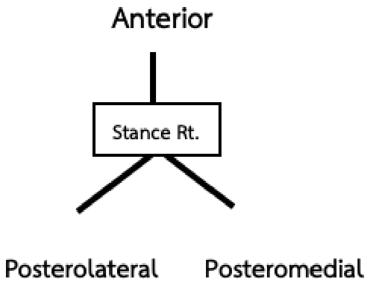
Rt. LE limb length (ASIS to med.malleolus) = ____________cm

Lt. LE limb length (ASIS to med.malleolus) = ____________cm

Trail 1______cm
Trail 2______cm
Trail 3______cm



Trail 1______cm
Trail 2______cm
Trail 3______cm



Trail 1______cm **Trail 1______cm** **Trail 1______cm** **Trail 1______cm**
Trail 2______cm **Trail 2______cm** **Trail 2______cm** **Trail 2______cm**
Trail 3______cm **Trail 3______cm** **Trail 3______cm** **Trail 3______cm**

Direction	**Greatest stance Lt. (cm)**	**Greatest stance Rt. (cm)**
Anterior		
Posterolateral		
Posteromedial		

Total score of Anterior+Posterolateral+Posteromedial (stance Lt.) = ________cm

Total score of Anterior+Posterolateral+Posteromedial (stance Rt.) = ________cm

Rt. limb length x 3 =_____________cm

Lt. limb length x 3 =_____________cm

Composite score = $\frac{\text{(Anterior+Posterolateral+Posteromedial)}}{\text{(3 x Limb length)}} \times 100$

Rt. Composite score =_________________

Lt. Composite score =_________________

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Data recording form (Side hop test)

Subject code:_________ □ Rt. ankle □ Lt. ankle

Side hop testing form at baseline **Date:_________**

Side	Trail 1 (second)	Trail 2 (second)	The best (shortest) time (second)
Rt.ankle			
Lt.ankle			

Side hop testing form after treatment (4 weeks) **Date:_________**

Side	Trail 1 (second)	Trail 2 (second)	The best (shortest) time (second)
Rt.ankle			
Lt.ankle			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Side hop testing form after treatment (6 weeks) **Date:_________**

Side	Trail 1 (second)	Trail 2 (second)	The best (shortest) time (second)
Rt.ankle			
Lt.ankle			

REFERENCES

Abe, T., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., & Bemben, M. G. (2012). Exercise intensity and muscle hypertrophy in blood flow-restricted limbs and non-restricted muscles: a brief review. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *32*, 247-252.

Almeida, G. P. L. a., Monteiro, I. O., Marizeiro, D. e. F., Maia, L. B., & Lima, P. O. d. P. (2017). Y balance test has no correlation with the Stability Index of the Biodex Balance System. *Musculoskeletal Science and Practice*, *27*, 1-6.

Angin, S., Crofts, G., Mickle, K. J., & Nester, C. J. (2014). Ultrasound evaluation of foot muscles and plantar fascia in pes planus. *Gait Posture*, *40*, 48-52.

Arnheim, D. D., & Prentice, W. E. (1997). *Principles of Athletic Training* (9 ed.). St Louis, MO: McGraw-Hill Publishers.

Attarian, D. E., McCrackin, H. J., DeVito, D. P., McElhaney, J. H., & Garrett, W. E. J. (1985). Biomechanical characteristics of human ankle ligaments. *Foot Ankle*, *6*, 54-58.

Bezerra de Morais, A., Santos Cerqueira, M., Moreira Sales, R., Rocha, T., & Galvão de Moura Filho, A. (2017). Upper limbs total occlusion pressure assessment: Doppler ultrasound reproducibility and determination of predictive variables. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *37*, 437–441.

Bittar, i. T., Macêdo, J. O. R., Neto, E. A. P., Silva, H. G., Pfeiffer, P. A. S.,, Padilha, J. A., Santos, W. V., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). The benefits of physical activity on climacteric women. . *Intechopen*.

Boling, M. C., Padua, D. A., & Creighton, R. A. (2009). Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *Journal of Athletic Training*, *44*, 7-13.

Boraoa, O., Planasb, A., Beltranb, V., & Corbib, F. (2015). Effects of a 6-week neuromuscular ankle training program on the Star Excursion Balance Test for basketball players. *Apunts Medicina de l'Esport*, *50*, 95-102.

Boren, K., Conrey, C., Le Coguic, J., Paprocki, L., Voight, M., & Robinson, T. K. (2011). Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *6*, 206-223.

Bosien, W. R., Staples, S., & Russell, S. W. (1995). Residual disability following acute ankle sprains. *Journal of Bone and Joint Surgery*, *37*, 237–1243.

Boudreau, S., Romaniello, A., Wang, K., Svensson, P., Sessle, B. J., & Arendt-Nielsen, L. (2007). The effects of intra-oral pain on motor cortex neuroplasticity associated with short-term novel tongue-protrusion training in humans. *Pain*, *132*, 169-178.

Bowman, E. N., Elshaar, R., Milligan, H., Jue, G., Mohr, K., Brown, P., Watanabe, D. M., & Limpisvasti, O. (2019). Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial. *Sports Health*, *11*, 149-156.

Brandner, C. R., May, A. K., Clarkson, M. J., & Warmington, S. A. (2018). Reported side-effects and safety considerations for the use of blood flow restriction during exercise in practice and research. *Techniques in Orthopaedics 33*, 114-121.

Brandner, C. R., Warmington, S. A., & Kidgell, D. J. (2015). Corticomotor Excitability

is Increased Following an Acute Bout of Blood Flow Restriction Resistance Exercise. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*, 1-10.

Bremer, S. W. (1985). The unstable ankle mortise–functional ankle varus. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, *24*, 313-317.

Browne, J. E., & O'Hare, N. J. (2001). Review of the different methods for assessing standing balance. *Physiotherapy*, *87*, 489–495.

Bryk, F. F., Dos Reis, A. C., Fingerhut, D., Araujo, T., Schutzer, M., Cury Rde, P., Duarte, A. J., & Fukuda, T. (2016). Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *24*, 1580-1586.

Buckner, S. L., Dankel, S. J., Counts, B. R., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Mattocks, K. T., Laurentino, G. C., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2017). Influence of cuff material on blood flow restriction stimulus in the upper body. *The Journal of Physiological Sciences*, *67*, 207-215.

Bullock-Saxton, J. E. (1995). Sensory changes associated with severe ankle sprain. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, *27*, 161-167.

Burkhardt, M., Burkholder, E., & Goetschius, J. (2021). Effects of blood flow restriction on muscle activation during dynamic balance exercises in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, *30*(6), 870-875.

Cass, J. R., & Settles, H. (1994). Ankle instability: in vitro kinematics in response to axial load. *Foot & Ankle International*, *15*, 134–140.

Chamorro, C., Armijo-Olivo, S., Fuente, C. D. l., Fuentes, J., & Chirosa, L. J. (2017). Absolute reliability and concurrent validity of hand held dynamometry and isokinetic dynamometry in the hip, knee and ankle joint: systematic review and meta-analysis. *Open medicine (Warsaw)*, *12*, 359-375.

Chan, K. W., Ding, B. C., & Mroczek, K. J. (2011). Acute and chronic lateral ankle instability in the athlete. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, *69*, 17-26.

Chen, J., Jack, R., Appelle, J., Bushuk, M., & Smith, C. (2015). Surface electromyographic study of peroneus longus activation during ankle eversion and heel lift. *Open Journal of Therapy and Rehabilitation*, *3*, 101-108.

Choi, N. Y., Jang, H. S., & Shin, Y. A. (2015). The effect on muscle activation in trunk and low-limbs during squat exercise on various instability surface. *Korean J Phys Edu*, *54*, 505-514

Contreras, B., Vigotsky, A. D., Schoenfeld, B. J., Beardsley, C., & Cronin, J. (2015). A comparison of two gluteus maximus EMG maximum voluntary isometric contraction positions. *Peer J*, 1-10.

Cruz-Diaz, D., Lomas-Vega, R., Osuna-Pérez, M. C., Contreras, F. H., & Martínez-Amat, A. (2015). Effects of 6 Weeks of Balance Training on Chronic Ankle Instability in Athletes: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Sports Medicine 36*, 754-760.

Dankel, S. J., Jessee, M. B., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2016). The effects of blood flow restriction on upper-body musculature located distal and proximal to applied pressure. *Sports Medicine 46*, 23-33.

David, P., Halimi, M., Mora, I., Doutrellot, P. L., & Petitjean, M. (2013). Isokinetic testing of evertor and invertor muscles in patients with chronic ankle instability.

Journal of Applied Biomechanics 29(6), 696–704.
de la Motte, S., Arnold, B. L., & Ross, S. E. (2015). Trunk-rotation differences at maximal reach of the Star Excursion Balance Test in participants with chronic ankle instability. *The Journal of Athletic Training*, *50*(4), 358–365.
de Noronha, M., França, L. C., Haupenthal, A., & Nunes, G. S. (2013). Intrinsic predictive factors for ankle sprain in active university students: a prospective study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *23*, 541-547.
Delahunt, E., Coughlan, G. F., Caulfield, B., Nightingale, E. J., Lin, C. W., & Hiller, C. E. (2010). Inclusion criteria when investigating insufficiencies in chronic ankle instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *42*, 2106-2121.
DePhillipo, N. N., Kennedy, M. I., Aman, Z. S., Bernhardson, A. S., O'Brien, L. T., & LaPrade, R. F. (2018). The role of blood flow restriction therapy following knee surgery: expert opinion. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, *34*, 2506-2510.
Doherty, C., Bleakley, C., Hertel, J., Caulfield, B., Ryan, J., & Delahunt, E. (2016). Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *24*, 1086–1095.
Donahue, M., Simon, J., & Docherty, C. L. (2011). Critical review of self-reported functional ankle instability measures. *Foot & Ankle International 32*, 1140-1146.
Eils, E., Schröter, R., Schröder, M., Gerss, J., & Rosenbaum, D. (2010). Multistation proprioceptive exercise program prevents ankle injuries in basketball. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *42*, 2098-2105.
Faltus, J., Owens, J., & Hedt, C. (2018). Theoretical applications of blood flow restriction training in managing chronic ankle instability in the basketball athelete. *International Journal of Sports Physical Therapy*, *13*, 552-560.
Fatela, P., Mendonca, G. V., Veloso, A. P., Avela, J., & Mil-Homens, P. (2019). Blood flow restriction alters motor unit behavior during resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *40*, 555–562.
Fong, D. T., Ha, S. C., Mok, K. M., Chan, C. W., & Chan, K. M. (2012). Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports: five cases from televised tennis competitions. *The American Journal of Sports Medicine*, *40*(11), 2627–2632.
Fong, D. T. P., Chan, Y. Y., Hong, Y., Yung, P. S. H., Fung, K. Y., & Chan, K. M. (2008). Estimating the complete ground reaction force with pressure insoles in walking. *Journal of Biomechanics,*, *41*, 2597-2601.
Fong, D. T. P., Chan, Y. Y., Mok, K. M., Yung, P. S. H., & Chan, K. M. (2009). Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology*, *1*, 14.
Fong, D. T. P., Hong, Y., Chan, L. K., Yung, P. S. H., & Chan, K. M. (2007). A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports Medicine*, *37*, 73-94.
Freeman, M. A. R. (1965). Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. *The Journal of bone and joint surgery*, *47*, 669-677.
Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein

synthesis. *Journal of Applied Physiology*, *103*, 903-910.
Gerber, J. P., Williams, G. N., Scoville, C. R., Arciero, R. A., & Taylor, D. C. (1998). Persistent disability associated with ankle sprains: a prospective examination of an athletic population. *Foot & Ankle International*, *19*, 653-660.
Giles, L., Webster, K. E., McClelland, J., & Cook, J. L. (2017). Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *British Journal of Sports Medicine 51*, 1688-1694.
Glave, A. P., Didier, J. J., Weatherwax, J., Browning, S. J., & Fiaud, V. (2016). Testing Postural Stability: Are the Star Excursion Balance Test and Biodex Balance System Limits of Stability Tests Consistent? *Gait Posture, 43*, 225-227.
Gribble, P. A., Delahunt, E., Bleakley, C. M., Caulfield, B., Docherty, C. L., Fong, D. T.-P., François Fourchet, Hertel, J., Hiller, C. E., Kaminski, T. W., McKeon, P. O., Refshauge, K. M., Wees, P. v. d., Vicenzino, W., & Wikstrom, E. A. (2014). Selection criteria for patients with chronic ankle instability in controlled research: a position statement of the international ankle consortium. *Journal of Athletic Training*, *49*, 121-127.
Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003a). Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, *7*, 89-100.
Gribble, P. A., & Hertel, J. (2003b). Considerations for normalizing measures of the Star Excursion Balance Test. *Measurement in Physical Education and Exercise Science*, *7*, 89-100.
Gribble, P. A., & Robinson, R. H. (2009). An examination of ankle, knee, and hip torque production in individuals with chronic ankle instability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*, 395-400.
Gross, P., & Marti, B. (1999). Risk of degenerative ankle joint disease in volleyball players: study of former elite athletes. . *International Journal of Sports Medicine*, *20*, 58-63.
Guermazi, A., Roemer, F. W., & Crema, M. D. (2016). *Imaging in sports-specific musculoskeletal injuries* (1 ed.). Springer International Publishing.
Gundermann, D. M., Fry, C. S., Dickinson, J. M., Walker, D. K., Timmerman, K. L., Drummond, M. J., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2012). Reactive hyperemia is not responsible for stimulating muscle protein synthesis following blood flow restriction exercise. *Journal of Applied Physiology*, *112*, 1520-1528.
Gundermann, D. M., Walker, D. K., Reidy, P. T., Borack, M. S., Dickinson, J. M., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2014). Activation of mTORC1 signaling and protein synthesis in human muscle following blood flow restriction exercise is inhibited by rapamycin. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, *15*, 1198-1204.
Hale, S. A., Hertel, J., & Olmsted-Kramer, L. C. (2007). The effect of a 4-week comprehensive rehabilitation program on postural control and lower extremity function in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *37*, 303-311.
Hall, E. A., Chomistek, A. K., Kingma, J. J., & Docherty, C. L. (2018). Balance and strength training protocols to improve chronic ankle instability deficits, Part I: Assessing Ccinical outcome measures. *Journal of Athletic Training*, *53*, 568-

577.
Hertel, J., & Corbett, R. (2019). An updated model of chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*, *54*, 572-588.
Hiller, C. E., Refshauge, K. M., Bundy, A. C., Herbert, R. D., & Kilbreath, S. (2006). The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *87*, 1235-1241.
Hintermann, B. (1999). Biomechanics of the unstable ankle joint and clinical implications. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*, 459-469.
Hintermann, B., Boss, A., & Schäfer, D. (2002). Arthroscopic findings in patients with chronic ankle instability. *The American Journal of Sports Medicine,*, *30*, 402-409.
Hintermann, B., Valderrabano, V., Boss, A., Trouillier, H. H., & Dick, W. (2004). Medial ankle instability an exploratory, prospective study of fifty-two cases. *The American Journal of Sports Medicine*, *32*, 183-190.
Hoch, M. C., & McKeon, P. O. (2014). Peroneal reaction time after ankle sprain: a systematic review and meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *46*, 546-556.
Huang, P. Y., Chen, W. L., Lin, C. F., & Lee, H. J. (2014). Lower extremity biomechanics in athletes with ankle instability after a 6-Week integrated training program. *Journal of Athletic Training*, *49*, 163-172.
Hubbard, T. J., Kramer, L. C., Denegar, C. R., & Hertel, J. (2007). Contributing factors to chronic ankle instability. *Foot & Ankle International*, *28*, 343-354.
Iversen, E., Røstad, V., & Larmo, A. (2016). Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sport and Health Science*, *5*, 115-118.
Jaber, H., Lohman, E., Alameri, M., Bains, G., & Daher, N. (2018). The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Ankle Joint Function in Athletes with Chronic Ankle Instability. *Journal of Athletic Enhancement*, *7*, 1-8.
Jaber, H., Lohman, E., Daher, N., Bains, G., Nagaraj, A., Mayekar, P., Shanbhag, M., & Alameri, M. (2018). Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. *Plos one*, *13*, 1-16.
Jessee, M. B., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Counts, B. R., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2016). The influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: Implications for blood flow restriction research. *Sports Medicine*, *46*, 913-921.
Jones, M. D., Taylor, J. L., & Barry, B. K. (2017). Occlusion of blood flow attenuates exercise-induced hypoalgesia in the occluded limb of healthy adults. *Journal of Applied Physiology*, *122*, 1284-1291.
Jung, N. (2020). A comparative Evaluation of closed and open kinetic exercises in the management of chronic ankle instability. *Journal of International Academy of Physical Threrapy Research*, *11*(4), 2212-2220.
Kawada, S., & Ishii, N. (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*, 1144–1150.
Khin-Myo-Hla, Ishii, T., Sakane, M., & Hayashi, K. (1999). Effect of anesthesia of the sinus tarsi on peroneal reaction time in patients with functional instability of the ankle. *Foot & Ankle International*, *20*, 554–559.

Chulalongkorn University

Kidgell, D. J., Horvath, D. M., Jackson, B. M., & Seymour, P. J. (2007). Effect of six weeks of Dura Disc and mini-trampoline balance training on postural sway in athletes with functional ankle instability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *21*, 466-469.

Killinger, B., Lauver, J. D., Donovan, L., & Goetschius, J. (2020). The effects of blood flow restriction on muscle activation and hypoxia in individuals with chronic ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1-7.

Kleinrensink, G. J., Stoeckart, R., Meulstee, J., Kaulesar Sukul, D. M., Vleeming, A., Snijders, C. J., & van Noort, A. (1994). Lowered motor conduction velocity of the peroneal nerve after inversion trauma. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *26*, 877-883.

Kobayashi, T., & Gamada, K. (2014). Lateral ankle sprain and chronic ankle instability: a critical review. *Foot and Ankle Specialist*, *7*, 298–326.

Kobayashi, T., Tanaka, M., & Shida, M. (2016). Intrinsic risk factors of lateral ankle sprain: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, *8*, 190-193.

Konradsen, L. (2002). Factors contributing to chronic qnkle instability: knesthesia and joint position sense. *Journal of Athletic Training*, *37*, 381-385.

Konradsen, L., & Voigt, M. (2002). Inversion injury biomechanics in functional ankle instability: a cadaver study of simulated gait. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports 12*(6), 329-336.

Korakakis, V., Whiteley, R., & Epameinontidis, K. (2018). Blood Flow Restriction induces hypoalgesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. *Physical Therapy in Sport*, *32*, 235-243.

Kubota, A., Sakuraba, K., Koh, S., Ogura, Y., & Tamura, Y. (2011). Blood flow restriction by low compressive force prevents disuse muscular weakness. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *14*, 95-99.

Kubota, A., Sakuraba, K., Sawaki, K., Sumide, T., & Tamura, Y. (2008). Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*, 529-534.

Kumai, T., Takakura, Y., Rufai, A., Milz, S., & Benjamin, M. (2002). The functional anatomy of the human anterior talofibular ligament in relation to ankle sprains. *Journal of Anatomy*, *200*, 457–465.

Ladlow, P., Coppack, R. J., Dharm-Datta, S., Conway, D., Sellon, E., Patterson, S. D., & Bennett, A. N. (2017). The effects of low-intensity blood flow restricted exercise compared with conventional resistance training on the clinical outcomes of active UK military personnel following a 3-week in-patient rehabilitation programme: protocol for a randomized controlled feasibility study. *Pilot and Feasibility Studies*, *3*, 1-14.

Lauren, C. O., Christopher, R. C., Hertel, J., & Shultz, S. J. (2002). Efficacy of the star excursion balance tests in detecting reach deficits in subjects with chronic ankle instability. *The Journal of Athletic Training*, *37*, 501-506.

Laurentino, G. C., Loenneke, J. P., Mouser, J. G., Buckner, S. L., Counts, B. R., Dankel, S. J., Jessee, M. B., Mattocks, K. T., Iared, W., Tavares, L. D., Teixeira, E. L., & Tricoli, V. (2018). Validity of the handheld doppler to determine lower-limb blood flow restriction pressure for exercise protocols. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *00*, 1-4.

Lauver, J. D., Goetschius, J., & Donovan, L. (2019). The effects of blood flow restriction on muscle activation and hypoxia in individuals with chronic ankle instabilit. *Journal of Sport Rehabilitation*, 1-7.

Linens, S. W., Ross, S. E., Arnold, B. L., Gayle, R., & Pidcoe, P. (2014). Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability. *Journal of Athletic Training*, *49*, 15-23.

Lixandra˜o, M. E., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C. A., Aihara, A. Y., Cardoso, F. N., Tricoli, V., & Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, *115*, 2471–2480.

Lixandrão, M. E., Ugrinowitsch, C., Bottaro, M., Chacon-Mikahil, M. P., Cavaglieri, C. R., Min, L. L., de Souza, E. O., Laurentino, G. C., & Libardi, C. A. (2014). Vastus lateralis muscle cross-sectional area ultrasonography validity for image fitting in humans. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*, 3293-3297.

Lobo, C. C., Morales, C. R., Sanz, D. R., Corbalán, I. S., Marín, A. G., & López, D. L. (2016). Ultrasonography comparison of peroneus muscle cross-sectional qrea in subjects with or without lateral ankle sprains. *Journal of Manipulative & Physiological Therapeutics*, *39*, 635-644.

Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., Bemben, D. A., & Bemben, M. G. (2012). Effects of cuff width on arterial occlusion: Implications for blood flow restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *112*, 2903-2912.

Loenneke, J. P., & Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *31*, 77-84.

Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Wilson, G. J., Pujol, T. J., & Bemben, M. G. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*, 510-518.

Lundberg, A., Goldie, I., Kalin, B., & Selvik, G. (1989). Kinematics of the ankle/foot complex: plantarflexion and dorsiflexion. *Foot Ankle 9*, 194-200.

Madarame, H., Neya, M., Ochi, E., Nakazato, K., Sato, Y., & Ishii, N. (2008). Cross-transfer *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *40*, 258–263.

Madsen, L. P., Hall, E. A., & Docherty, C. L. (2018). Assessing outcomes in people with chronic ankle instability: The Ability of functional performance tests to measure deficits in physical function and perceived instability. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *48*, 372-380.

Maffulli, N., & Ferran, N. A. (2008). Management of acute and chronic ankle instability. *Journal of The American Academy of Orthopaedic Surgeons*, *16*, 608-615.

Martin-Hernandez, J., Marin, P. J., Menendez, H., Ferrero, C., Loenneke, J. P., & Herrero, A. J. (2013). Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *23*, 114-120.

Martin, H., Yule, V., Syddall, H., Dennison, E., & Cooper, C. (2006). Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Biodex dynamometry. *Gerontology*, *52*, 154-159.

Martin, R. L., Davenport, T. E., Paulseth, S., Wukich, D. K., & Godges, J. J. (2013). Ankle stability and movement coordination impairments: ankle ligament sprains. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *43*, 1-40.

Mattacola, C. G., & Dwyer, M. K. (2002). Rehabilitation of ankle after acute sprain or chronic instability. *Journal of Athletic Training*, *37*, 413-429.

Mattocks, K., Jessee, M. B., Mouser, J. G., & Dankel, S. (2018). The application of blood flow restriction: lessons from the laboratory. *Current sports medicine reports*, *17*, 129-134.

May, A. K., Russell, A. P., & Warmington, S. A. (2018). Lower body blood flow restriction training may induce remote muscle strength adaptations in an active unrestricted arm. *European Journal of Applied Physiology*, *118*, 617-627.

McEwen, J. A., Owens, J. G., & Jeyasurya, J. (2018). Why is it Crucial to Use Personalized Occlusion Pressures in Blood Flow Restriction (BFR) Rehabilitation? *Journal of Medical and Biological Engineering*, *39*, 173-177.

McKeon, P. O., & Wikstrom, E. A. (2016). Sensory-targeted ankle rehabilitation strategies for chronic ankle instability. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *48*, 776-784.

McKeon, P. O., & Wikstrom, E. A. (2018). The effect of sensory-targeted ankle rehabilitation strategies on single-leg center of pressure elements in those with chronic ankle instability: A randomized clinical trial. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *22*, 288-293.

McKnight, C. M., & Armstrong, C. W. (1997). The role of ankle strength in functional ankle instability. *Journal of Sport Rehabilitation*, *6*, 21-29.

Miller, C. D., Shelton, W. R., Barrett, G. R., Savoie, F. H., & Dukes, A. D. (1995). Deltoid and syndesmosis ligament injury of the ankle without fracture. *The American Journal of Sports Medicine*, *23*, 746-750.

Mohammadi, F. (2007). Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, *35*, 922-926.

Moore, K. L., Dalley, A. F., & Agur, A. M. R. (2006). *Clinically oriented anatomy* (5 ed.).

Morrison, K. E., & Kaminski, T. W. (2007). Foot characteristics in association with inversion ankle injury. *Journal of Athletic Training*, *42*, 135-142.

Munn, J., Sullivan, S. J., & G.Schneiders, A. (2010). Evidence of sensorimotor deficits in functional ankle instability: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*, 2-12.

Negahban, H., Moradi-Bousari, A., Naghibi, S., Sarrafzadeh, J., Shaterzadeh-Yazdi, M. J., Goharpey, S., Etemadi, M., Mazaheri, M., & Feizi, A. (2013). The eccentric torque production capacity of the ankle, knee, and hip muscle groups in patients with unilateral chronic ankle instability. *Asian Journal of Sports Medicine, 4*, 144-152.

Neumann, D. A. (2010). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations of physical rehabilitation* (2 ed.). Mosby/Elsevier.

Noordin, S., McEwen, J. A., Kragh, J. F. J., Eisen, A., & Masri, B. A. (2009). Surgical tourniquets in orthopaedics. *Journal of Bone and Joint Surgery*, *91*, 2958-2967.

O'Driscoll, J., Kerin, F., & Delahunt, E. (2011). Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: A case report. *Sports*

Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy and Technology, 3, 13-19.

Palmieri-Smith, R. M., Hopkins, J. T., & Brown, T. N. (2009). Peroneal activation deficits in persons with functional ankle instability. *The American Journal of Sports Medicine*, *37*(5), 982–988.

Patterson, S., & Ferguson, R. (2010). Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *European Journal of Applied Physiology*, *108*, 1025–1033.

Patterson S., & Ferguson, R. (2010). Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *European Journal of Applied Physiology*, *108*, 1025–1033.

Patterson, S. D., & Ferguson, R. A. (2011). Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *Journal of Aging and Physical Activity 19*, 201-213.

Perry, J. (1983). Anatomy and biomechanics of the hindfoot. . *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *177*, 9-15.

Pietrosimone, P. G., & Gribble, P. A. (2012). Chronic ankle instability and corticomotor excitability of the fibularis longus muscle. *Journal of Athletic Training*, *47*, 621-626.

Pintsaar, A., Brynhildsen, J., & Tropp, H. (1996). Postural corrections after standard-ized perturbations of single leg stance: effect of training and orthotic devices in patients with ankle instability. *British Journal of Sports Medicine*, *30*, 151-155.

Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., & Kiesel, K. B. (2009). Under- wood FB, Elkins B. The reliability of an instrument- ed device for measuring components of the star ex- cursion balance test. *North American journal of sports physical therapy*, *4*, 92-99.

Plisky, P. J., Rauh, M. J., & Kaminski, T. W. (2006). Underwood FB. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *36*, 911-919.

Pollard, C. D., Sigward, S. M., & Powers, C. M. (2011). Limited hip and knee flexion during landing is associated with increased frontal plane knee motion and moments. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, *25*, 142-146.

Rasmussen, O., & Tovborg-Jensen, I. (1982). Mobility of the ankle joint: recording of rotatory movements in the talocrural joint in vitro with and without the lateral collateral ligaments of the ankle. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, *53*, 155–160.

Rocka, P. A. J. (1995). The subtalar joint: anatomy and joint motion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *21*, 361–372.

Rosen, A. B., Needle, A. R., & Ko, J. (2017). Ability of functional performance tests to identify individuals with chronic ankle instability: A systematic review with meta-analysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *0*, 1-14.

Rossi, F. E., Freitas, M. C. d., Zanchi, N. E., Lira, F. S., & Cholewa, J. M. (2018). The role of inflammation and immune cells in blood flow restriction training adaptation: a review. *Frontiers in Physiology*, *9*, 1-9.

Ryan, L. (1994). Mechanical stability, muscle strength, and proprioception in the functionally unstable ankle. *Australian Journal of Physiotherapy 40*, 41-47.

Safran, M. R., Benedetti, R. S., Bartolozzi, A. R., & Mandelbaum, B. R. (1999). Lateral

ankle sprains: a comprehensive review, part 1: etiology, pathoanatomy, histopathogenesis, and diagnosis. . *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*, 429-437.

Schiaffino, S., Dyar, K. A., Ciciliot, S., Blaauw, B., & Sandri, M. (2013). Mechanisms regulating skeletal muscle growth and atrophy. *The FEBS journal, 280* 4294-4314.

Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2016). Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport,, 19*, 360-367.

Segal, N. A., Williams, G. N., Davis, M. C., Wallace, R. B., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of blood flow-restricted, low-load resistance training in women with risk factors for symptomatic knee osteoarthritis. *The Journal of Injury, Function and Rehabilitation 7*, 376-384.

Sharma, J. P., & Salhotra, R. (2012). Tourniquets in orthopedic surgery. *Indian journal of orthopaedics, 46,* 377-383.

Shih, Y.-F., Yu, H.-T., Chen, W.-Y., Liao, K.-K., Lin, H.-C., & Yang, Y.-R. (2018). The effect of additional joint mobilization on neuromuscular performance in individuals with functional ankle instability. *Physical Therapy in Sport, 30,* 22-28.

Silvestri, E., Muda, A., & Orlandi, D. (2015). *Ultrasound Anatomy of Lower Limb Muscles: A Practical Guide* (1 ed.).

Simon, J., Donahue, M., & Docherty, C. (2012). Development of the Identification of Functional Ankle Instability (IdFAI). *Foot & Ankle International*, *33*(9), 755–763.

Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: a systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport, 19*, 669-675.

Stormont, D. M., Morrey, B. F., An, K. N., & Cass, J. R. (1985). Stability of the loaded ankle: relation between articular restraint and primary and secondary static restraints. *American Journal of Sports Medicine*, *13,* 295-300.

Sugimoto, K., Samoto, N., Takakura, Y., & Tamai, S. (1997). Varus tilt of the tibial plafond as a factor in chronic ligament instability of the ankle. *Foot & Ankle International*, *18*, 402-405.

Tabrizi, P., McIntyre, W. M., Quesnel, M. B., & Howard, A. W. (2000). Limited dorsiflex- ion predisposes to injuries of the ankle in children. *The Journal of bone and joint surgery*, *82*, 1103–1106.

Taillard, W., Meyer, J. M., Garcia, J., & Blanc, Y. (1981). The sinus tarsi syndrome. *International Orthopaedics*, *5,* 117-130.

Takada, S., Okita, K., Suga, T., Omokawa, M., Morita, N., Horiuchi, M., Kadoguchi, T., Takahashi, M., Hirabayashi, K., Yokota, T., Kinugawa, S., & Tsutsui, H. (2012). Blood flow restriction exercise in sprinters and endurance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*, 413-419.

Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 32*, 2035-2039.

Tennent , D. J., Hylden, C. M., Johnson, A. E., Burns, T. C., Wilken, J. M., & Owens, J. G. (2017). Blood flow restriction training after knee arthroscopy: a randomized

controlled pilot study. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *27*, 245-252.

Terrier, R., Degache, F., Fourchet, F., Gojanovic, B., & Forestier, N. (2017). Assessment of evertor weakness in patients with chronic ankle instability: Functional versus isokinetic testing. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon) 41*, 54-59.

Toigo, M., & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European journal of applied physiology 97*, 643-663.

Valderrabano, V., Leumann, A., Pagenstert, G., Frigg, A., Ebtener, L., & Hintermann, B. (2006). Chronic ankle instability in sports e a review for sports physicians. *Sportverletzung Sportschaden*, *20*, 177-183.

Wernbom, M., & Aagaard, P. (2020). Muscle fibre activation and fatigue with low-load blood flow restricted resistance exercise-An integrative physiology review. *Acta Physiologica*, 1-48.

Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomee, R. (2007). The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sports Medicine*, *37*, 255-264.

Wikstrom, E. A., Hubbard-Turner, T., & McKeon, P. O. (2013). Understanding and treating lateral ankle sprains and their consequences: a constraints-based approach. *Sports Medicine*, *43*, 385-393.

Wikstrom, E. A., Naik, S., Lodha, N., & Cauraugh, J. H. (2009). Balance capabilities after lateral ankle trauma and intervention: a meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *41*, 1287-1295.

Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *27*, 3068-3075.

Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2003). The football association medical research programme: an audit of injuries in professional football: an analysis of ankle sprains. *British Journal of Sports Medicine*, *37*, 233–238.

Yow, B. G., Tennent, D. J., Dowd, T. C., Loenneke, J. P., & Owens, J. G. (2018). Blood flow restriction training after achilles tendon rupture. *The Journal of Foot and Ankle Surgery*, *57*, 635-638.

Yu, H. T., Lin, H. C., & Shih, Y. F. (2017). Corticospinal excitability and neuromuscular performance in individuals with functional ankle instability. *Formosan Journal of Physical Therapy*, *42*, 32-41.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

VITA

NAME	Phurichaya Werasirirat
DATE OF BIRTH	16 May 1985
PLACE OF BIRTH	Chonburi
INSTITUTIONS ATTENDED	- Master’s degree of Sciences (Physical Therapy) Faculty of Associated Medical Science, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand - Bachelor’s degree of Science (Physical Therapy) Faculty of Allied Health Science, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand
HOME ADDRESS	44/108 the pulse condo Bangsaen sai3 road, Saensuk, Sub- district, Mueang Chonburi District, Chonburi, Thailand, 20130
PUBLICATION	1. Werasirirat, P., Yimlamai, T. Effect of supervised rehabilitation combined with blood flow restriction training on muscle activation and postural control in athletes with chronic ankle instability: A randomized controlled trial. Journal of Exercise Rehabilitation, 2022;18(2):1-10. 2. Werasirirat, P., Yimlamai, T. Effect of supervised rehabilitation combined with blood flow restriction training in athletes with chronic ankle instability: randomized placebo-controlled trial. Journal of Physical Education and Sport, 2022;22(5):1145-1154.
AWARD RECEIVED	Best of oral presentation award in the 11th International Conference of Sports and Exercise Science at Burapha University, Chonburi Thailand

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University