

ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทาง  
คิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF SPECIFIC FUNCTIONAL EXERCISE ON CHANGES OF  
LOWER EXTREMITY KINEMATIC PATTERN AND MUSCLE ACTIVITY IN LONG DISTANCE  
RUNNERS WITH PLANTAR FASCIITIS



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 2020

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทาง คีเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่า

โดย นายวรพงษ์ คงทอง

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โควงประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รองศาสตราจารย์ ดร.วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

----- คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

----- ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ พันตรี ดร.รุ่งชัย ชวนไชยะกุล)

----- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โควงประเสริฐ)

----- อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์)

----- กรรมการ  
(ศาสตราจารย์ ดร.ดร.ณวรรณ สุขสม)

----- กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

----- กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมศักดิ์ สิ้นสุรินทร์)

วรพงษ์ คงทอง : ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทาง คิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ. ( EFFECTS OF SPECIFIC FUNCTIONAL EXERCISE ON CHANGES OF LOWER EXTREMITY KINEMATIC PATTERN AND MUSCLE ACTIVITY IN LONG DISTANCE RUNNERS WITH PLANTAR FASCITIS) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.สุรสา โควงประเสริฐ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร.วีรวุฒิ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 การศึกษา สำหรับการศึกษานี้ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำและไม่เป็นโรครองซ้ำ กลุ่มตัวอย่างคือนักวิ่งระยะไกลจำนวน 36 คน ประกอบด้วยกลุ่มที่เป็นโรครองซ้ำ (PF) จำนวน 18 คน และกลุ่มที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ (No PF) จำนวน 18 คน ได้รับการทดสอบมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง ความสามารถในการทรงรูปของเท้า Impulse และการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง ขณะวิ่งท่าเปล่าที่ความเร็ว 3 ถึง 3.67 เมตรต่อวินาที ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวที่เชื่อมต่อกับแผ่นรับแรงกดและเครื่องบันทึกสัญญาณการทำงานของกล้ามเนื้อแบบไร้สาย นอกจากนี้ทำการเก็บข้อมูลขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกร้าวแล้วทำการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติ Unpaired t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการศึกษาพบว่ากลุ่ม PF มีความสามารถในการทรงรูปของเท้า การทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ขนาดกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor และระดับ Pressure pain threshold (PPT) มีค่าต่ำกว่ากลุ่ม No PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ พบว่ากลุ่ม PF มีมุมของอุ้งเท้า มุม Rearfoot eversion มุม Knee abduction มุม Hip adduction มุม Pelvic upward rotation การทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius กล้ามเนื้อ Gluteus maximus ค่า Impulse และคะแนน Foot function index (FFI) มีค่ามากกว่ากลุ่ม No PF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง ความสามารถในการทรงรูปของเท้า ค่า Impulse การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกที่ผิดปกติไป ซึ่งส่งผลให้มีการกระตุ้นให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ทำให้มีระดับความรู้สึกร้าวที่สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ

การศึกษานี้ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (SFE) และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (IERC) ต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ โดยมีนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม SFE จำนวน 21 คน ได้รับการออกกำลังกายที่เน้นการเคลื่อนไหวทั้งรยางค์ล่างขณะลงน้ำหนัก และกลุ่ม IERC จำนวน 21 คน ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ทำการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการศึกษาที่ 1 โดยเก็บข้อมูลก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบผสมสองทางที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ผลการศึกษาพบว่า หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ กลุ่ม SFE มีความสามารถในการทรงรูปของเท้า การทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor และระดับ PPT ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย นอกจากนี้พบว่าหลังการออกกำลังกายมีมุมของอุ้งเท้า มุม Rearfoot eversion และมุม Hip adduction ที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย อีกทั้งกลุ่ม SFE มีมุม Pelvic upward rotation ที่ลดลงมากกว่ากลุ่ม IERC หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สรุปได้ว่ากรออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะส่งผลต่อนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมากกว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง โดยการลดความผิดปกติของรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง เพิ่มขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 และเพิ่มความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกซึ่งส่งผลให้ลดอาการปวดและการเกิดโรครองซ้ำๆ ในนักวิ่งระยะไกล

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย	ลายมือชื่อนิสิต .....
ปีการศึกษา	2563	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
		ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....



# # 6178607739 : MAJOR SPORTS AND EXERCISE SCIENCE

KEYWORD: Plantar Fasciitis; Lower Extremity Kinematic Pattern; Muscle Activity; Long Distance Runner

Worapong Kongtong : EFFECTS OF SPECIFIC FUNCTIONAL EXERCISE ON CHANGES OF LOWER EXTREMITY KINEMATIC PATTERN AND MUSCLE ACTIVITY IN LONG DISTANCE RUNNERS WITH PLANTAR FASCIITIS. Advisor: Asst. Prof. SURASA KHONGPRASERT, Ph.D. Co-advisor: Assoc. Prof. Weerawat Limroongreunrat, Ph.D.

There are 2 studies in this research. For study 1, the aim was to explore the lower extremity (LE) kinematic pattern and muscle activities in long distance runners with and without plantar fasciitis (PF). Thirty-six long distance runners consisting of 18 runners with PF and others without PF. They were examined dynamic range of motion (ROM), longitudinal arch (LA) stiffness, Impulse, and posterior hip and LE muscles during barefoot running at a speed of 3 to 3.67 m/s, using motion analysis equipment synchronized with force plate and wireless electromyography. Furthermore, they were recorded intrinsic foot muscle (IFM) size, strength of hip muscle group, and pain level. The unpaired t-test was used to the hypothesis testing, setting critical value was 0.05. The PF group had significantly lower LA height, LA stiffness, muscle activation of gluteus medius and tensor fascia latae, abductor hallucis size, hip abductor muscle strength, hip extensor muscle strength, and pressure pain threshold (PPT) level than No PF group. In addition, there were significantly higher rearfoot eversion, knee abduction, hip adduction, pelvic upward rotation, muscle activation of medial gastrocnemius and gluteus maximus, impulse, and foot functional index (FFI) score in PF group compared with No PF group. Therefore, the long distance runners with PF have abnormal dynamic ROM of LE, LA stiffness, impulse, posterior hip and LA muscle activation, IFM size, and hip muscle group strength. These characteristics induce the inflammation of plantar fascia, leads to higher pain level compared with the runners without PF.

For the study 2, the objective was to investigate the effects of specific functional exercise (SFE) and IFM exercise-related calf muscle (IERC) on changes of LE kinematic pattern and muscle activity in long distance runners with PF. The long distance runners with PF consisted of 21 runners in SFE group, was received exercise-focused on entire LE during weight-bearing position. Moreover, the equal numbers of runners in IERC group were obtained the IFM and calf muscle exercise. All of them were recorded all variables which were the same study 1. The data collection was conducted in pretest and posttest of the exercise participation. Two-way mixed designed ANOVA was used to the hypothesis testing, setting critical value was 0.05. After 8 weeks for SFE participation, SFE group showed significantly higher LA height, LA stiffness, muscle activation of medial gastrocnemius, lateral gastrocnemius, gluteus medius, and tensor fascia latae, IFM size in the first layer, hip abductor muscle strength, hip extensor muscle strength, and PPT level compared with those before exercise participation. Besides, there were significantly lower rearfoot eversion and hip adduction after 8-week SFE compared with those before exercise. In addition, the SFE group showed the significantly higher pelvic upward rotation compared with IERC group after 8-week exercise. In conclusion, the SFE is more effective than the IERC for long distance runners with PF in regard to decrease the abnormal LE kinematic pattern, increase posterior hip and LE muscle activation, higher IFM size, and elevated hip muscle strength. This condition leads to improve the pain level and diminish the recurrent PF in long distance runners.

Field of Study: Sports and Exercise Science

Academic Year: 2020

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่ายในหลายๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นในด้านของบุคคล เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย ทุนสนับสนุนการวิจัย และที่สำคัญกำลังใจ องค์กรประกอบต่างๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยเกื้อหนุนที่สำคัญให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ทั้งนี้ขอกล่าวถึงรายชื่อดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โคงงประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่คอยสนับสนุน และให้การช่วยเหลือ ทั้งทางด้านความคิดเห็น เครื่องมือ และแนวทางในการดำเนินงาน รวมถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำวิจัย ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ให้แนวคิด แนวทางในการดำเนินงานวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบพระคุณคณะกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ พันตรี ดร.รุ่งชัย ชวนไชยะกุล ศาสตราจารย์ ดร.ดรณวรรณ สุขสม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมศักดิ์ สิ้นสุรินทร์ ที่ช่วยให้คำแนะนำ ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพิ่มเติม ให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์แบบมากที่สุด ขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มอบทุนวิจัยเพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้ออำนวยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย รวมถึงห้องปฏิบัติการและสถานที่ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์ และนิสิตดุขุภักดิ์ของแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆ ด้านให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

และที่สำคัญที่สุดที่ลืมไม่ได้เลย ขอขอบคุณอาสาสมัครทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้ ทำให้ได้ผลการศึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ต่อไปในอนาคต

วรพงษ์ คงทอง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....ค	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ง	ง
กิตติกรรมประกาศ.....จ	จ
สารบัญ.....ฉ	ฉ
สารบัญตาราง.....ฉ	ฉ
สารบัญรูป.....ช	ช
บทที่ 1 บทนำ..... 1	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหาทางวิจัย (Background and Rationale)..... 1	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objectives)..... 3	3
คำถามงานวิจัย (Research Questions)..... 3	3
สมมติฐาน (Hypothesis)..... 4	4
ขอบเขตการวิจัย..... 5	5
คำจำกัดความของการวิจัย..... 7	7
คำสำคัญ (Key Words)..... 8	8
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 9	9
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง..... 10	10
1. โรครองช้ำ (Plantar fasciitis)..... 11	11
2. การวิ่งระยะไกล (Long distance running) และนักวิ่งระยะไกล (Long distance runners) ..... 14	14
3. กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and lower extremity muscles)..... 15	15
4. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้า (Intrinsic foot muscle)..... 20	20

5. การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography).....	21
6. วงจรการวิ่ง (Running gait cycle) .....	22
7. รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง (Lower extremity kinematic pattern).....	24
8. การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับโรครองเท้า (Previous studies in plantar fasciitis) .....	25
กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework) .....	32
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย .....	34
การศึกษาที่ 1.....	34
ประชากร (Population).....	34
กลุ่มตัวอย่าง (Sample) .....	34
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	39
ตัวแปรตามที่ได้จากการเก็บข้อมูล.....	52
อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	58
สถานที่ทำการวิจัย.....	59
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ .....	60
การศึกษาที่ 2.....	61
ประชากร (Population).....	61
กลุ่มตัวอย่าง (Sample) .....	61
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	65
โปรแกรมการออกกำลังกาย .....	67
1. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ สำหรับกลุ่ม Specific functional exercise (กลุ่ม SFE) .....	68
2. โปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง สำหรับกลุ่ม IFM exercise-related calf muscle (กลุ่ม IERC).....	69
ตัวแปรตามที่ได้จากการเก็บข้อมูล.....	71



อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	73
สถานที่ทำการวิจัย .....	73
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ .....	73
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	74
การศึกษาที่ 1 .....	74
ตอนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Characteristics of participants) .....	75
ตอนที่ 2 ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า .....	76
1. ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง .....	76
2. ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง .....	77
ตอนที่ 3 ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase ขณะวิ่งเท้าเปล่า .....	77
ตอนที่ 4 ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ขณะวิ่งเท้าเปล่า .....	79
ตอนที่ 5 ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 .....	85
ตอนที่ 6 ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก .....	85
ตอนที่ 7 ข้อมูลระดับความรู้สึkpวด .....	86
การศึกษาที่ 2 .....	87
ตอนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Characteristics of participants) .....	88
1. ข้อมูลอายุและความสูงของผู้เข้าร่วมวิจัย .....	88
2. ข้อมูลการสูญหายของผู้เข้าร่วมวิจัย (Drop-out) ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัย .....	88
3. ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาที่เข้าร่วมโปรแกรม การออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัย .....	89

4. ข้อมูลการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัย (Adherence rate)	91
.....	91
ตอนที่ 2 ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง	
ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า .....	92
1 ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง .....	92
2. ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง .....	95
ตอนที่ 3 ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง	
(Posterior hip and LE muscle activity) ในช่วง Terminal swing phase และ	
Initial stance phase ขณะวิ่งเท้าเปล่า .....	95
ตอนที่ 4 ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of	
posterior hip and LE muscle activation) ขณะวิ่งเท้าเปล่า .....	99
ตอนที่ 5 ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 .....	105
ตอนที่ 6 ข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก .....	107
ตอนที่ 7 ข้อมูลระดับความรู้สึกร้าว .....	109
บทที่ 5 การอภิปรายผล .....	111
การศึกษาที่ 1 .....	112
สรุปผลการวิจัย .....	112
การอภิปรายผล .....	113
1. ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง	
.....	113
1.1 ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง .....	113
1.2 ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง .....	119
2. การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip	
and LE muscle activity) ขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า .....	122
3. เวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of	
posterior hip and LE muscle activation) .....	129

4. ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า.....	133
5. ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก.....	135
6. ระดับความรู้สึกปวด .....	137
สรุปการศึกษาที่ 1 .....	138
การศึกษาที่ 2.....	141
สรุปผลการวิจัย.....	141
การอภิปรายผล .....	142
1. ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง .....	143
1.1 ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง.....	143
1.2 ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง.....	148
2. การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า.....	149
3. เวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation).....	153
4. ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า.....	157
5. ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก.....	159
6. ข้อมูลระดับความรู้สึกปวด.....	162
สรุปการศึกษาที่ 2 .....	163
ข้อเสนอแนะ .....	165
ข้อจำกัดในการวิจัย.....	167
บรรณานุกรม .....	168
ภาคผนวก ก .....	178
ภาคผนวก ข .....	219
ภาคผนวก ค .....	231

ภาคผนวก ง.....	240
ภาคผนวก จ.....	247
ภาคผนวก ฉ.....	249
ประวัติผู้เขียน .....	251





สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ..... 75

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinematics ของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF..... 76

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinetics ของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF..... 77

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Percent of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF..... 78

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ..... 80

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ..... 85

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ..... 85

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้สึกปวดของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ..... 86

ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลอายุและส่วนสูงของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ..... 88

ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสูญหายของผู้เข้าร่วมวิจัย (Drop-out) ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัย ..... 88

ตารางที่ 11 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาที่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ..... 90

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ..... 91

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinematic ของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ..... 92

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinetics ของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC .. 95

**ตารางที่ 15** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Percent of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้าน  
หลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC.....96

**ตารางที่ 16** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้าน  
หลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC..... 100

**ตารางที่ 17** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ของผู้เข้าร่วมวิจัยใน  
กลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC..... 105

**ตารางที่ 18** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกของผู้เข้าร่วม  
วิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC..... 107

**ตารางที่ 19** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้สึกรวดของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม  
IERC..... 109



## สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Gluteus maximus (Gmax).....	16
รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Gluteus medius (Gmed) .....	17
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae (TFL).....	18
รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Hamstring ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Medial hamstring (Mham) และกล้ามเนื้อ Lateral hamstring (Lham) .....	19
รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius (Mgas) และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius (Lgas).....	20
รูปที่ 6 แสดงกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทั้ง 4 ชั้น (4 layers of intrinsic foot muscle) .....	21
รูปที่ 7 แสดงช่วงต่างๆ ของวงจรการวิ่ง (Phases of running gait cycle) .....	23
รูปที่ 8 กรอบแนวคิดการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 1.....	32
รูปที่ 9 กรอบแนวคิดการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 2.....	33
รูปที่ 10 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 1 .....	39
รูปที่ 11 แสดงการวาง Probe ของ Ultrasound สำหรับการวัดขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 .....	43
รูปที่ 12 แสดงการติด Surface EMG electrode ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังข้อสะโพกและรยางค์ล่าง .....	44
รูปที่ 13 แสดงการติด Surface EMG electrode ที่กล้ามเนื้อ Gluteus maximus (Gmax) .....	45
รูปที่ 14 แสดงการติด Surface EMG electrode ที่กล้ามเนื้อ Gluteus medius (Gmed) และกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae (TFL).....	45
รูปที่ 15 แสดงการติด Retro-reflective markers ที่เท้า ข้อเท้าและเข่า (a) มองจากมุมทางด้านขวามือ และ (b) ทางด้านซ้ายมือ.....	47
รูปที่ 16 แสดงการติด Surface EMG electrodes และ Retro-reflective markers ที่สะโพกและรยางค์ล่างของร่างกาย (a) มองจากทางด้านหน้าและ (b) ด้านหลัง.....	47

รูปที่ 17	แสดงการเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า Hip abduction/adduction.....	50
รูปที่ 18	การเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า Hip flexion/extension.....	51
รูปที่ 19	แสดงขอบเขตของ (a) กล้ามเนื้อ Abductor hallucis (b) กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis (c) กล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi.....	53
รูปที่ 20	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่ามุมของอุ้งเท้าทางด้านในสำหรับตัวแปรความสูงของอุ้งเท้า.....	54
รูปที่ 21	แสดง การหาค่า LA height เพื่อใช้หาค่าความสามารถในการคงรูปของเท้า.....	55
รูปที่ 22	แสดงพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical GRF กับเวลา ซึ่งใช้ในการคำนวณค่า Impulse.....	56
รูปที่ 23	แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งวินาที Onset time (ตำแหน่ง On) วินาที Offset time (ตำแหน่ง Off) และ duration time (ช่วงจาก On ถึง Off).....	58
รูปที่ 24	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 2 .....	65
รูปที่ 25	แสดง Timing of medial gastrocnemius muscle activation.....	81
รูปที่ 26	แสดง Timing of lateral gastrocnemius muscle activation.....	82
รูปที่ 27	แสดง Timing of medial hamstring muscle activation .....	82
รูปที่ 28	แสดง Timing of lateral hamstring muscle activation .....	83
รูปที่ 29	แสดง Timing of gluteus maximus muscle activation.....	83
รูปที่ 30	แสดง Timing of gluteus medius muscle activation .....	84
รูปที่ 31	แสดง Timing of tensor fascia latae muscle activation.....	84

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาทางวิจัย (Background and Rationale)

โรครองช้ำ (Plantar Fasciitis : PF) คือภาวะที่มีการอักเสบเกิดขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้า (Plantar Fascia) (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ngenomeulu T. Nakalas., 2018; Ryan Chang., 2014; Seung Don Yoo., 2017; Yolanda Aranda Bolívar., 2013) โดยการอักเสบดังกล่าวเกิดจากการที่มีแรงดึงตัวที่มากเกินไป มากกระทำซ้ำๆ ต่อพังผืดฝ่าเท้าในขณะที่ลงน้ำหนัก จนทำให้เกิดการฉีกขาดขนาดเล็กซ้ำๆ (Repetitive microtrauma) และทำให้เกิดอาการปวดที่พังผืดฝ่าเท้าตามมา ซึ่งอาการปวดของคนที่เป็นโรครองช้ำจะมีลักษณะเฉพาะตัว คือมีอาการปวดมาก หรือปวดจนไม่สามารถเดินได้ในก้าวแรกของการลงน้ำหนักที่ฝ่าเท้า หลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลาหลายชั่วโมง เช่น ขณะก้าวลงจากเตียงก้าวแรกหลังจากตื่นนอน หรือขณะลุกขึ้นยืนหลังจากนั่งนานๆ ติดต่อกันหลายชั่วโมง เป็นต้น โดยอาการปวดจะค่อยๆ บรรเทาลงเมื่อก้าวเดินไป 4-5 ก้าว จนหายปวดไปในที่สุด (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ngenomeulu T. Nakalas., 2018; Phoomchai Engkananuwat., 2018; Ryan Chang., 2014; Seung Don Yoo., 2017; Yolanda Aranda Bolívar., 2013) และสามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ แต่อาการปวดก็สามารถกลับมาแสดงอาการได้อีก เมื่อเท้ารับน้ำหนักต่อเนื่องกันเป็นเวลานานหลายชั่วโมง เช่น การยืนหรือเดินเป็นเวลาหลายชั่วโมงโดยไม่พัก เป็นต้น จากสถานการณ์ดังกล่าว พบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดโรครองช้ำ คือการใช้เท้ารับน้ำหนักต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยคนกลุ่มหนึ่งที่ต้องทำกิจกรรมในภาวะดังกล่าวและมีความเสี่ยงต่อการมีพัฒนาการของโรครองช้ำ คือ นักวิ่งระยะไกล

นักวิ่งระยะไกล (Long distance runners) เป็นคนกลุ่มหนึ่งที่มีรูปแบบของเคลื่อนไหวที่ต้องลงน้ำหนักที่เท้าต่อเนื่องเป็นเวลานาน และจากการศึกษา (Benjamin K. Buchanan., 2018) การบาดเจ็บของรยางค์ล่างที่พบบ่อยในนักวิ่งระยะไกล พบว่าโรครองช้ำจัดเป็นหนึ่งในการบาดเจ็บที่พบบ่อยเป็น 3 อันดับสูงสุดในนักวิ่งระยะไกล นอกจากนั้นยังพบว่าปัจจุบันมีจำนวนนักวิ่งระยะไกลที่เข้าร่วมแข่งขันในรายการวิ่งต่างๆ เพิ่มมากขึ้นในหลายประเทศ รวมถึงในประเทศไทยด้วย สอดคล้องกับอุบัติการณ์ในการเกิดโรครองช้ำในนักวิ่งระยะไกลที่เพิ่มสูงขึ้น (Institute for Population and Social research, 2018)

หลายการศึกษาเกี่ยวกับโรครองช้ำ (Ana Paula Ribeiro., 2015; Lori A. Bolgla, 2004; Ryan Chang., 2014) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่เท้าในคนที่เป็นโรครองช้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นส่งผลให้ความตึงตัวของพังผืดฝ่าเท้ามากขึ้นขณะลงน้ำหนัก และทำให้เกิดการ

บาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังพืดฝ่าเท้า วนเป็นวัฏจักร รวมไปถึงการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการรักษา และฟื้นฟูคนที่เป็นโรครองซ้ำที่มุ่งเน้นไปที่การรักษาและฟื้นฟูที่เท้า ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดรอยโรคและแสดงอาการของโรค แต่อุบัติการณ์การเกิดโรครองซ้ำก็ยังคงเพิ่มสูงขึ้น จากประเด็นดังกล่าวอาจจะบอกเป็นนัยได้ว่า การให้ความสนใจที่เท้าแต่เพียงจุดเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะแก้ปัญหาโรครองซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

หลายการศึกษา (Ngenomeulu T. Nakalas., 2018; Pavinee Harutaichun, 2018; Yolanda Aranda Bolívar., 2013) จึงให้ความสนใจเกี่ยวกับโครงสร้างที่อยู่เหนือต่อเท้าซึ่งคาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเป็นโรครองซ้ำ รวมไปถึงคาดว่าจะการเปลี่ยนแปลงการทำงานของโครงสร้างเหล่านั้นอาจเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สนับสนุนให้เกิดโรครองซ้ำวนซ้ำเป็นวัฏจักร จากการศึกษาของ Ngenomeulu T. Nakalas และคณะในปี 2018 (Ngenomeulu T. Nakalas., 2018) พบว่ากล้ามเนื้ออง ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Soleus ในคนที่เป็นโรครองซ้ำมีความตึงตัวสูงกว่าปกติ ทำให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อองลดลง นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาของ Yolanda Aranda Bolívar และคณะในปี 2013 (Yolanda Aranda Bolívar., 2013) ที่พบการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างซึ่งไม่ได้มีตำแหน่งที่ต่อเนื่องกับพังพืดฝ่าเท้าเกิดขึ้นด้วย ได้แก่กล้ามเนื้อ Hamstring พบว่า ในคนที่เป็นโรครองซ้ำมีความตึงตัวสูงขึ้น เป็นผลให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และจากการศึกษาของ Pavinee Harutaichun และคณะในปี 2018 (Pavinee Harutaichun, 2018) ยังพบว่าคนที่มิมุมการบิดหมุนเข้าทางด้านในของกระดูก Femur มากกว่าปกติ (Femoral anteversion angle) เป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดโรครองซ้ำ

จากทฤษฎี Kinetic Chain (Nili Steinberg, 2017; Vargas, 2011) ที่อธิบายว่าเมื่อข้อต่อใดข้อต่อหนึ่งมีการเคลื่อนไหว จะส่งผลให้ข้อต่ออื่นๆ ที่อยู่ในวนวงจร (Chain) เดียวกันเกิดการเคลื่อนไหวด้วย โดย Kinetic chain ของรยางค์ล่างประกอบไปด้วยข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และเท้า ในการวิ่งซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวรูปแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับทฤษฎี Kinetic chain ที่ประกอบไปด้วยช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น (Stance phase) กับช่วงที่เท้าไม่สัมผัสพื้น (Swing phase) โดยต้องอาศัยการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันของทั้งรยางค์ล่างของร่างกาย และจากหลักชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหว ที่อธิบายว่ากล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกเป็นตัวกลางในการควบคุมการทรงท่าของร่างกายให้มีความมั่นคง โดยไม่ให้มีการเคลื่อนไหวของลำตัวกับรยางค์ล่างมีความเหลื่อมล้ำกัน (Collapse of trunk and lower limb) และยังมีหน้าที่ในการควบคุมการกระจายแรง (Force distribution) ไปสู่ส่วนต่างๆ ของรยางค์ล่าง และการวางตำแหน่งของเท้าที่สัมผัสพื้น (Foot placement) ได้อย่างเหมาะสม หากพิจารณาร่วมกับสาเหตุการเกิดโรครองซ้ำ ซึ่งคือการที่พังพืดฝ่าเท้าถูกกระตุ้นให้มีความตึงตัวมากขึ้น

เป็นเวลานานในช่วงที่เท่าสัมผัสพื้น จึงเป็นที่น่าสนใจถึงบทบาทการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่างในคนที่เป็นโรครองข้ำ

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษา การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่างและขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้ำ ยิ่งไปกว่านั้น งานวิจัยนี้ยังสนใจศึกษาครอบคลุมไปถึงผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่างและขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำ ทั้งนี้ผลการศึกษจะทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่างและขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าของนักวิ่งระยะไกล ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในการพัฒนาโปรแกรมการรักษาฟื้นฟูนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำทั้งรวมไปถึงการป้องกันการเกิดโรครองข้ำซ้ำๆ ในนักวิ่งระยะไกลด้วย

### วัตถุประสงค์ของงานวิจัย (Objectives)

#### การศึกษาที่ 1

**วัตถุประสงค์หลัก** เพื่อศึกษารูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้ำ

**วัตถุประสงค์รอง** เพื่อศึกษาขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้ำ

#### การศึกษาที่ 2

**วัตถุประสงค์หลัก** เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำ

**วัตถุประสงค์รอง** เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำ

### คำถามงานวิจัย (Research Questions)

#### การศึกษาที่ 1

**คำถามหลัก** รูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้ำแตกต่างกันหรือไม่

**คำถามรอง** ขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกันหรือไม่

#### การศึกษาที่ 2

**คำถามหลัก** ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างจากก่อนเข้าร่วมการออกกำลังกายหรือไม่

**คำถามรอง** ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกันหรือไม่ และแตกต่างจากก่อนเข้าร่วมการออกกำลังกายหรือไม่

### สมมติฐาน (Hypothesis)

#### การศึกษาที่ 1

**สมมติฐานหลัก** รูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกัน

**สมมติฐานรอง** ขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกัน

#### การศึกษาที่ 2

**สมมติฐานหลัก** ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกัน และแตกต่างจากก่อนเข้าร่วมการออกกำลังกาย

**สมมติฐานรอง** ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ แตกต่างกัน และแตกต่างจากก่อนเข้าร่วมการออกกำลังกาย



## ขอบเขตการวิจัย

### การศึกษาที่ 1

สำหรับการศึกษาที่ 1 ทำการเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครที่เป็นนักวิ่งระยะไกลเพศชายที่มีอายุ 21 – 59 ปี ที่มีประสบการณ์ในการเข้าร่วมการแข่งขันในรายการวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon โดยอาสาสมัครทุกคนจะต้องเซ็นให้ความยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความสมัครใจก่อนทำการเก็บข้อมูล และต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาครบถ้วนทุกข้อ นอกจากนั้น ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนต้องปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอนอย่างเคร่งครัด หากผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับบาดเจ็บระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย จะยุติการศึกษาสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัยรายนั้น และรายงานการบาดเจ็บโดยไม่นำมาคำนวณทางสถิติ และจะเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครทดแทน ยิ่งไปกว่านั้น หากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่พึงประสงค์จะเข้าร่วมงานวิจัยต่อ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ สามารถยกเลิกการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย และออกจากงานวิจัยได้ทุกขั้นตอน โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลแก่ผู้วิจัย นอกจากนั้นข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำ ตามมาตรฐานการทดสอบของเครื่องมืออื่นๆ

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ การเป็นโรคองศาและไม่เป็นโรคองศา
2. ตัวแปรตาม ได้แก่
  1. รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง (Lower extremity kinematic pattern) ในช่วงครั้งแรกของช่วงที่ลงน้ำหนัก (Initial stance phase) ได้แก่
    - 1.1 มุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก (Range of motion of hip) ในแนวซ้ายขวา (Frontal plane) และในแนวหน้าหลัง (Sagittal plane) ในหน่วยองศา (Degree)
    - 1.2 มุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า (Range of motion of knee) ในแนวซ้ายขวา (Frontal plane) และในแนวหน้าหลัง (Sagittal plane) ในหน่วยองศา (Degree)
    - 1.3 มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Range of motion of ankle) ในแนวซ้ายขวา (Frontal plane) และในแนวหน้าหลัง (Sagittal plane) ในหน่วยองศา (Degree)
    - 1.4 มุมการเคลื่อนไหวของอุ้งเท้า (LA angle) ในหน่วยองศา (Degree)
  2. การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and lower limb muscle activities) ได้แก่
    - 2.1 Percent of muscle activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae กล้ามเนื้อ Medial

hamstring กล้ามเนื้อ Lateral hamstring กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และ กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ (%)

2.2 Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus Maximus กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae กล้ามเนื้อ Medial hamstring กล้ามเนื้อ Lateral hamstring กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ประกอบด้วยเวลาที่กล้ามเนื้อเริ่มทำงาน (Onset time) เวลาที่กล้ามเนื้อหยุดทำงาน (Offset time) และระยะเวลาที่กล้ามเนื้อทำงาน (Duration of muscle activation) ในหน่วยวินาที (seconds: s)

3. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก คือค่า Peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator ในหน่วยนิวตันเมตรต่อกิโลกรัม (N·m/kg)

4. ขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า คือพื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area: CSA) ของกล้ามเนื้อ Intrinsic Foot Muscle size (IFM size) ของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ได้แก่ กล้ามเนื้อ Abductor hallucis (AH) กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis (FDB) และกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi (ADM) ในหน่วยตารางเซนติเมตรต่อกิโลกรัม (cm<sup>2</sup>/kg)

5. Impulse ในหน่วยน้ำหนักตัววินาที (Body weight·second: BW·s)

6. ความสามารถในการคงรูปของเท้า (LA stiffness) ในหน่วย นิวตันต่อเมตรกิโลกรัม (N/m·kg)

7. ระดับความรู้สึกปวด วัดจากแบบประเมิน FFI (Foot function index) และค่าระดับ PPT (Pressure pain threshold) โดยใช้เครื่องมือ Pressure algometer

7.1 คะแนนจากแบบประเมิน FFI ในส่วนของ Pain subscale ในหน่วยคะแนน

7.2 ค่า PPT ในหน่วยกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/ cm<sup>2</sup>)

## การศึกษาที่ 2

สำหรับการศึกษาที่ 2 นักวิ่งระยะไกลเพศชายที่เป็นโรครองช้ำซึ่งมีอายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาครบถ้วนทุกข้อตามการศึกษาที่ 1 สำหรับกลุ่มที่เป็นโรครองช้ำ ถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่มอย่างสุ่ม และทำการเก็บข้อมูลก่อนเข้ารับการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (Pretest) เช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลในการศึกษาที่ 1 จากนั้น กลุ่มที่ 1 จะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ และกลุ่มที่ 2 จะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนทำการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่

ตนเองได้รับเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อครบ 8 สัปดาห์ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะเข้าร่วมการเก็บข้อมูลหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (Posttest) ระหว่างที่เข้าร่วมงานวิจัย ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทุกคนต้องปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยนี้ทุกขั้นตอนอย่างเคร่งครัด หากผู้เข้าร่วมงานวิจัยได้รับบาดเจ็บระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย จะยุติการศึกษาสำหรับผู้เข้าร่วมงานวิจัยรายนั้น และรายงานการบาดเจ็บโดยไม่นำมาคำนวณทางสถิติ และจะเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครทดแทน ยิ่งไปกว่านั้น หากผู้เข้าร่วมวิจัยไม่พึงประสงค์จะเข้าร่วมงานวิจัยต่อ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ สามารถยกเลิกการเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย และออกจากงานวิจัยได้ทุกขั้นตอน โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลแก่ผู้วิจัย นอกจากนี้ข้อมูลส่วนตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยจะถูกเก็บเป็นความลับ

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือที่ผ่านการทดสอบความเที่ยงตรงและความแม่นยำ ตามมาตรฐานการทดสอบของเครื่องมืออื่นๆ

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่

1. ตัวแปรต้น ได้แก่ โปรแกรมการออกกำลังกาย 2 โปรแกรม ได้แก่ การออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้องอ
2. ตัวแปรตาม เช่นเดียวกับการศึกษาที่ 1 แต่ถูกเก็บใน 2 ช่วงเวลาคือ Pretest และ Posttest

### คำจำกัดความของการวิจัย

1. **โรครองขี้ (Plantar fasciitis: PF)** คือโรคที่มีการอักเสบที่พังผืดฝ่าเท้า ซึ่งแสดงอาการบริเวณส้นเท้าหรืออุ้งเท้าทางในขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน

2. **นักวิ่งระยะไกล (Long distance runners)** คือนักวิ่งที่ฝึกซ้อมและเข้าร่วมการแข่งขันในระดับ Mini marathon (การแข่งขันวิ่งในระยะเวลาทาง 10.5 กิโลเมตร) ระดับ Half marathon (การแข่งขันวิ่งในระยะเวลาทาง 21 กิโลเมตร) หรือระดับ Marathon (การแข่งขันวิ่งในระยะเวลาทาง 42.195 กิโลเมตร)

3. **รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง (Lower extremity kinematic pattern)** คือรูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และอุ้งเท้าขณะวิ่ง

4. **การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่าง (Posterior lower limb muscle activities)** คือความสามารถในการระดมหน่วยประสาทยนต์ (Motor unit recruitment) ขณะที่กล้ามเนื้อมีการทำงาน ซึ่งในงานวิจัยนี้วัดการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกโดยนำเสนอใน 2 ตัวแปร คือ

- Percent of muscle activation โดยใช้ Surface EMG ในการเก็บข้อมูลของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia

latae กล้ามเนื้อ Medial hamstring กล้ามเนื้อ Lateral hamstring กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius

- Timing of muscle activation ประกอบไปด้วย 3 ตัวแปรย่อย ได้แก่ ตัวแปร Onset time ตัวแปร Offset time และตัวแปร Duration of muscle activation โดยใช้ Surface EMG ในการเก็บข้อมูลของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae กล้ามเนื้อ Medial hamstring กล้ามเนื้อ Lateral hamstring กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius

**5. Hip muscle peak torque** คือความสามารถในการออกแรงสูงสุดของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกโดยการทดสอบด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer เก็บข้อมูลของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator

**6. ขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า** (Intrinsic foot muscle size) คือขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นต้น (ขั้นที่ 1) จากวัดด้วยเครื่อง Diagnostic ultrasound ได้แก่ กล้ามเนื้อ Abductor hallucis (AH) กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis (FDB) และกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi (ADM)

**7. การออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ** (Specific functional exercise) คือการออกกำลังกายที่ออกแบบมาจากการพัฒนาการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในท่า Short foot exercise และการฝึกกล้ามเนื้อน่องในท่า Single leg heel raise โดยประยุกต์ให้มีการเคลื่อนไหวของทั้งรยางค์ล่างของร่างกายในขณะที่ฝึกในรูปแบบของการเคลื่อนไหวที่เป็นฟังก์ชัน (Functional movement) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อการเพิ่มความสามารถของการทำงานของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในขณะที่วิ่ง เพื่อใช้ในการฟื้นฟูนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ

### คำสำคัญ (Key Words)

- โรครองช้ำ (Plantar fasciitis)
- นักวิ่งระยะไกล (Long distance runner)
- รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง (Lower extremity kinematic pattern)
- การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and lower limb muscle activities)
- ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า (Intrinsic foot muscle size)
- การออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise)

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. เพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของรูปแบบทาง Kinematics และข้อมูลทาง Kinetics ของรยางค์ล่าง การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด ระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำและไม่เป็นโรครองช้ำ

2. เพื่อให้ทราบถึงผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ต่อรูปแบบทาง Kinematics และข้อมูลทาง Kinetics ของรยางค์ล่าง การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบโปรแกรมการฟื้นฟูนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำให้มีประสิทธิภาพ ตลอดจนช่วยลดอุบัติการณ์ในการเกิดโรครองช้ำในนักวิ่งระยะไกล

3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลและเอกสารอ้างอิงในการพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคต

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการทบทวนวรรณกรรมประกอบไปด้วยประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. โรครองช้ำ (Plantar fasciitis)
  - 1.1 ความหมายของโรครองช้ำ
  - 1.2 สาเหตุที่ทำให้เกิดโรครองช้ำ
  - 1.3 อาการของโรครองช้ำ
  - 1.4 การรักษาโรครองช้ำ
  - 1.5 การออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูโรครองช้ำ
2. การวิ่งระยะไกล (Long distance running) และนักวิ่งระยะไกล (Long distance runners)
3. กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and lower extremity muscles)
  - 3.1 กล้ามเนื้อ Gluteus maximus
  - 3.2 กล้ามเนื้อ Gluteus medius
  - 3.3 กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae
  - 3.4 กล้ามเนื้อ Hamstring
  - 3.5 กล้ามเนื้อ Gastrocnemius
4. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้า (Intrinsic foot muscle)
5. การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography)
6. วงจรการวิ่ง (Running gait cycle)
7. รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง (Lower extremity kinematic pattern)
8. การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับโรครองช้ำ (Previous studies in plantar fasciitis)
  - 8.1 งานวิจัยที่เผยแพร่ภายในประเทศ
  - 8.2 งานวิจัยที่เผยแพร่ต่างประเทศ

## 1. โรครองช้ำ (Plantar fasciitis)

### 1.1 ความหมายของโรครองช้ำ

โรครองช้ำ (Plantar fasciitis: PF) คือภาวะที่มีการอักเสบเกิดขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้า (Plantar fascia) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณจุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าที่ Medial calcaneal tuberosity การอักเสบดังกล่าวนำมาซึ่งอาการสำคัญของโรครองช้ำ คืออาการปวด

### 1.2 สาเหตุของโรครองช้ำ

สาเหตุที่ทำให้เกิดโรครองช้ำ คือการฉีกขาดขนาดเล็กซ้ำๆ (Repetitive microtrauma) ที่พังผืดฝ่าเท้า ซึ่งมาจากปัจจัยหลักที่สำคัญ 2 ประการหลัก ได้แก่

- ภาวะความเสื่อมของร่างกาย (Degenerative condition)
- การใช้งานเท้าในท่าลงน้ำหนักที่มากเกินไป (Overuse condition)

โดยปัจจัยดังกล่าวเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดึงตัวที่มากเกินไปมากระทำซ้ำๆ ต่อพังผืดฝ่าเท้า ในขณะที่ลงน้ำหนัก จนกลายเป็นการฉีกขาดขนาดเล็กซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

### 1.3 อาการของโรครองช้ำ

อาการสำคัญของโรครองช้ำคือ อาการปวด ซึ่งเป็นอาการปวดที่มีลักษณะเฉพาะตัว คือมีอาการปวดมาก หรือปวดจนไม่สามารถเดินได้ในก้าวแรกของการลงน้ำหนักที่ฝ่าเท้า หลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลาหลายชั่วโมง เช่น ขณะก้าวลงจากเตียงก้าวแรกหลังจากตื่นนอน หรือขณะลุกขึ้นยืนหลังจากนั่งนานๆติดต่อกันหลายชั่วโมง เป็นต้น โดยอาการปวดจะค่อยๆ บรรเทาลงเมื่อก้าวเดินไป 2-3 ก้าว จนหายปวดไปในที่สุด และสามารถดำเนินชีวิตประจำวันได้อย่างปกติ แต่อาการปวดก็สามารถแสดงอาการได้อีก เมื่อเท้ารับน้ำหนักต่อเนื่องกันเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ไม่ว่าจะเป็นการยืนหรือเดินเป็นเวลาหลายชั่วโมงโดยไม่พัก รวมถึงการวิ่งระยะไกล ได้แก่ มินิมาราธอน ฮาล์ฟมาราธอน หรือมาราธอน ก็เป็นสาเหตุให้สามารถแสดงอาการปวดขึ้นมาได้อีกครั้ง (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ngenomeulu T. Nakalas., 2018; Ryan Chang., 2014; Seung Don Yoo., 2017; Yolanda Aranda Bolívar., 2013)

จากการศึกษาของ J Miller and Z Russell ในปี 2018 (J Miller., 2018) พบว่าสำหรับคนที่เป็โรครองช้ำมาเป็นระยะเวลานาน กล่าวคือมีการถูกกระตุ้นให้เกิดอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้ามาเป็นระยะเวลานาน กลุ่มคนเหล่านั้นมีพังผืดฝ่าเท้าที่หนาตัวมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ร่างกายพยายามตอบสนองต่อการอักเสบที่เกิดขึ้นซ้ำๆ มาเป็นเวลา โดยพังผืดฝ่าเท้าที่หนาตัวขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการทำหน้าที่ของพังผืดฝ่าเท้าลดลง และวนกลับมาให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดเท้า ในขณะที่เดียวกันร่างกายก็มีการตอบสนองต่อการอักเสบเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนในที่สุดเกิดเป็นแคลเซียมหรือหินปูนมาเกาะที่บริเวณสันเท้าซึ่งเป็นจุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้า ซึ่งรู้จักกันในนาม

กระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur) โดยผลของกระดูกงอกที่เท้าทำให้มีอาการปวดตลอดเวลาที่มีการลงน้ำหนักที่เท้า จนในที่สุดก็นำมาซึ่งการผ่าตัดเพื่อกำจัดกระดูกงอกที่เกิดขึ้นที่ส้นเท้า

#### 1.4 การรักษาโรครองข้อ

การรักษาโรครองข้อมี 2 วิธี ที่นิยมใช้ได้แก่

1. การรักษาโดยวิธีการผ่าตัด (Operative treatment) การรักษาด้วยวิธีดังกล่าวแพทย์จะพิจารณาใช้เมื่ออาการปวดของโรครองข้อรบกวนการใช้ชีวิตประจำวันปกติของผู้ป่วย เช่น ไม่สามารถยืนหรือเดินลงน้ำหนักเพื่อทำงานได้ เป็นต้น ซึ่งอาการดังกล่าวมักจะสอดคล้องกับการเกิดเป็น Calcification หรือ Heel spur ที่พังผืดฝ่าเท้า

2. การรักษาโดยวิธีการไม่ผ่าตัดหรือวิธีการอนุรักษ์นิยม (Conservative treatment) เป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมในการรักษาโรครองข้อ และมักถูกใช้ในการรักษาโรครองข้อในระยะที่อาการของโรครองข้อยังคงตอบสนองต่อวิธีการรักษาโดยวิธีการอนุรักษ์นิยมอยู่ การรักษาด้วยวิธีดังกล่าว ได้แก่

- การรับประทานยาแก้อักเสบและลดปวด
- การฉีดสารยาลดปวดและการอักเสบที่พังผืดฝ่าเท้า เช่น การฉีดยากลุ่มสเตียรอยด์
- การฉีดสารกระตุ้นหรือเร่งการอักเสบที่พังผืดฝ่าเท้า เพื่อเร่งกระบวนการอักเสบให้ครบระยะเวลาของกระบวนการอักเสบที่เร็วขึ้น
- การทำกายภาพบำบัดและการฟื้นฟู ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้คลื่นต่างๆ กระแสไฟฟ้าต่างๆ เพื่อเร่งการอักเสบให้ครบระยะเวลาของกระบวนการอักเสบที่เร็วขึ้น รวมถึงการยืดกล้ามเนื้อและการออกกำลังกายเพื่อลดแรงตึงที่พังผืดฝ่าเท้าและป้องกันภาวะแทรกซ้อนจากโรครองข้อ

#### 1.5 การออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูโรครองข้อ

การออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูโรครองข้อ วิธีการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมในการแนะนำให้เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการฟื้นฟูโรครองข้อ คือการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าโดยใช้วิธีการขมวดผ้า (Towel curl exercise) และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อน่องโดยการเขย่งปลายเท้า (Heel raise) แต่อย่างไรก็ตามจากวิธีการและท่าทางการออกกำลังกายการออกกำลังกายด้วยท่าทางดังกล่าวอาจส่งผลต่อโรครองข้อที่เกิดจากการใช้ชีวิตประจำวัน (Lifestyle injuries) โดยการออกกำลังกายดังกล่าวอาจจะไม่เกิดการตอบสนองที่ดีในโรครองข้อที่เกิดจากการออกกำลังกาย (Physical/sports injuries)

จากการศึกษาของ Kazunori Okamura และคณะในปี 2020 (Kazunori Okamura, 2020) ซึ่งศึกษาตัวแปร Dynamic kinematic parameters จากผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าด้วยท่า Short foot exercise ในคนที่มีภาวะเท้าแบนพบว่า หลังการฝึกด้วยท่า Short foot



exercise เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ช่วงเวลาที่ Navicular drop ถึงจุดที่ต่ำสุดเกิดขึ้นเป็นระยะเวลาสั้นกว่าก่อนการฝึกในท่า Short foot exercise อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาทำให้ทราบว่า การฝึกในท่า Short foot exercise ส่งผลให้มีการลดลงของ Arch of foot เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นขณะเดินลงน้ำหนัก หมายความว่าความสามารถในการคงรูปของเท้า (Longitudinal arch stiffness) หลังการออกกำลังกายในท่า short foot exercise ดีขึ้น ทำให้เวลาในการลดลงต่ำสุดของ Longitudinal arch of foot สั้นลง ส่งผลให้แรงกระทำที่ฝ่าเท้าลดลง และเป็นผลต่อเนื่องให้แรงปฏิกิริยาที่กระทำต่อเท้าลดลงด้วย ซึ่งเป็นการลดโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บขึ้นที่เท้า และหากพิจารณาจากสาเหตุที่ทำให้เกิดโรครองช้ำ คือการที่มีแรงดึงตัวของพังผืดฝ่าเท้าที่มากเกินไปมากระทำซ้ำๆ ที่เท้า เมื่อลงน้ำหนักที่เท้าต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยแรงดึงตัวที่มากเกินไปเป็นผลมาจากการลดลงของความสามารถในการคงรูปของเท้า จนเกิดเป็น Microtrauma และเกิดการอักเสบขึ้นในที่สุด จึงเป็นที่น่าสนใจว่าการออกกำลังกายในท่า Short foot exercise จะส่งผลอย่างไรต่อความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในและความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในคนที่เป็โรครองช้ำ M.S. Rathleff และคณะ ในปี 2015 (C. M. M. S. Rathleff, U. Fredberg, S. Kaalund<sup>4</sup>, K. B. Andersen, T. T. Jensen, S. Aaskov, J. L. Olesen, 2015) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายในลักษณะ high-load strength training โดยใช้ท่าออกกำลังกายที่มีการประยุกต์มาจากท่า Unilateral heel raise ซึ่งเป็นการออกกำลังกายในท่า Unilateral heel raise ขณะที่มีการกระดกน่องเท้าขึ้นโดยใช้ฝ่าขนหุรองที่ส่วนต้นของน่องเท้าแล้วทำท่า Unilateral heel raise ที่ชันบันได ในท่าทางดังกล่าวเป็นการออกกำลังกายที่สอดคล้องกับ Windlass mechanism ร่วมกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อน่อง โดยผลการศึกษาพบว่า คะแนน Foot Function Index (FFI) มีค่าลดลง หมายความว่า คนที่เป็นโรครองช้ำมีอาการปวดลดลง และสามารถทำกิจกรรมต่างๆ ในการดำเนินชีวิตได้ดีขึ้นในกลุ่มที่ออกกำลังกายในท่า Unilateral heel raise เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า (Plantar-specific stretching) จากผลการศึกษาผู้วิจัยอธิบายว่า การออกกำลังกายที่มีการส่งผ่านแรงจากกล้ามเนื้อน่องไปถึงเอ็นร้อยหวายและกล้ามเนื้อในฝ่าเท้ามีประสิทธิภาพมากกว่าการยืดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในด้านการลดอาการปวดจากโรครองช้ำและส่งผลให้เพิ่มความสามารถในการใช้เท้าในการทำกิจกรรมต่างได้มากขึ้น อีกทั้งพังผืดฝ่าเท้าประกอบไปด้วยคอลลาเจนชนิดที่ 1 (Collagen type 1) เป็นส่วนใหญ่ โดยคอลลาเจนชนิดดังกล่าวจะตอบสนองต่อการออกกำลังกายที่มีแรงปริมาณสูงมากกระทำ ซึ่งการออกกำลังกายที่มีการส่งผ่านแรงจากกล้ามเนื้อน่องไปสู่เอ็นร้อยหวายและกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเป็นแรงในปริมาณที่สูงกว่าแรงที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายที่กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการประยุกต์ทำออกกำลังกายในท่า Unilateral heel raise หรือ

Single leg heel raise อาจจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบมากกว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเพียงอย่างเดียว

นอกจากนั้น มีการศึกษาของ Kelli R. Snyder และคณะ ในปี 2009 (Kelli R. Snyder, 2009) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณสะโพกได้แก่ กล้ามเนื้อกลุ่ม Hip abductor และกล้ามเนื้อกลุ่ม Hip external rotator ที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของรอยข้อกลางที่เสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บขณะวิ่ง โดยพบว่าในกลุ่มที่ฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่ม Hip abductor และกล้ามเนื้อกลุ่ม Hip external rotator แบบ Functional exercise ในลักษณะ Closed-chain exercise หลังจากการฝึก 6 สัปดาห์ มุมการเคลื่อนไหวของรอยข้อกลางในท่า Hip adduction ท่า Hip internal rotation และท่า Rearfoot eversion ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่ามีเมเมนต์ของข้อต่อในท่า Knee abduction ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาผู้วิจัยได้อธิบายว่า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกกลุ่ม Hip abductor และกลุ่ม Hip external rotator ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการควบคุมการเคลื่อนไหวของรอยข้อกลางในแนวซ้าย-ขวา (Frontal plane) และแนวนอน-ล่าง (Transverse plane) เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บที่รอยข้อกลางขณะวิ่ง กล่าวคือ มีมุมการเคลื่อนไหวของ Hip adduction และ Rearfoot eversion และโมเมนต์ของข้อต่อในท่า Knee abduction ลดลง

## 2. การวิ่งระยะไกล (Long distance running) และนักวิ่งระยะไกล (Long distance runners)

นักวิ่งระยะไกล (Long distance runners) เป็นกลุ่มคนที่มีรูปแบบกิจกรรมการเคลื่อนไหวที่ลงน้ำหนักที่เท้าต่อเนื่องกันเป็นเวลานานไม่น้อยกว่า 30 นาทีไปจนถึงหลายๆ ชั่วโมงขึ้นอยู่กับระยะทางที่วิ่ง ทั้งในการแข่งขันและในการฝึกซ้อม โดยการวิ่งระยะไกลหมายถึงการวิ่งอย่างต่อเนื่องด้วยระยะทางอย่างน้อย 3 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งในการจัดการแข่งขันการวิ่งระยะไกล จะมีการจัดการแข่งขันตามระยะทางออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

- การวิ่งระยะ Fun run หมายถึงการวิ่งในระยะ 5 กิโลเมตร
- การวิ่งระยะ Mini marathon หมายถึงการวิ่งในระยะ 10.5 กิโลเมตร
- การวิ่งระยะ Half marathon หมายถึงการวิ่งในระยะ 21 กิโลเมตร
- การวิ่งระยะ Marathon หมายถึงการวิ่งในระยะ 42.195 กิโลเมตร (Shing, 2009)

ซึ่งรูปแบบของกิจกรรมการวิ่งระยะไกลดังกล่าวเป็นปัจจัยที่กระตุ้นให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า จากการศึกษาของ Benjamin K. Buchanan and Donald Kushner ในปี 2018 (Benjamin K. Buchanan., 2018) พบว่าในปี 2017 มีชาวอเมริกัน 1 ล้านคนที่มาพบแพทย์ด้วยอาการปวดบริเวณสันเท้ารวมถึงอุ้งเท้าทางด้านในและถูกวินิจฉัยว่าเป็นโรคข้ออักเสบ โดยในจำนวน 1

ล้านคนที่เป็นโรคข้ออักเสบ พบว่าเป็นนักวิ่งจำนวนสูงถึง 22% นอกจากนี้จากการศึกษาของ Alexandre Dias Lopes และคณะในปี 2012 (Alexandre Dias Lopes, 2012) ซึ่งได้ศึกษาการบาดเจ็บของรยางค์ล่างที่พบบ่อยในนักวิ่งระยะไกล พบว่าโรคข้ออักเสบจัดเป็น 1 ใน 3 อันดับสูงสุดของการบาดเจ็บที่พบบ่อย รองมาจากกลุ่มอาการปวดใต้กระดูกสะบ้าในข้อเข่า (Patellofemoral pain syndrome) และโรคเอ็นร้อยหวายอักเสบ (Achilles tendinopathy)

ในปัจจุบันพบว่าการวิ่งเป็นการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมมากในหลายๆ ประเทศทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทยด้วย โดยจากการศึกษาของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส) (Foundation, 2018; Institute for Population and Social research, 2018) ร่วมกับสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล เปิดเผยว่ามีจำนวนนักวิ่งระยะไกลในประเทศไทยเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดดในทุกๆ ปี โดยพบว่าในปี 2018 มีจำนวนนักวิ่งระยะไกลสูงถึง 18 ล้านคน โดยเพิ่มขึ้นจากปี 2017 ที่มีนักวิ่งจำนวน 15 ล้านคน สอดคล้องกับรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลที่ถูกจัดขึ้นในประเทศไทยที่เพิ่มสูงขึ้นในทุกๆ ปีเช่นกัน โดยพบว่าในปี 2017 มีการจัดรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลทั่วประเทศ 696 รายการ และในปี 2018 จำนวนรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลเพิ่มสูงขึ้นถึง 990 รายการ และมีแนวโน้มว่าจำนวนรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลและจำนวนนักวิ่งระยะไกลจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในปีถัดไป จากสถิติจำนวนนักวิ่งระยะไกลที่เพิ่มขึ้นผนวกกับสถิติการบาดเจ็บที่พบบ่อยในนักวิ่งระยะไกล ทำให้สามารถอนุมานได้ว่า อุบัติการณ์การเกิดโรคข้ออักเสบในนักวิ่งระยะไกลจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต

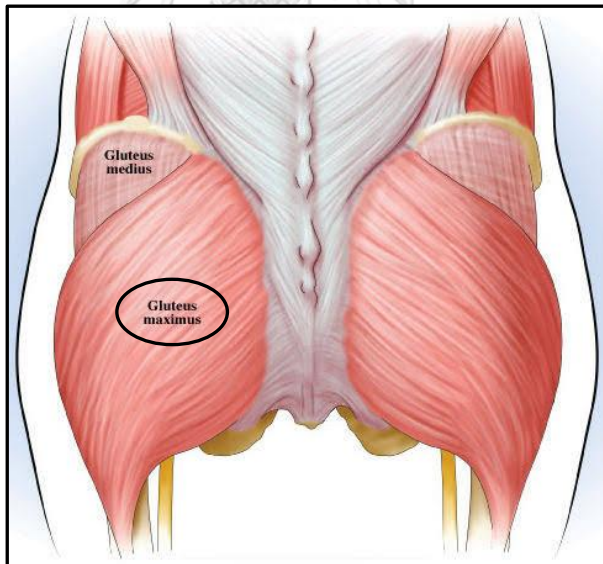
### 3. กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and lower extremity muscles)

จากการศึกษาของ Adam Semciw และคณะในปี 2016 (Adam Semciw., 2016) ได้อธิบายว่ากล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกนี้เป็นตัวเชื่อมที่อยู่ระหว่างลำตัวและรยางค์ล่าง กลุ่มกล้ามเนื้อข้อสะโพกเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญ คือเป็นตัวเชื่อมที่ทำหน้าที่ประสานสัมพันธ์การทำงานของลำตัวและรยางค์ล่างของร่างกาย ยิ่งไปกว่านั้น กล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกมีความสำคัญในการควบคุมให้การวิ่งนั้นเป็นไปอย่างราบรื่นและปลอดภัย โดยจะทำหน้าที่สำคัญในการสร้างความมั่นคงให้ส่วนต้นของรยางค์ (Proximal stabilization) และจากการศึกษาของ Yuta Koshino และคณะในปี 2015 (Yuta Koshino., 2015) ได้อธิบายถึงการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างขณะเคลื่อนไหวได้แก่ การเดิน การเปลี่ยนทิศทาง พบว่ากล้ามเนื้อดังกล่าวมีความสำคัญในการเคลื่อนไหว โดยจะประสานสัมพันธ์กันให้ส่วนต้นของรยางค์ล่างบริเวณข้อสะโพกมีความมั่นคงเมื่อส่วนต้นของรยางค์ล่างมีความมั่นคงในการควบคุมการเคลื่อนไหว ส่งผลต่อเนื่องให้มีการถ่ายแรง (Force distribution) ไปสู่ส่วนต่างๆ ของรยางค์ล่างเพื่อให้ส่วนต่างๆ ของรยางค์ล่างทำงานประสาน

สัมพันธ์กันได้อย่างราบรื่น และส่งผลให้มีการวางเท้าสัมผัสพื้นในตำแหน่งและรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เหมาะสม คือ การลดแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อเท้าให้มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บจากการเคลื่อนไหวขึ้น โดยกลุ่มกล้ามเนื้อทางด้านหลังของร่างกายที่สำคัญ (Tom Hogervorst., 2014; Yuta Koshino., 2015) ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gluteus maximus กล้ามเนื้อ Gluteus medius กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae กล้ามเนื้อ Hamstring และกล้ามเนื้อ Gastrocnemius โดยกล้ามเนื้อเหล่านี้มีจุดเกาะต้น (Origin) จุดเกาะปลาย (Insertion) และหน้าที่ (Function) ดังต่อไปนี้

### 3.1 กล้ามเนื้อ Gluteus maximus

- จุดเกาะต้น: ส่วนหลังของกระดูก Iliac crest ทางด้านล่าง และผิวด้านหลังของกระดูก Sacrum
- จุดเกาะปลาย: Gluteal tuberosity ตรงตำแหน่งขอบทางด้านหลัง ด้านบนของกระดูก Femur
- หน้าที่: เหยียดข้อสะโพก (Hip extension) หมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (Hip external rotation) และกางข้อสะโพก (Hip abduction)



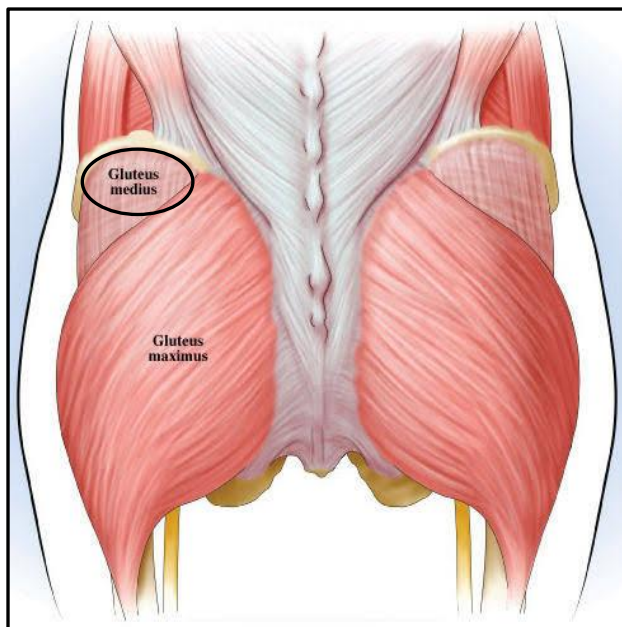
รูปที่ 1 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Gluteus maximus (Gmax)

(อ้างอิงจาก <https://www.parischool.com/what-does-the-glute-medius-do/>)

### 3.2 กล้ามเนื้อ Gluteus medius

- จุดเกาะต้น: ผิวด้านนอกของกระดูก Ilium ล่างต่อ Crest
- จุดเกาะปลาย: Greater trochanter ของกระดูก Femur

- หน้าที่ (function): กางข้อสะโพก (Hip abduction) กล้ามเนื้อส่วนหน้าทำหน้าที่ หมุนข้อสะโพกเข้าด้านใน (Hip internal rotation) และงอข้อสะโพก (Hip flexion) กล้ามเนื้อส่วนหลังทำหน้าที่หมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (Hip external rotation) และเหยียดข้อสะโพก (Hip extension)

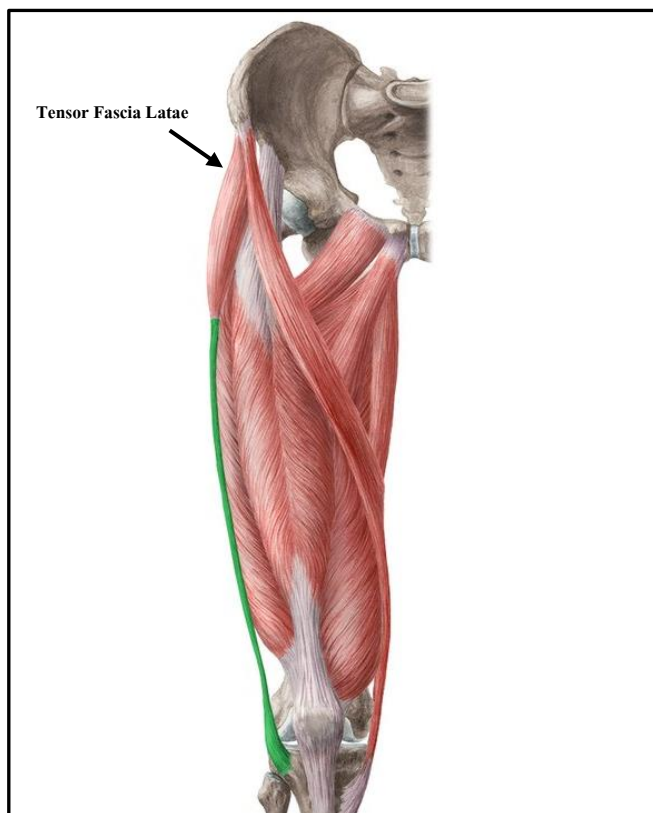


รูปที่ 2 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Gluteus medius (Gmed)

(อ้างอิงจาก <https://www.parischool.com/what-does-the-glute-medius-do/>)

### 3.3 กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

- จุดเกาะต้น: Iliac crest
- จุดเกาะปลาย: Iliotibial band
- หน้าที่: กางข้อสะโพก (Hip abduction) งอข้อสะโพก (Hip flexion) และหมุนข้อสะโพกเข้าด้านใน (Hip internal rotation)



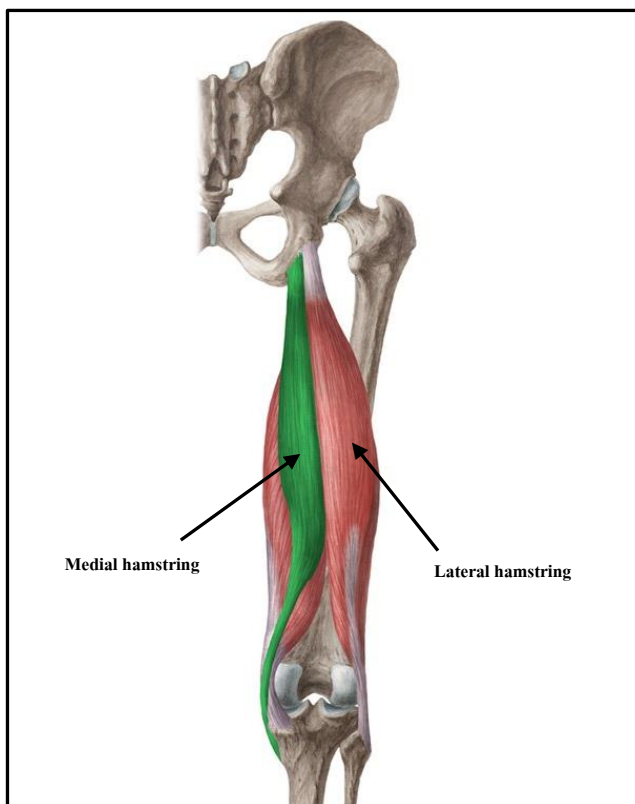
รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae (TFL)

(รูปอ้างอิงจาก <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/tensor-fasciae-latae-muscle>)

### 3.4 กล้ามเนื้อ Hamstring

ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ 3 มัดย่อย ได้แก่ กล้ามเนื้อ Biceps femoris กล้ามเนื้อ Semimembranosus และกล้ามเนื้อ Semitendinosus

- จุดเกาะต้น: Ischial tuberosity
- จุดเกาะปลาย:
  - ทางด้านนอก (กล้ามเนื้อ Biceps femoris): Head of fibula
  - ทางด้านใน (กล้ามเนื้อ Semimembranosus และกล้ามเนื้อ Semitendinosus): Medial condyle of Tibia
- หน้าที่: เหยียดข้อสะโพก (Hip extension) หมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (Hip external rotation) และงอข้อเข่า (Knee flexion)



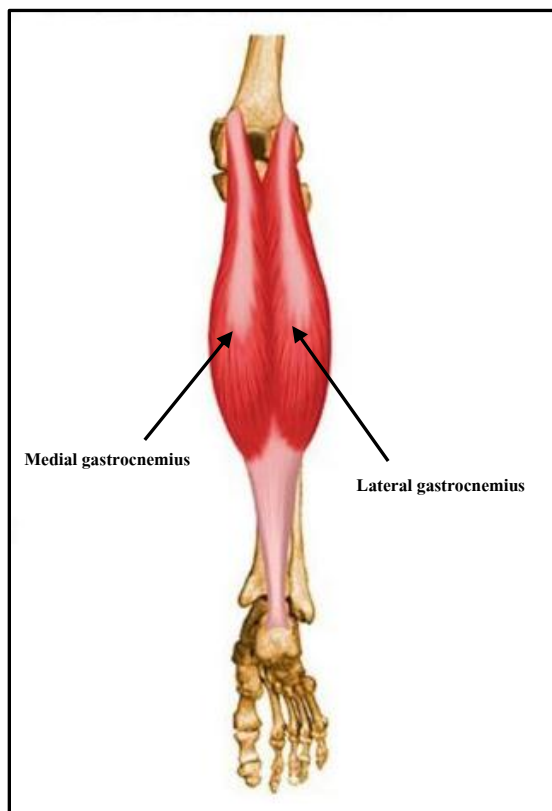
รูปที่ 4 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Hamstring ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Medial hamstring (Mham) และกล้ามเนื้อ Lateral hamstring (Lham)

(รูปอ้างอิงจาก <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/semitendinosus-muscle>)

### 3.5 กล้ามเนื้อ Gastrocnemius

ประกอบด้วย 2 กล้ามเนื้อแบ่งตามจุดเกาะต้นได้แก่ กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius

- จุดเกาะต้น: Medial และ Lateral condyle ของกระดูก Femur
- จุดเกาะปลาย: แนบไปกับ Achilles tendon ไปเกาะที่ Posterior surface of Calcaneus
- หน้าที่: กระดูกปลายเท้าลง (Ankle plantar flexion)



รูปที่ 5 แสดงตำแหน่งกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius (Mgas) และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius (Lgas)

(รูปอ้างอิงจาก <https://www.trainerize.me/articles/basic-anatomy-training/>)

จากการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่างที่ส่งผลต่อการวางเท้าสัมผัสพื้นในการวิ่ง ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจว่า สำหรับคนที่เป็นโรครองข้อ และมีรูปแบบการเคลื่อนไหวของเท้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ กลุ่มกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่างและรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างจะมีการเปลี่ยนแปลงไปจากปกติหรือไม่ อย่างไรในขณะวิ่ง

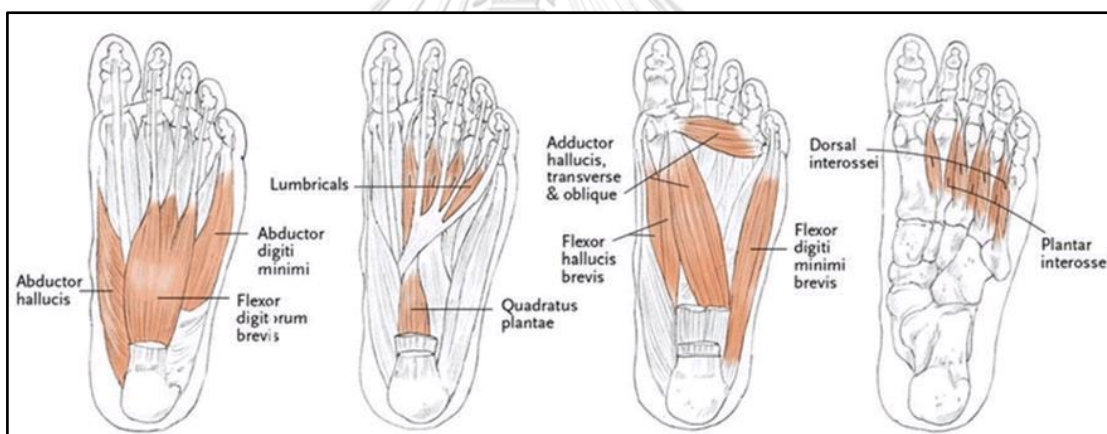
#### 4. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้า (Intrinsic foot muscle)

กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทำหน้าที่สำคัญในการรักษาความมั่นคงของเท้าในขณะลงน้ำหนัก คือทำหน้าที่ในการยอมให้โครงสร้างมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในลักษณะ Loose-packed position หรือ Flat foot ที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการดูดซับแรงที่กระทำที่เท้า ในช่วง Initial stance phase ขณะลงน้ำหนัก อีกทั้งยังมีหน้าที่ในการทำให้เท้าอยู่ในรูปร่างของ Close-pack position หรือ Rigid foot เพื่อทำหน้าที่เป็นเสมือนคานที่แข็งแรงที่ผลักดันเท้าขึ้นจากพื้นในช่วง Terminal stance phase ของการลงน้ำหนัก โดยกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเป็นกล้ามเนื้อที่มีจุดเกาะต้น (Origin) และจุดเกาะปลาย



(Insertion) อยู่ภายในฝ่าเท้า ซึ่งวางตัวเป็นชั้นทั้งหมด 4 ชั้น โดยที่ชั้นที่ 1 เป็นชั้นที่อยู่ตื้นที่สุดซึ่งติดกับพังผืดฝ่าเท้า และชั้นที่ 4 เป็นชั้นที่อยู่ลึกที่สุดติดกับ Plantar ligament ของกระดูกเท้า โดยกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในแต่ละชั้นประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อต่างๆ ดังนี้

1. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 เป็นชั้นที่ตื้นที่สุด ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Abductor hallucis กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis และกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi
2. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 2 เป็นชั้นที่อยู่ลึกเข้าไปถัดจากชั้นที่ 1 ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Lumbricals และกล้ามเนื้อ Quadratus plantae
3. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 3 เป็นกล้ามเนื้อชั้นที่ลึกเข้าไปถัดจากชั้นที่ 2 ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Adductor hallucis กล้ามเนื้อ Flexor hallucis brevis และกล้ามเนื้อ Flexor digiti minimi brevis
4. กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 4 เป็นกล้ามเนื้อในชั้นที่ลึกที่สุด ประกอบด้วยกล้ามเนื้อ Dorsal interossei และกล้ามเนื้อ Plantar interossei (Angin S, 2020)



รูปที่ 6 แสดงกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทั้ง 4 ชั้น (4 layers of intrinsic foot muscle)

(รูปอ้างอิงจาก <https://doctorlib.info/anatomy/yogabody-anatomy-kinesiology-asana/11.html>)

## 5. การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography)

การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG) หรือการวัดค่าศักย์ไฟฟ้าของกล้ามเนื้อขณะที่กล้ามเนื้อมีการทำงาน เป็นการวัดจากสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในหน่วยประสาทที่ควบคุมเส้นใยกล้ามเนื้อ (Motor unit) ซึ่งเป็นการค้นหาสัญญาณไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการ Action potential ขณะกล้ามเนื้อที่มีการหดตัว โดยปกติในการทำงานของกล้ามเนื้อ

เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวร่างกาย จะมีการระดมกระแสประสาทกล้ามเนื้อ (Motor unit recruitment) ส่งไปที่กล้ามเนื้อเพื่อควบคุมให้กล้ามเนื้อดังกล่าวมีการหดตัวเพื่อทำหน้าที่ในการเคลื่อนไหวโครงสร้างของร่างกาย ปริมาณของ Motor unit recruitment บอกถึงกล้ามเนื้อมีการระดมกระแสประสาทไปมากน้อยแค่ไหนเพื่อให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อเพื่อทำการเคลื่อนไหวในท่าทางต่างๆ โดยการมีปริมาณ Motor unit recruitment ที่มากหรือน้อยเกินไปสามารถบอกได้ถึง ความผิดปกติที่เกิดขึ้นในการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อมัดนั้นในขณะเคลื่อนไหว การวัดการทำงานของกล้ามเนื้อ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. ชนิดของวัดการทำงานของกล้ามเนื้อโดยการไม่ใส่อุปกรณ์เข้าไปภายในร่างกาย (Non-invasive technique) โดย (วิธีการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อจากผิวหนัง (Surface EMG) ซึ่งใช้ Electrode ติดที่ผิวหนังครอบคลุมตำแหน่ง Motor point ของกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด
2. ชนิดของการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อโดยมีการฝังหรือใส่อุปกรณ์เข้าไปในร่างกาย (Invasive technique) โดยวิธีการวัดการทำงานของกล้ามเนื้อโดยใช้ Electrode ที่เป็นเข็ม (Needle) เจาะลงไปตรงมัดกล้ามเนื้อที่ต้องการวัด (M.B.I. Raez, 2006)

## 6. วงจรการวิ่ง (Running gait cycle)

วงจรการวิ่งประกอบไปด้วย 2 ช่วงหลัก (Phase) คือช่วงที่เท้าลงน้ำหนัก (Stance phase) และช่วงที่เท้าไม่มีการลงน้ำหนัก (Swing phase) โดยทั้ง 2 ช่วงประกอบไปด้วยช่วงย่อย (Subphase) โดยแบ่งตามการเคลื่อนไหวเท้าที่เคลื่อนไปทิศทางข้างหน้า ดังนี้

1. ช่วงที่เท้าลงน้ำหนัก (Stance phase) คิดเป็นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 วงจรการวิ่ง ประกอบด้วย 2 ช่วงย่อย ได้แก่

- 1.1 ช่วง Initial stance phase หรือช่วง Absorption หรือช่วง Braking phase คือช่วงที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น (Initial contact) ไปจนถึงช่วงที่มีการถ่ายน้ำหนักลงเต็มฝ่าเท้า โดยที่ขาข้างตรงข้ามอยู่ในแนวขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก (Mid stance) ซึ่งเป็นช่วงที่ร่างกายค่อยๆ ชะลอแรงในการการลงน้ำหนักที่เข้าร่วมกับการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าให้เป็นไปอย่างช้าๆ และราบรื่นในลักษณะของการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ Eccentric contraction

- 1.2 ช่วง Terminal stance phase หรือช่วง Propulsion คือช่วงหลังจาก Mid stance ไปจนถึงช่วงก่อนที่ส่วนปลายสุดของนิ้วเท้าดันตัวขึ้นจากพื้น (Toe off phase) ซึ่งเป็นช่วงที่ร่างกายปลดปล่อยการชะลอแรงและเปลี่ยนเป็นออกแรงเพื่อเร่งและผลักดัน

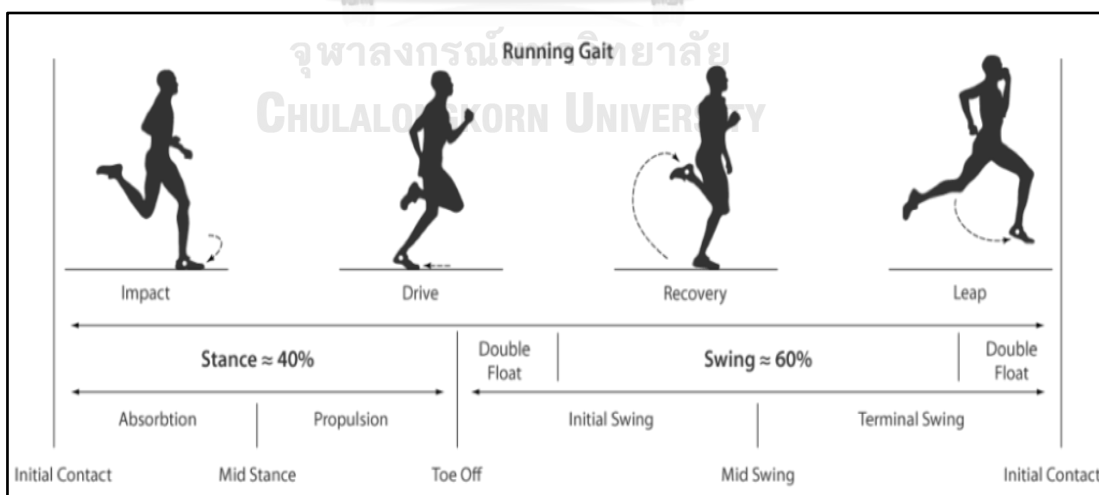
ร่างกายขึ้นจากพื้นให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยผ่านการทำงานแบบ Concentric contraction

2. ช่วงที่เท้าไม่ลงน้ำหนักที่พื้น (Swing phase) คิดเป็นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของ 1 วงจรการวิ่ง ประกอบด้วย 2 ช่วงย่อย ได้แก่

2.1 ช่วง Initial swing phase คือช่วงครึ่งแรกที่เท้าลอยขึ้นจากพื้นจนถึงช่วง Mid swing ซึ่งเป็นช่วงที่มีการงอข้อสะโพกและข้อเข่าสูงสุดของขาข้างที่ไม่สัมผัสพื้น โดยเป็นการเคลื่อนไหวร่างกายโดยผ่านการทำงานในลักษณะ Concentric contraction เพื่อผลักร่างกายให้เคลื่อนไหวไปข้างหน้า

2.2 ช่วง Terminal swing phase คือช่วงครึ่งหลังของช่วงที่เท้าไม่สัมผัสพื้น ซึ่งเริ่มต้นจากหลัง Mid swing ไปจนถึงก่อนที่เท้าจะลงสัมผัสพื้น โดยที่มุมของข้อสะโพกและข้อเข่าจะค่อยๆ เหยียดออกมากขึ้นจากช่วง Mid swing เป็นการเคลื่อนไหวในลักษณะชะลอแรงการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า เพื่อให้เท้าสัมผัสพื้นด้วยแรงที่น้อยที่สุด ผ่านการทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะ Eccentric contraction

สำหรับการเคลื่อนไหวในช่วง Swing phase ของการวิ่งในช่วงเริ่มต้นของ Initial swing phase และช่วงท้ายของ Terminal swing phase เป็นช่วงที่เท้าทั้ง 2 ข้างไม่สัมผัสพื้นในช่วงดังกล่าวเรียกว่า Double float (Sheila A. Dugan, 2005)



รูปที่ 7 แสดงช่วงต่างๆ ของวงจรการวิ่ง (Phases of running gait cycle)

(รูปอ้างอิงจาก <https://www.kintec.net/blog/the-run-centre-4-point-run-analysis/>)

## 7. รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง (Lower extremity kinematic pattern)

รูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่าง คือรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างที่มีความเกี่ยวข้องกัน ประกอบด้วย การเคลื่อนไหวใน 3 ระนาบ (Plane) ได้แก่

1. การเคลื่อนไหวในแนวซ้าย-ขวา (Frontal plane) เป็นเคลื่อนไหวหรือหมุนตาม Sagittal axis
2. การเคลื่อนไหวในแนวหน้า-หลัง (Sagittal plane) เป็นเคลื่อนไหวหรือหมุนตาม Frontal axis
3. การเคลื่อนไหวในแนวนอน-ล่าง (Horizontal plane) เป็นเคลื่อนไหวหรือหมุนตาม Longitudinal axis

โดยข้อต่อต่างๆ ของรยางค์ล่าง ได้แก่ ส้นเท้า (Rearfoot) ข้อเท้า (Ankle joint) ข้อเข่า (Knee joint) ข้อสะโพก (Hip joint) และระดับกระดูกเชิงกราน (Pelvic level) จะมีการเคลื่อนไหวในระนาบต่างๆ เหล่านี้ขณะวิ่งที่ประสานสัมพันธ์และต่อเนื่องกัน โดยพบว่าการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ ของรยางค์ล่างในแนว Frontal plane และในแนว Sagittal plane ที่มากหรือน้อยเกินไป ส่งผลต่อการวางเท้าที่ผิดปกติ ทำให้เพิ่มโอกาสการบาดเจ็บที่เท้าได้ โดยการเคลื่อนไหวเหล่านี้มีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ Kinetic chain theory โดยการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ ในแนว Frontal plane และ Sagittal plane เป็นดังนี้

1. การเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างคิเนแนว Frontal plane ประกอบไปด้วย
  - การเคลื่อนไหวของ Rearfoot eversion และ Rearfoot inversion
  - การเคลื่อนไหวของ Knee abduction และ Knee adduction
  - การเคลื่อนไหวของ Hip abduction และ Hip adduction
  - การเคลื่อนไหวของ Pelvic upward rotation และ Pelvic down rotation
2. การเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างคิเนแนว Sagittal plane ประกอบไปด้วย
  - การเคลื่อนไหวของ Longitudinal arch up และ Longitudinal arch down ที่สะท้อนถึงมุมของอุ้งเท้า
  - การเคลื่อนไหวของ Ankle dorsiflexion และ Ankle plantar flexion
  - การเคลื่อนไหวของ Knee flexion และ Knee extension
  - การเคลื่อนไหวของ Hip flexion และ Hip extension (Zdenek Svoboda,

## 8. การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับโรครองเท้า (Previous studies in plantar fasciitis)

### 8.1 งานวิจัยที่เผยแพร่ภายในประเทศ

การศึกษาเกี่ยวกับโรครองเท้าที่ทำการเผยแพร่ภายในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับประเด็นการรักษาโรครองเท้าโดยวิธีการต่างๆ

จากการศึกษาของนายแพทย์ปราโมทย์ ธนาศุกรกุล ในปี 2562 พบว่าผู้ป่วยโรครองเท้าร้อยละ 80 ตอบสนองต่อการรักษาโรครองเท้าด้วยวิธีการอนุรักษ์นิยมในระดับดี ทั้งการรักษาโดยการรับประทานยาลดปวดและต้านการอักเสบที่ไม่ใช่กลุ่มยาสเตียรอยด์ การรักษาโดยการฉีดยาลดการอักเสบชนิดสเตียรอยด์ที่ฝังฝีเท้าโดยตรง แต่วิธีการดังกล่าวจะต้องเฝ้าระวังภาวะแทรกซ้อนจากการรักษา เช่น การฉีกขาดของพังผืดเท้า หรือการเกิด Heel spur ที่ฝังฝีเท้า เป็นต้น การรักษาโดยวิธีการทางกายภาพบำบัด เช่น การใช้คลื่นความถี่สูงในการรักษา การใช้อุปรกรณ์พยุงเท้า เป็นต้น การรักษาด้วยเทคนิคเหล่านี้ส่งผลดีต่อผู้ป่วยที่เป็นโรครองเท้ามากกว่าการรักษาโดยวิธีการผ่าตัด นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้นำเพิ่มเติมว่า อย่างไรก็ตามการรักษาโรครองเท้าด้วยวิธีอนุรักษ์นิยมผู้ป่วยควรให้ความสำคัญกับหัวใจหลักของการเกิดโรครองเท้า คือหลีกเลี่ยงการทำให้เกิดแรงดึงที่ฝ่าเท้าที่มากเกินไป อาจทำได้โดยการยืดกล้ามเนื้อน่องและเอ็นร้อยหวาย รวมถึงฝังฝีเท้าอย่างสม่ำเสมอ (ธนาศุกรกุล, 2562)

นอกจากนั้นการศึกษาของจิราพร ทรงพระ และคณะในปี 2561 ที่ทำการศึกษาประสิทธิผลของถุงเท้ายึดฝีเท้าเพื่อลดปวดของพยาบาลในโรงพยาบาลวชิรพยาบาล ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอาการปวดส้นเท้า และเสี่ยงที่จะพัฒนากลายเป็นโรครองเท้าจากการใช้งานเท้าในท่าลงน้ำหนักในการยืนทำงานเป็นเวลานานหลายชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการใส่ถุงเท้ายึดฝีเท้าเวลานอนทุกคืนต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ อาการปวดส้นเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนใส่ถุงเท้ายึดฝีเท้า ผู้วิจัยอธิบายผลของการอาการปวดที่ลดลงว่า ถุงเท้ายึดฝีเท้าจะช่วยยึดพังผืดเท้าเวลานอน ไม่ให้เท้าอยู่ในท่ากลับปลายเท้าลงขณะนอนหลับ ทำให้เมื่อลงน้ำหนักก้าวแรกตอนเท้าพังผืดเท้าไม่ถูกยืดออกอย่างรวดเร็วและรุนแรงจากการที่ฝังฝีเท้าเท้าหดตัวอยู่ก่อนขณะนอนหลับ ทำให้ผู้เข้าร่วมวิจัยรับรู้ได้ถึงอาการปวดในก้าวแรกในตอนเช้าที่ลดลง (จิราพร ทรงพระ, 2561)

ยิ่งไปกว่านั้น การศึกษาของศุภมาศ สมไพโร และอุไรวรรณ ชัชวาล ในปี 2563 ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการนวดแผนไทยกับการรักษาทางกายภาพบำบัดต่ออาการปวดและระดับความไวของการรับรู้สีกปวดต่อแรงกด (Pressure pain threshold: PPT) ของโรครองเท้า โดยการนวดแผนไทยเป็นการนวดตามหลักวิธีการนวดของแพทย์แผนไทยที่เน้นการนวดตลอดทั้งร่างกาย ขณะที่การรักษาด้วยวิธีการทางกายภาพบำบัดประกอบด้วย การรักษาด้วย Ultrasound และการยืดกล้ามเนื้อน่องและพังผืดเท้า ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ได้รับการรักษาทาง

กายภาพมีอาการปวดที่ส้นเท้าลดลง และมีระดับ PPT ที่ส้นเท้าและกล้ามเนื้อน่องเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการนวดแผนไทย ผู้วิจัยอธิบายว่าการรักษาด้วยวิธีการทางกายภาพบำบัดสามารถลดอาการปวดของโรครองช้ำได้ดีกว่า เนื่องจากการรักษาด้วยคลื่น Ultrasound โดยหวังผลของความร้อน (Thermal effect) ทำให้หลอดเลือดบริเวณที่ทำการรักษาขยายตัว ส่งผลให้เพิ่มความยืดหยุ่นของพังผืดฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อได้ดีขึ้น ทำให้ลดความตึงตัวของพังผืดฝ่าเท้าซึ่งเป็นสาเหตุของอาการปวด นอกจากนี้การยืดกล้ามเนื้อน่องและพังผืดฝ่าเท้า ทำให้โครงสร้างดังกล่าวมีความยืดหยุ่นมากขึ้นซึ่งเป็นการช่วยลดแรงดึงที่มากเกินไปที่กล้ามเนื้อน่องและพังผืดฝ่าเท้า จึงทำให้มีอาการปวดจากอาการของโรครองช้ำมีค่าลดลง (ชัชวาลย์, 2563)

อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมาที่เผยแพร่ภายในประเทศ ยังขาดแคลนในประเด็นของการออกกำลังกายเพื่อช่วยลดอาการปวดหรือป้องกันการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าทั้งในกลุ่มคนทั่วไปที่เป็นโรครองช้ำจากการใช้ชีวิตประจำหรือจากการออกกำลังกาย ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการลดโอกาสการเกิดรองช้ำซ้ำๆ นำไปสู่การลดอุบัติการณ์การเกิดโรครองช้ำ

## 8.2 งานวิจัยที่เผยแพร่ต่างประเทศ

มีการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในคนที่เป็นโรครองช้ำโดยมุ่งประเด็นไปที่เท้า ซึ่งเป็นจุดต้นเหตุที่แสดงอาการปวด และส่งผลกระทบต่อการทำงานกิจกรรมต่างๆ ที่มีการลงน้ำหนักที่เท้า หลากหลายการศึกษาพบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่เท้าในขณะลงน้ำหนักในคนที่เป็นโรครองช้ำเมื่อเปรียบเทียบกับคนที่ไม่เป็นโรครองช้ำ โดยการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์รูปแบบการเดิน (Gait analysis) ของ Ryan Chang และคณะในปี 2014 (Ryan Chang., 2014) พบว่าในช่วง Heel strike ส่วนหลังของเท้าหรือส้นเท้า (Rearfoot) มีมุมการหมุนออกทางด้านนอกร่วมกับคว่ำลง (Pronation) มากกว่าคนที่ไม่เป็นโรครองช้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในช่วงถัดมาคือ ช่วง Foot Flat การศึกษาของ Lori A. Bolgla and Terry R. Malone ในปี 2004 (Lori A. Bolgla, 2004) พบว่าความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในของคนที่เป็นโรครองช้ำลดต่ำลง (Longitudinal arch collapse) มากกว่าคนที่ไม่เป็นโรครองช้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าช่วงสุดท้ายในระยะที่เท้าสัมผัสพื้นในช่วง Toe off จากการศึกษาของ Ryan Chang และคณะในการศึกษาเดียวกันกับข้างต้น พบว่า มุมการกระดกขึ้นของข้อต่อกระดูกฝ่าเท้ากับกระดูกนิ้วเท้าส่วนต้นของนิ้วที่ 1 (The 1<sup>st</sup> metatarsophalangeal joint) มีค่ามากกว่าคนที่ไม่เป็นโรครองช้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ของเท้าที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ช่วงขณะที่เท้าลงน้ำหนักในคนที่เป็นโรครองช้ำ ผู้วิจัยได้อธิบายผลการวิจัยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ การเปลี่ยนแปลงของมุมการเคลื่อนไหวของของส่วนต่างๆ ของเท้าไม่ว่าจะเป็นการมี Pronation ของ Rearfoot มากกว่าปกติ ในช่วง Heel Strike การลดต่ำลงของความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในในช่วง Foot flat และมุมการกระดกขึ้นของ The 1<sup>st</sup> Metatarsophalangeal joint ที่มากกว่าปกติ เหล่านี้กระตุ้นให้มีความตึงตัว

ของพังผืดฝ่าเท้ามากขึ้น และเมื่อมีการเคลื่อนไหวในลักษณะดังกล่าวซ้ำๆ เป็นเวลานาน ก็จะทำให้เกิดการบาดเจ็บที่พังผืดฝ่าเท้าขึ้น และมีการอักเสบเกิดขึ้นตามมา และเกิดเป็นโรครองช้ำวนเป็นวัฏจักร แต่การศึกษาเหล่านั้นก็มีข้อจำกัดคือ เป็นการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการเดิน และศึกษาในคนที่ไปไม่ได้เป็นนักกีฬา ทำให้ผลที่ได้จากการศึกษาไม่สามารถอ้างอิงได้ถึงกลุ่มประชากรที่เป็นนักกีฬา และการเคลื่อนไหวในรูปแบบการวิ่งได้

จากการศึกษาของ Ana Paula Ribeiro และคณะในปี 2015 (Ana Paula Ribeiro., 2015) ได้ทำการศึกษาแรงที่กระทำที่เท้า (Loading) ขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ผลการศึกษาพบว่าอัตราของแรงที่กระทำที่เท้า (Loading rate) ขณะวิ่งในนักวิ่งที่เป็นโรครองช้ำมีค่าสูงกว่านักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองช้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาแรงสูงสุด (Maximum force) ที่กระทำต่อส่วนต่างๆ ของเท้า โดยแยกพิจารณาในแต่ละส่วนของเท้าได้แก่ ส่วนหลังของเท้าหรือสันเท้า ส่วนกลางของเท้า (Midfoot) และส่วนหน้าของเท้า (Forefoot) พบว่ามีแรงสูงสุดที่กระทำที่สันเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเฉียบพลัน (Acute plantar fasciitis) มีค่าน้อยกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเรื้อรัง (Chronic plantar fasciitis) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลดังกล่าว Ana Paula Ribeiro ได้อธิบายว่าเป็นกลไกในการหลีกเลี่ยงการกระตุ้นบริเวณที่มีอาการปวดขณะลงน้ำหนักในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเฉียบพลัน จึงมีความเป็นไปได้ว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเฉียบพลันจะมีการชดเชยแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นที่เท้าไปในส่วนอื่นของเท้าซึ่งได้แก่ Midfoot และ Forefoot แต่เมื่อพิจารณาผลการศึกษาในส่วนของ Midfoot และ Forefoot พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรงสูงสุดที่กระทำต่อ Midfoot และ Forefoot ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเฉียบพลันและนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเรื้อรัง จากผลการศึกษาในประเด็นนี้ ผู้วิจัยอธิบายว่า นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเฉียบพลันไม่ได้มีการชดเชยแรงสูงสุดต่อ Midfoot และ Forefoot แต่ผลที่มีแรงสูงสุดที่เกิดขึ้นที่สันเท้าที่น้อยกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเรื้อรัง เป็นผลมาจากการที่นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเฉียบพลันมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการวิ่ง (Running pattern) โดยมีการวางเท้าสัมผัสพื้นถี่ขึ้นหรือมีช่วงเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นโดยรวม (Contact time) น้อยลงในขณะวิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำระยะเรื้อรังและนักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองช้ำ จากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการวิ่งซึ่งเป็นการลดเวลาในช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น การเคลื่อนไหวในลักษณะดังกล่าวไม่มีการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นเพียงแค่ว่าเท้าเท่านั้น แต่เป็นการเคลื่อนไหวของทั้งร่างกายครึ่งล่างของร่างกาย จากประเด็นนี้ หลายการศึกษาจึงได้มีการเสนอความคิดที่ว่า ในคนที่ เป็นโรครองช้ำซึ่งมีจุดที่มีรอยโรคที่เท้าอาจไม่ได้ส่งผลกระทบต่อเพียงแค่ว่าเท้าเท่านั้น แต่อาจส่งผลถึงโครงสร้างที่อยู่เหนือต่อเท้าด้วย

Ngenomeulu T. Nakalas และคณะในปี 2018 (Ngenomeulu T. Nakalas., 2018) ได้ทำการศึกษาความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ในคนที่เป็นโรครองช้ำ โดยมีกลุ่มเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มคนที่มีพยาธิสภาพที่ข้อเท้าและเท้าที่ไม่ใช่โรครองช้ำ เช่น เอ็นร้อยหวายอักเสบ ภาวะเท้าแบน (Pes planovalgus) ภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง (Hallux valgus) เป็นต้น และกลุ่มที่ไม่มีพยาธิสภาพที่ข้อเท้าและเท้า ในการศึกษาดังกล่าวได้ใช้ The Silfverskiold test ในการทดสอบความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius โดยผลการศึกษาพบว่าจำนวนคนที่มีความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius สูงสุดคือ กลุ่มคนที่เป็นโรครองช้ำ ซึ่งคิดเป็น 80% ของจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นโรครองช้ำทั้งหมดในการศึกษานี้ นอกจากนี้ ผลของการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์กันในระดับสูงระหว่างคนที่เป็โรครองช้ำกับการมีภาวะความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius โดยผู้วิจัยได้อธิบายผลที่ได้จากศึกษาว่า ในรูปแบบการเดินปกติ (Normal gait pattern) ซึ่งประกอบไปด้วยช่วงที่เท้ามีการลงน้ำหนัก (Stance phase) และช่วงที่เท้าไม่มีการลงน้ำหนัก (Swing phase) โดยในช่วงท้ายของการลงน้ำหนัก (Terminal stance phase) ก่อนที่เท้าจะเปลี่ยนไปสู่ช่วง Swing phase กล้ามเนื้อ Gastrocnemius ทำหน้าที่หลักในการถีบปลายเท้าลง (Ankle plantar flexion) เมื่อกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ออกแรงหดตัวจะมีการถ่ายแรง (Force transmission) ไปที่เอ็นร้อยหวาย เพื่อดึงให้เอ็นร้อยหวายมีการหดตัวร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อถีบปลายเท้าลงโดยการยกส้นเท้าขึ้น ซึ่งเป็นช่วงการถีบตัวออกจากพื้นไปสู่ช่วง Swing phase และจากผลการศึกษาที่พบว่าคนที่เป็นโรครองช้ำมีความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius มากกว่าคนที่ไม่มีความผิดปกติที่ข้อเท้าและเท้า เป็นผลมาจากการทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ต้องใช้ความสามารถในการหดตัวมากขึ้น เพื่อถีบด้วยยกส้นเท้าที่มีการบาดเจ็บที่พังผืดฝ่าเท้าขึ้นจากพื้นไปสู่ช่วง Swing phase เป็นผลให้มีการถ่ายแรงไปยังเอ็นร้อยหวายมากขึ้น ทำให้เอ็นร้อยหวายต้องใช้แรงในการหดตัวมากขึ้นด้วย เมื่อมีการทำงานที่มากกว่าปกติสะสมเป็นเวลานานทำให้เกิดความตึงของเอ็นร้อยหวายและกล้ามเนื้อ Gastrocnemius สูงขึ้น เป็นผลให้มีมุมในการกระดกปลายเท้าขึ้นในขณะเหยียดเข่าน้อยกว่ากลุ่มคนที่ไม่มีความผิดปกติที่ข้อเท้าและเท้า

นอกจากนั้นจากการศึกษาของ Pavinee และคณะในปี 2018 (Pavinee Harutaichun, 2018) ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรทำนาย (Predictor) หรือปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรครองช้ำในกลุ่มทหารเกณฑ์ฝึกใหม่หลังจากผ่านการฝึกของระบบกองทัพเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ในการศึกษาดังกล่าวนี้ ตัวแปรทำนายตัวแปรหนึ่งที่ผู้วิจัยและคณะทำการศึกษาคือ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน่อง (Calf muscle) โดยทำการเก็บข้อมูลในท่ายืนขาข้างเดียวแล้วเขย่งเท้าขึ้น (Single Leg Heel Raise) แล้วนับจำนวนครั้งที่อาสาสมัครสามารถเขย่งเท้าได้เต็มช่วงมุมการเคลื่อนไหวของการกระดกปลายเท้าลง (Ankle plantar flexion) จากผลการศึกษาของตัวแปรทำนายพบว่า ทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่เป็นโรครองช้ำมีจำนวนครั้งของการเขย่งเข่าน้อยกว่าทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่ไม่เป็นโรครองช้ำ



อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกุ่มทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่เป็นโรครองช้ำน้อยกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกุ่มทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่ไม่เป็นโรครองช้ำ จากผลการศึกษาผู้วิจัยได้อธิบายว่า กล้ามเนื้อที่ความแข็งแรงน้อย ส่งผลให้ในช่วง Heel off มีการยกส้นเท้าขึ้นเพื่อเข้าสู่ช่วง Toe off ได้ต่ำกว่ากุ่มคนที่มึกล้ามเนื้อที่แข็งแรงกว่า ส้นเท้าที่ยกสูงจากพื้นน้อยกว่าเพื่อจะถีบตัวออกจากพื้นที่เป็นผลให้ร่างกายพยายามชดเชยโดยมีการบิดหมุนส้นเท้าเข้าทางด้านในร่วมกับการหงายฝ่าเท้า (Supination of subtalar joint) มากกว่าปกติ เพื่อช่วยในการยกเท้าขึ้นจากพื้นเข้าสู่ช่วง Swing phase ซึ่งส่งผลต่อเนื่องให้เกิดความไม่มั่นคงของเท้า (Foot instability) ในการเคลื่อนไหวเข้าสู่ช่วง Swing phase ทำให้ร่างกายพยายามปรับตัวชดเชยที่ส่วนต้นของรยางค์ล่างเพื่อเพิ่มความมั่นคงของการเคลื่อนไหว โดยการบิดหมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (Hip external rotation) มากกว่าปกติ และเมื่อวนกลับเข้าสู่ช่วง Stance phase ส่งผลให้เท้าสัมผัสพื้นด้วยแรงมากกว่าปกติ ทำให้มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นที่กระทำต่อเท้ามีค่าสูง ซึ่งเมื่อมีการเคลื่อนไหวดังกล่าวซ้ำๆ ทำให้เกิดบาดเจ็บขึ้นซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า และส่งผลให้ความสามารถในการยกส้นเท้าขึ้นเพื่อถีบตัวออกจากพื้นลดลง วนซ้ำเป็นวัฏจักร

จากการศึกษาของ Yolanda และคณะในปี 2013 (Yolanda Aranda Bolivar., 2013) ซึ่งได้ทำการศึกษาความตึงตัวของกล้ามเนื้อด้านหลังของรยางค์ล่างในคนที่ เป็นโรครองช้ำเปรียบเทียบกับกุ่มควบคุม โดยในการศึกษาดังกล่าวทำการวัดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius กล้ามเนื้อ Soleus และกล้ามเนื้อ Hamstring ซึ่งการศึกษารั้งนี้ใช้ทดสอบการวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก โดยผู้ทำการทดสอบทำการทดสอบในลักษณะ passive movement โดยทำการวัดมุมต่างๆ คือ มุมกระดูกปลายเท้าขึ้นขณะเหยียดเข่า (Ankle dorsiflexion with knee extension: ADFKE) เพื่อทดสอบความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius มุมกระดูกปลายเท้าขึ้นขณะงอเข่า (Ankle dorsiflexion with knee flexion: ADFKF) เพื่อทดสอบความตึงตัวของกล้ามเนื้อ soleus มุมการเหยียดเข่าขณะงอข้อสะโพก 90 องศา โดยวัดมุมที่หายไปจาก 180 องศา (Popliteal Angle: PA) เพื่อทดสอบความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Hamstring (ซึ่งตามทฤษฎีคนที่ไม่มี ความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Hamstring จะมีมุมการเหยียดเข่าได้ 180 องศา) และมุมการงอข้อสะโพกขณะเหยียดเข่าตรง (Straight leg raise test: SLRT) เพื่อทดสอบความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Hamstring และกล้ามเนื้อ Gastrocnemius จากการศึกษาพบว่า กุ่มคนที่ เป็นโรครองช้ำมีมุม ADFKE, ADFKF, PA, และ SLRT น้อยกว่ากุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่ากุ่มคนที่ เป็นโรครองช้ำมีค่ามุมทั้ง 4 ค่า น้อยกว่าค่าปกติ จากผลการศึกษา Yolanda ได้อธิบายว่า ในการเดิน กล้ามเนื้อ Hamstring ทำหน้าที่ในการงอเข่าเพื่อยกเท้าออกจากพื้น สำหรับคนที่ เป็นโรครองช้ำซึ่งมีจุดกดเจ็บอยู่ที่บริเวณส้นเท้าและอุ้งเท้าทางด้านใน ขณะมีการถีบตัวออกจากพื้น (Toe off phase) จะมีการลงน้ำหนักที่บริเวณส่วนปลายเท้ามาก ทั้งนี้เพื่อ

เลี้ยงการกระตุ้นอาการปวดบริเวณจุดกดเจ็บ แต่เนื่องจากคนที่เป็นโรครองข้อมีการอักเสบที่พังผืดฝ่าเท้าและมีความตึงตัวของพังผืดฝ่าเท้าและเอ็นร้อยหวายเพิ่มสูงขึ้นกว่าปกติ ขณะถีบตัวออกจากพื้นทำให้ต้องใช้แรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าปกติ เพื่อให้เกิดการกระดกปลายเท้าลง (Ankle plantar flexion) เป็นผลให้กล้ามเนื้อน่อง (Calf muscle) ทำงานมากกว่าปกติ และส่งผลต่อเนื่องให้กล้ามเนื้อ Hamstring ต้องใช้แรงสูงกว่าปกติเพื่อให้เกิดการงอเข่าเพื่อถีบตัวขึ้นจากพื้นเข้าสู่ช่วง Swing phase วนเป็นเช่นนี้ซ้ำๆ ส่งผลให้เกิดความตึงตัวของกล้ามเนื้อต้นขาทางด้านหลังและน่อง จนในที่สุดทำให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและข้อเข่าเปลี่ยนแปลงไปจากปกติ

ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีการศึกษาที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหวที่ข้อสะโพกก็มีความสัมพันธ์กับโรครองข้อมีเช่นกัน จากการศึกษาของ Pavinee และคณะในปี 2018 (Pavinee Harutaichun, 2018) ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรทำนายที่ทำให้เกิดโรครองข้อมีโดยมุ่งเน้นไปที่การทำงานของส่วนต้นของรยางค์ล่าง ซึ่งคือการทำงานของข้อสะโพก ในกลุ่มทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ หลังจากผ่านการฝึกของระบบกองทัพเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ในการศึกษาดังกล่าวนี้ ตัวแปรทำนายที่มุ่งเน้นไปที่การเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ได้แก่ มุมของกระดูกเชิงกราน (Pelvic angle) มุมการบิดหมุนของหัวกระดูกต้นขา (Femoral anteversion angle) มุมของกล้ามเนื้อ Quadriceps (Quadriceps angle) มุมการงอข้อสะโพก (Hip flexion angle) และการทดสอบคุณภาพของการเคลื่อนไหวโดยใช้ Lateral step down test จากผลการศึกษาพบว่า มุม Femoral anteversion ในทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่เป็นโรครองข้อมีค่าน้อยกว่าทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่ไม่เป็นโรครองข้อมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีคะแนนจาก Lateral step down test ในทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่เป็นโรครองข้อมีค่าน้อยกว่าทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่ไม่เป็นโรครองข้อมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงถึงคุณภาพของการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่เป็นโรครองข้อมีต่ำกว่าทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่ไม่เป็นโรครองข้อมี และจากการศึกษาดังกล่าวยังพบว่า มุม Femoral anteversion และคุณภาพของการเคลื่อนไหวมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรครองข้อมีในทหารเกณฑ์ฝึกใหม่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย Pavinee ได้อธิบายผลการศึกษาว่า สำหรับค่ามุม Femoral anteversion ในทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่เป็นโรครองข้อมีที่มีค่าน้อยกว่าทหารเกณฑ์ฝึกใหม่ที่ไม่เป็นโรครองข้อมี มุมหัวกระดูกต้นขาที่มีค่าน้อยกว่าแสดงถึงการบิดหมุนของหัวกระดูกต้นขาเข้าทางด้านในมากกว่ามุมหัวกระดูกต้นขาที่มีค่ามากกว่า โดยมุมที่น้อยกว่าแสดงถึงการวางเท้าสัมผัสพื้นในลักษณะที่หัวแม่โป้งเท้าบิดหมุนเข้าทางด้านในมากกว่าปกติ ซึ่งจากทฤษฎี Kinetic chain (Vargas, 2011) สามารถอธิบายได้ว่าคนที่มีมุมการบิดหมุนข้อสะโพกเข้าทางด้านใน (Hip internal rotation) มีค่ามาก ในที่นี้เป็นผลมาจากการที่มีมุม Femoral anteversion มีค่าน้อยกว่าปกติ ทำให้ข้อเข่าหุบเข้าทางด้านในมาก (Knee valgus) และส่งผลต่อเนื่องให้เท้าทำให้เกิดการหมุนคว่ำลงมากกว่าปกติ (Over pronation) ทำให้พังผืดฝ่า

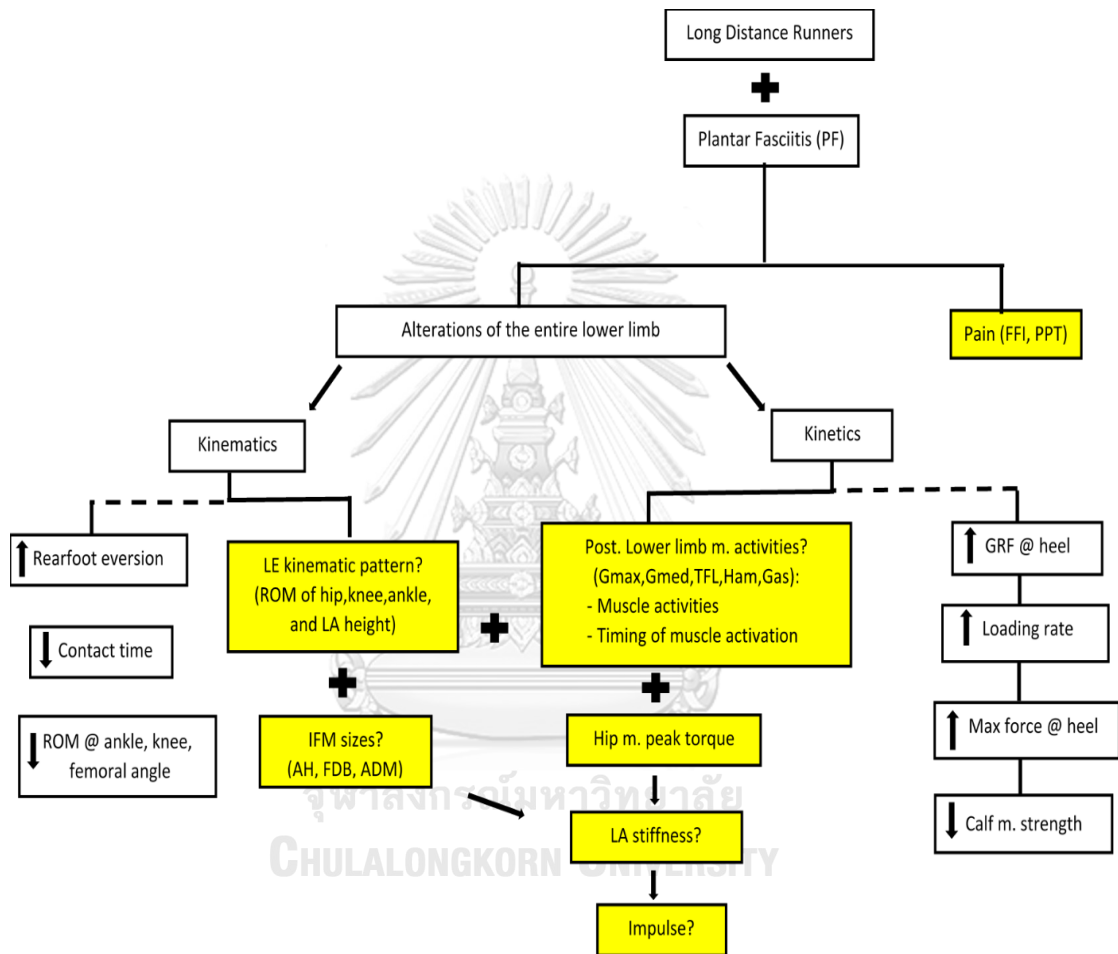
เท้าทางด้านในรับน้ำหนักมากกว่าปกติ กระตุ้นให้เกิดการบาดเจ็บที่พังผืดฝ่าเท้าซ้ำๆ เมื่อมีการลงน้ำหนัก และนำมาซึ่งการอักเสบที่พังผืดฝ่าเท้าต่อมา

จากหลายการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นที่ทำให้ได้ความรู้เพิ่มเติมว่าคนที่เป็นโรครองซ้ำ ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่บริเวณที่มีรอยโรคคือที่เท้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่พบว่ารอยโรคดังกล่าวส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่โครงสร้างที่อยู่เหนือต่อข้อเท้าด้วย แต่การศึกษาดังกล่าวเหล่านั้นก็เป็นการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นทั่วไปที่ไม่ใช่ นักกีฬา และเป็นการศึกษาในลักษณะของการตรวจประเมินร่างกาย ไม่ได้เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวในการทำกิจกรรมหรือกิจวัตรต่างๆ นอกจากนั้นยังพบว่ามีการศึกษาที่พบว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในส่วนต้นของรยางค์ล่างก็มีความสัมพันธ์กับการเกิดโรครองซ้ำด้วย แต่การศึกษาดังกล่าวก็เป็นการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในส่วนต้นของรยางค์ล่างคือบริเวณข้อสะโพก ที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรครองซ้ำ แต่ในทางตรงกันข้ามก็ยังไม่ได้มีการศึกษาว่าคนที่เป็นโรครองซ้ำ ส่งผลให้ส่วนต้นของรยางค์ล่างมีการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร โดยข้อมูลดังกล่าวนี้อาจจะเป็นประโยชน์การฟื้นฟูคนที่เป็นโรครองซ้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อลดอุบัติเหตุในการเกิดโรครองซ้ำต่อไปในอนาคต

จากหลายการศึกษาที่พบว่าคนที่เป็นโรครองซ้ำมีการเปลี่ยนแปลงที่โครงสร้างที่อยู่เหนือต่อจากเท้าด้วย การศึกษาดังกล่าวเหล่านี้ สอดคล้องกับทฤษฎี Kinetic chain (The kinetic chain theory) โดยจากการศึกษาของ Nili Steinberg และคณะในปี 2017 (Nili Steinberg, 2017) และการศึกษาของ Ninad Karandikar และคณะในปี 2011 (Vargas, 2011) ได้อธิบายทฤษฎี Kinetic chain ไว้ว่าเมื่อข้อต่อใดข้อต่อหนึ่งมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น ส่งผลให้ข้อต่ออื่นๆที่อยู่ใน chain เดียวกัน มีปฏิกิริยาตอบสนองต่อการเคลื่อนไหวของข้อต่อนั้น และเป็นผลให้ข้อต่อเหล่านั้นซึ่งอยู่ใน chain เดียวกันเกิดการเคลื่อนไหวด้วย ดังจะเห็นได้จากขณะยกขาข้างหนึ่งขึ้นจากพื้นเพื่อก้าวไปข้างหน้า กล้ามเนื้อบริเวณข้อสะโพกจะทำหน้าที่สร้างความมั่นคงให้กับข้อสะโพกและงอข้อสะโพกขึ้น (Hip stabilization and hip flexion) ส่งผลต่อเนื่องให้ข้อเข่างอ (Knee flexion) และยกเท้าขึ้นจากพื้น (Toe off) จากหลักการของทฤษฎี Kinetic chain จึงเป็นที่น่าสนใจว่าหากส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติไป เนื่องมาจากการบาดเจ็บที่เกิดขึ้น ส่งผลให้โครงสร้างอื่นที่อยู่ใน Chain เดียวกันมีการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไร ในที่นี้กล่าวคือ ถ้าเท้าซึ่งเป็นโครงสร้างส่วนปลายสุดของรยางค์ล่าง (Distal part of lower limb) ซึ่งเป็นโรครองซ้ำและมีรูปแบบการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ จะส่งผลให้ส่วนต้นของรยางค์ล่าง (Proximal part of lower limb) มีการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่ อย่างไร

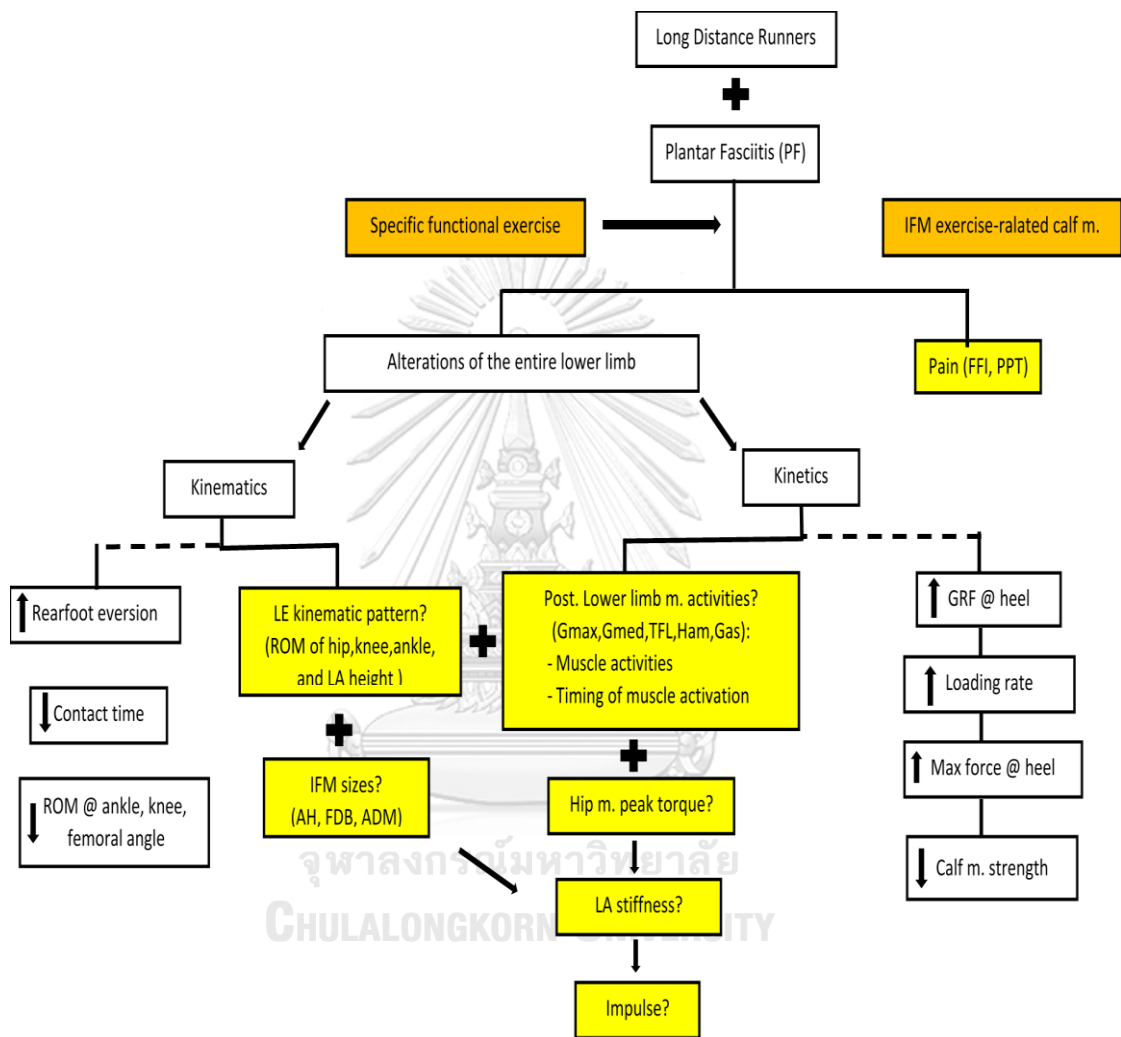
## กรอบแนวคิดการวิจัย (Conceptual Framework)

### การศึกษาที่ 1



รูปที่ 8 กรอบแนวคิดการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 1

การศึกษาที่ 2



รูปที่ 9 กรอบแนวคิดการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 2

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ซึ่งแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 การศึกษา ดังนี้

#### การศึกษาที่ 1

##### ประชากร (Population)

ประชากร (Population) คือนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี

##### กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัยและลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

##### การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) และสมัครใจ คือนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่เป็นโรครองช้ำและไม่เป็นโรครองช้ำ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องผ่านคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นอาสาสมัครที่สนใจและให้ความร่วมมือในการเข้างานวิจัยที่มาจากการประชาสัมพันธ์ทางสื่อออนไลน์ของงานวิ่งหรือชมรมวิ่งต่างๆ รวมไปถึงจากการประชาสัมพันธ์โดยตรงที่งานวิ่งหรือชมรมวิ่งต่างๆ จากนั้นจัดสรรกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆ กัน สำหรับการศึกษาที่ 1 ได้แก่

1. กลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ (PF group)
2. กลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ (No PF group)

##### การกำหนดขนาดตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม G\*Power 3.1.9.2 ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยเลือกใช้สถิติ t test ที่ใช้ทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่ม ซึ่งทดสอบโดยใช้สถิติ Independent t-test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 กำหนด Power ของการทดสอบที่ 80% ( $1 - \beta = 0.80$ ) และกำหนดค่า Effect size เท่ากับ 0.93 ซึ่งเป็นขนาดอิทธิพลขนาดใหญ่ โดยอ้างอิงข้อมูลจากการศึกษาของ Nicolas B. Holowka และคณะในปี 2018 (Nicholas B. Holowka,

2018) ซึ่งใช้ค่าเฉลี่ยของตัวแปรมุมของอุ้งเท้า ( $\theta_{max}$ ) ขณะเคลื่อนไหว ซึ่งใช้หลักการมุมของอุ้งเท้าแปรผกผันกับความสูงของอุ้งเท้า (LA height) และการศึกษาของ Ana Paula Ribeiro และคณะ ในปี 2015 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าตัวแปร Maximum force ที่ส้นเท้าขณะวิ่ง จากผลการคำนวณได้ขนาดตัวอย่างทั้งหมด 32 จำนวน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆกัน จะได้ขนาดตัวอย่าง 16 จำนวนต่อกลุ่ม

แต่เพื่อป้องกันการที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยบางคนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยตามข้อกำหนด ผู้วิจัยจึงมีการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 10% โดยเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 18 คนต่อกลุ่ม ดังนั้นการศึกษาวินิจฉัยครั้งนี้จะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 36 คน

### เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

#### 1. กลุ่มที่เป็นโรครองเท้า (กลุ่ม PF)

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องเป็นนักวิ่งระยะไกลเพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล ดังนี้

1.1 มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon อย่างน้อย 5 ครั้งต่อปี มาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ryan Chang., 2014)

1.2 มีการวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ  $11.7 \pm 0.6$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Pace  $5.13 \pm 1.4$  นาทีต่อกิโลเมตร หรือ Pace ตั้งแต่ 4.13 ถึง 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร) ในการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งระยะไกลระยะ 10 กิโลเมตรครั้งล่าสุด (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ryan Chang., 2014)

1.3 มีการฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

1.4 มีรูปแบบการวิ่งลงน้ำหนักที่ส้นเท้า (Rearfoot strike) หรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike) (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ryan Chang., 2014)

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพต่อไปนี้

2.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ( $18.5 - 22.9$  kg/m<sup>2</sup>)

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่มีภาวะการเกิดแคลเซียมที่ส้นเท้า (Heel calcification) หรือกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur)

2.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่เป็นโรคหรือมีอาการใดๆ ที่ทำขณะเข้าร่วมงานวิจัย เช่น เล็บขบ ตาปลา เป็นต้น

2.4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการมีกระดูกหักที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.5 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการผ่าตัดที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.6 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีความบกพร่องทางระบบประสาท ทั้งระบบประสาทรับความรู้สึกและระบบประสาทสั่งการ

2.7 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

3.1 ต้องไม่เป็นผู้ที่มีลักษณะของโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

- มีภาวะเท้าแบน (Pes Planus/flat feet) ประเภท Structural flat feet
- มีภาวะอุ้งเท้าสูง (Pes Cavus/high arch)
- มีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน (Hallux valgus)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนเข้าด้านในหรือเข่าน็อก (Valgus knee)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนออกทางด้านนอกหรือเข่าโก่ง (Varus knee)

3.2 มีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยไม่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากการมีความผิดปกติของข้อต่อ

3.3 มีความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร

4. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีคุณสมบัติเกี่ยวกับประวัติโรครองข้อ (Ana Paula Ribeiro., 2015; Phoomchai Engkananuwat., 2018; Ryan Chang., 2014) ดังนี้

4.1 มีประวัติเป็นโรครองข้อที่ฝ่าเท้าข้างใดข้างหนึ่ง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

4.2 ไม่มีประวัติเป็นโรครองข้อที่ฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

4.3 มีอาการและอาการแสดงของโรครองข้อซึ่งโดยมีนักกายภาพบำบัดเป็นผู้ตรวจประเมินก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ดังนี้

- ปวดบริเวณสันเท้าและฝ่าเท้าทางด้านใน ขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ก้าวแรกหลังจากตื่นนอนในตอนเช้า และ/หรือ ก้าวแรกหลังจากนั่งเป็นเวลานาน อย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือน โดยต้องมีระดับความรู้สึกปวด (VAS) อย่างน้อยระดับ 3 ขึ้นไป
- มีจุดกดเจ็บ (Tenderness) บริเวณสันเท้า และ/หรือ อุ้งเท้าทางด้านใน



- มีผลการทดสอบ Windlass test เป็นบวก (Denise De Garceau, 2003)
- มีผลการทดสอบ Navicular Drop test เป็นบวก (Johansen, 2010)
- จุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร โดยการตรวจวินิจฉัย

ด้วย Diagnostic ultrasound

#### 4.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับการรักษาโรครองช้ำ ดังนี้

- ต้องไม่รับประทานยาต้านการอักเสบใดๆ อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
- ต้องไม่เข้าร่วมในโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดใดๆ เกี่ยวกับโรครองช้ำมาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
- ต้องไม่เคยรักษาโรครองช้ำโดยวิธีการฉีดยาเพื่อลดอาการปวดที่พังผืดฝ่าเท้า

5. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย

#### 2. กลุ่มที่ไม่เป็นโรครองช้ำ (กลุ่ม No PF)

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องเป็นนักวิ่งระยะไกลเพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกลเช่นเดียวกับผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มที่เป็นโรครองช้ำ
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพเช่นเดียวกับผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มที่เป็นโรครองช้ำ
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของร่างกายกลางปกติเช่นเดียวกับผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่มที่เป็นโรครองช้ำ
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่เป็นโรครองช้ำ
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย

#### เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)

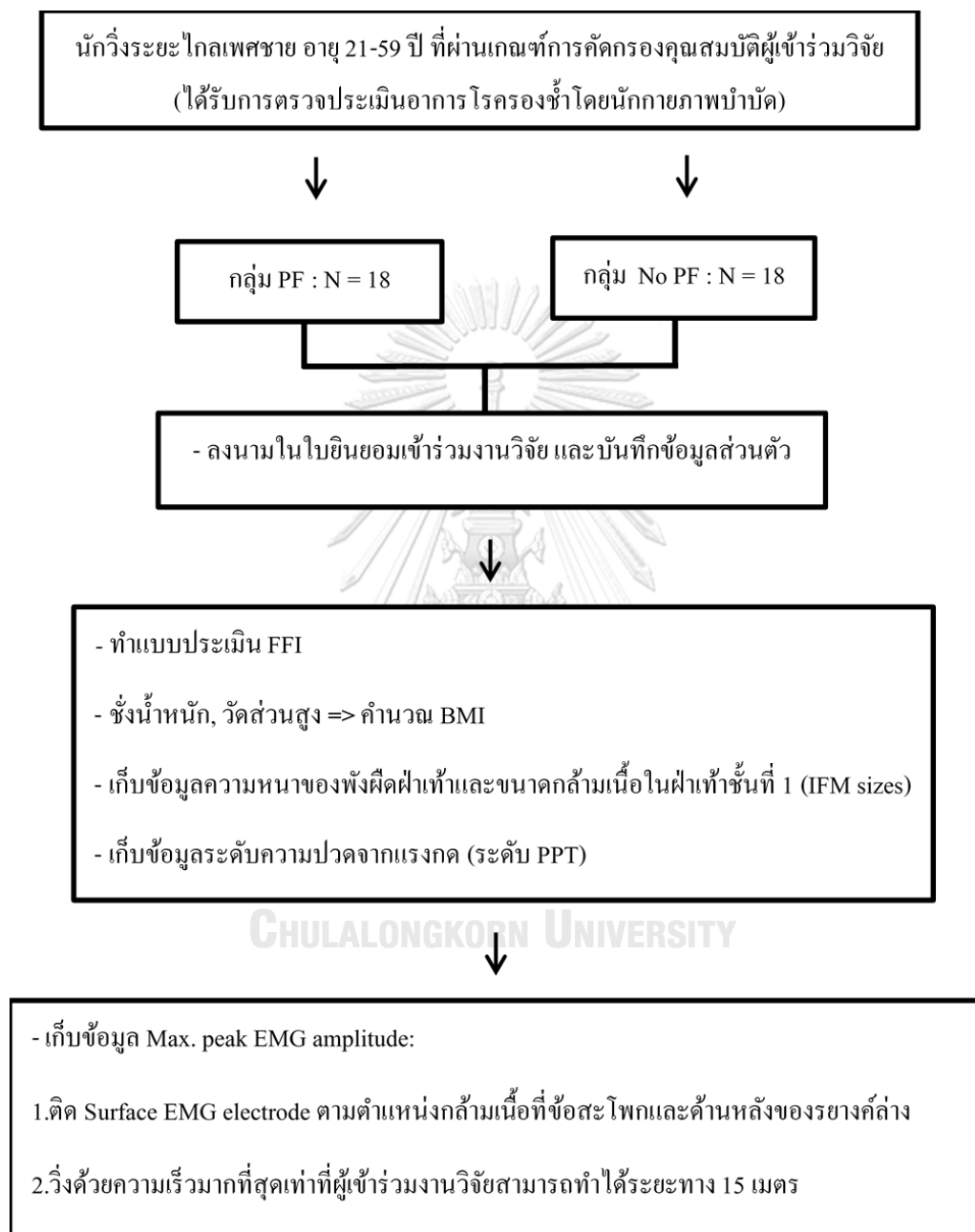
1. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการบาดเจ็บใดๆ ที่รยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง ขณะเข้าร่วมงานวิจัย
2. ผู้ที่มีความผิดปกติในเรื่องระบบการทรงตัว ขณะเข้าร่วมงานวิจัย
3. ผู้ที่มีอาการปวด, ชา, หรือไม่สบายขณะเก็บข้อมูลงานวิจัย
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ขอถอนตัวออกจากงานวิจัย

### กระบวนการขอความยินยอม

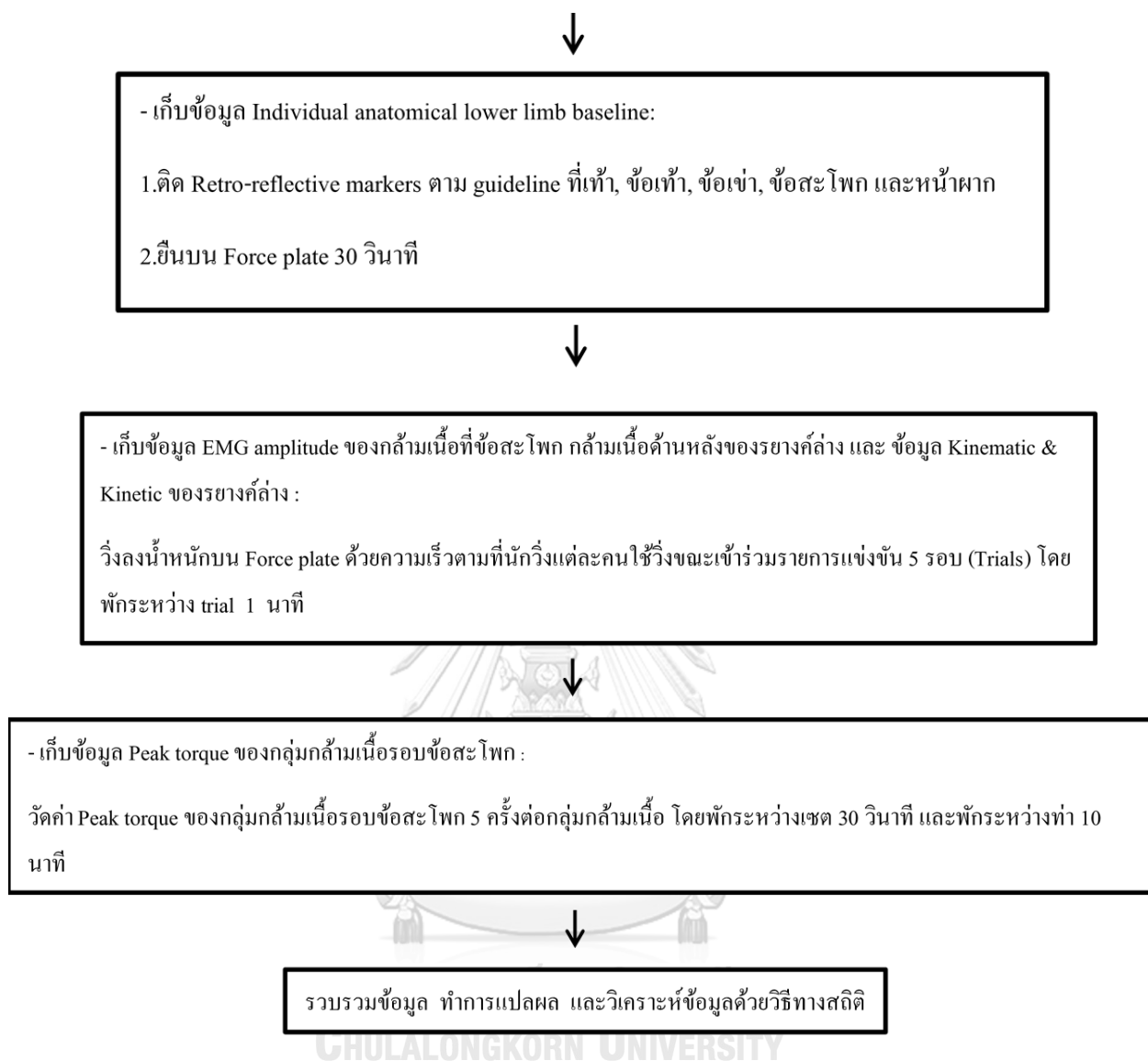
ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการขอความยินยอมจากอาสาสมัคร โดยการให้ข้อมูลคำอธิบายขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ความเสี่ยงและประโยชน์ ตอบข้อสงสัยจนอาสาสมัครเข้าใจ และให้เวลาอาสาสมัครตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย โดยกระบวนการดังกล่าวนี้จะเกิดขึ้นที่สถานที่ทำวิจัยที่ห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่สูง ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 13 กระบวนการดังกล่าวถูกดำเนินการก่อนที่อาสาสมัครจะเริ่มเข้าร่วมในขั้นตอนงานวิจัย



## ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล



รูปที่ 10 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 1



รูปที่ 10 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 1

### ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

1. คัดเลือกนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา จากนั้นผู้วิจัยดำเนินการขอความยินยอมจากผู้เข้าร่วมวิจัย โดยผู้วิจัยอธิบายวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ความเสี่ยงและประโยชน์ที่จะได้รับ ตลอดจนตอบข้อสงสัยจนผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจ และให้เวลาแก่ผู้เข้าร่วมวิจัยตัดสินใจโดยอิสระ ก่อนลงนามให้ความยินยอมเข้าร่วมในการวิจัย โดยในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่ง เพื่อหลีกเลี่ยงการลงน้ำหนักที่เท้า

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย และกรอกข้อมูลส่วนตัว
3. ผู้วิจัยอธิบายถึงวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจถึงวิธีปฏิบัติ วิธีการทดสอบ และการประเมินผล อย่างละเอียด
4. ผู้วิจัย (ซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัด) ทำการซักประวัติและตรวจประเมินร่างกายผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อวินิจฉัยโรคข้อเท้า
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบประเมิน Foot Function Index (FFI) (Pitchanart Srimakarat, 2018b)
6. ชั่งน้ำหนัก, วัดส่วนสูง และคำนวณดัชนีมวลกาย (BMI) ของผู้เข้าร่วมวิจัย
7. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความหนาของพังผืดฝ่าเท้าและขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 (Nicholas B. Holowka, 2018) ด้วยเครื่อง Diagnostic ultrasound ยี่ห้อ Philips โดยมีขั้นตอนดังนี้
  - 7.1 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนอนคว่ำบนเตียง โดยให้ปลายเท้าออกมานอกเตียงในลักษณะ นิ้วเท้าชี้ลงพื้น และอยู่ท่าทางที่ผ่อนคลาย (Ahmed Radwan, 2016)
  - 7.2 ผู้วิจัยทำความสะอาดผิวหนังบริเวณฝ่าเท้าและหลังเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยด้วย เอทิลแอลกอฮอล์ 70%
  - 7.3 ผู้วิจัยวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้า โดยผู้วิจัยทำการกระดกปลายเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยขึ้น (Passive ankle dorsiflexion) ให้เท้าทำมุม 90 องศากับกระดูกหน้าแข้ง (0 degree of talocrural joint) และใช้ Probe หรือ Transducer ชนิด L12-5 โดยตั้งค่า B mode วางที่ตำแหน่ง 2 เซนติเมตรทางส่วนปลายจาก Medial Calcaneal Tuberosity ซึ่งเป็นจุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้า (Adebisi Bisi-Balogun, 2016; Ahmed Radwan, 2016) สำหรับการวาง Probe จะวางขนานกับแนว Longitudinal arch และในการขยับ Probe จะไม่กด Probe ลงไปบนฝ่าเท้า เพราะจะเป็นการเพิ่มแรงกด (Pressure) ลงไปที่โครงสร้างที่จะทำการวัด ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาของพังผืดฝ่าเท้า จากนั้นเมื่อได้มุมภาพของพังผืดฝ่าเท้าที่ชัดเจน ทำการ Capture เพื่อบันทึกภาพ และใช้ Measurement mode เพื่อวัดขนาดของพังผืดฝ่าเท้า โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง
  - 7.4 ผู้วิจัยวัดขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor Hallucis (AH) กล้ามเนื้อ Flexor Digitorum Brevis (FDB) และกล้ามเนื้อ Abductor Digiti Minimi (ADM) ด้วย probe ชนิด L12-5 และตั้งค่า B mode โดยใช้ตำแหน่งอ้างอิงที่ Navicular Tuberosity แล้วลากเส้นจาก Navicular Tuberosity ผ่านจากฝั่งนิ้วที่ 1 ไปยังนิ้วที่ 5 ของฝ่าเท้าในแนวเดียวกันกับ Navicular Tuberosity และวาง Probe ของ Ultrasound ให้ขนานกับเส้นดังกล่าว และทำการวัดขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า โดย

- กล้ามเนื้อ AH จะอยู่บริเวณตำแหน่ง 1 เซนติเมตรจาก Navicular Tuberosity ออกไปทางด้านนอกของเท้า
- กล้ามเนื้อ FDB จะอยู่ตรงตำแหน่งเส้นสมมติที่ลากผ่านจากกึ่งกลางระหว่างนิ้วที่ 2 กับนิ้วที่ 3 มาตัดกับเส้นที่ลากผ่าน Navicular tuberosity
- กล้ามเนื้อ ADM จะอยู่ตรงตำแหน่งเส้นสมมติที่ลากจากฐานของนิ้วที่ 5 ทางด้านใน (Medial side) มาตัดกับเส้นที่ลากผ่าน Navicular tuberosity ของฝ่าเท้า

สำหรับการวาง Probe จากวางในแนวตั้งฉากกับ Longitudinal arch (ขนานไปกับเส้นที่ลากจาก Navicular Tuberosity ผ่านจากผังนิ้วที่ 1 ไปยังนิ้วที่ 5 ของฝ่าเท้า) และขยับ Probe จะไม่กด Probe ลงไปบนฝ่าเท้า เพราะจะเป็นการเพิ่มแรงกด (Pressure) ลงไปที่โครงสร้างที่จะทำการวัด เพราะจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ที่ต้องการวัด จากนั้นเมื่อได้ภาพของขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าที่ชัดเจน ทำการ Capture เพื่อบันทึกภาพ โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งต่อกล้ามเนื้อ

การวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้าและการเก็บข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 โดยหาค่าพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ทำโดยผู้วิจัยซึ่งผ่านการฝึกอบรมและได้รับประกาศนียบัตรในการใช้ Ultrasound imaging ในการอบรมเรื่อง Intensive course for musculoskeletal ultrasound imaging และมีความเชื่อมั่นภายในสำหรับผู้ประเมิน (Intra-rater reliability) ที่ระดับดีเยี่ยม โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intraclass correlation coefficient : ICC) ที่ 0.91

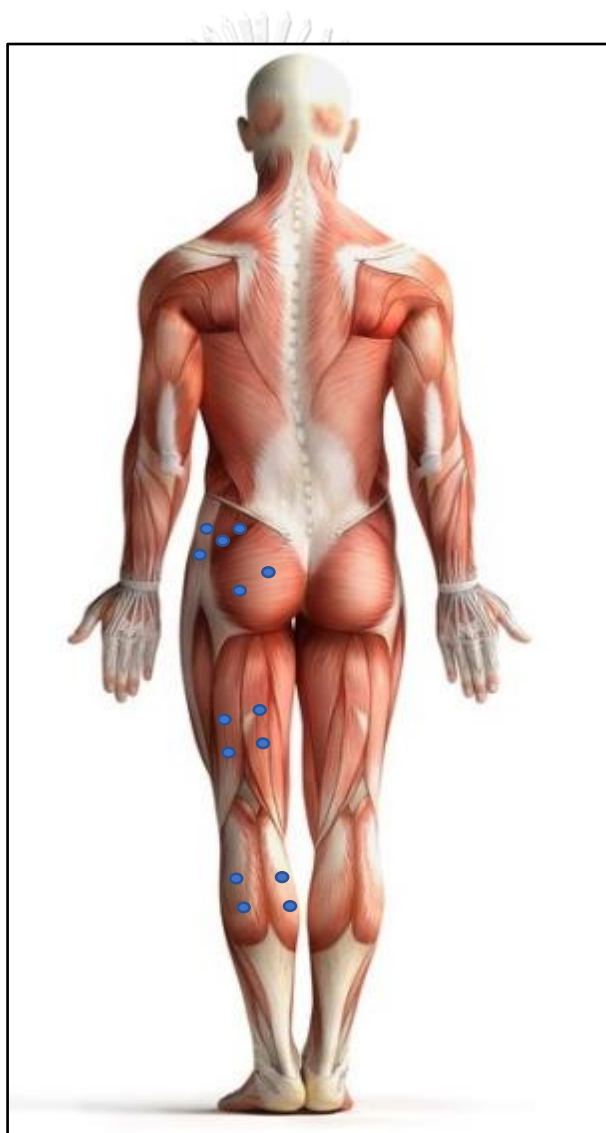


รูปที่ 11 แสดงการวาง Probe ของ Ultrasound สำหรับการวัดขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1

8. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนระดับความปวดจากแรงกด (ระดับ PPT) (Phoomchai Engkananuwat., 2018) โดยวัดในลำดับถัดมาจากการวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้าและขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยยังคงอยู่ในท่านอนคว่ำ ผู้วิจัยทำการวัดค่าระดับ PPT ด้วยเครื่อง Pressure algometer โดยใช้หัว Probe วงกลมที่มีขนาดเส้นรอบวง 1 ตารางเซนติเมตร วางตั้งฉากบริเวณจุดกดเจ็บที่พังผืดฝ่าเท้า (ซึ่งจุดกดเจ็บที่พังผืดฝ่าเท้าถูกยืนยันด้วยการค่อยๆ เพิ่ม Pressure ลงไปที่จุดกดเจ็บที่ทดสอบด้วยการกดด้วยมือ และมีค่า PPT score อย่างน้อย 3 kg/cm<sup>2</sup>) จากนั้นผู้วิจัยเพิ่มแรงกด (Pressure) และเมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยปวดจนทนต่อแรงกดที่เพิ่มขึ้นไม่ไหว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะแจ้งผู้วิจัย และผู้วิจัยจะกดหยุดการเพิ่มแรงกด และอ่านค่าบนหน้าจอ โดยทำการวัดซ้ำ 3 ครั้ง และพักระหว่างเซตของการวัดซ้ำเป็นเวลา 10 วินาที

9. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล Maximum peak EMG amplitude ด้วยเครื่องวัดการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบไร้สาย ชนิดติดผิวหนัง (Wireless surface EMG) (Nick Ball., 2013; Thor F. Besier., 2002) โดยมีขั้นตอนดังนี้

9.1 ผู้วิจัยทำความสะอาดผิวหนังบริเวณกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและ  
 ulyang ค้าง ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70% และใช้ผ้าก๊อชชุเบาๆ แล้วติด Surface EMG  
 electrode ที่กล้ามเนื้อทั้งหมด 7 ตำแหน่ง ได้แก่ กล้ามเนื้อ Gluteus maximus (Gmax)  
 1 ตำแหน่ง กล้ามเนื้อ Gluteus medius (Gmed) 1 ตำแหน่ง กล้ามเนื้อ Tensor fascia  
 latae (TFL) 1 ตำแหน่ง กล้ามเนื้อ Hamstring 2 ตำแหน่ง (Medial hamstring (Mham)  
 และ Lateral hamstring (Lham)) และกล้ามเนื้อ Gastrocnemius 2 ตำแหน่ง (Medial  
 gastrocnemius (Mgas) และ Lateral gastrocnemius (Lgas)) ของขาข้างที่เป็นโรคองศา  
 ดังรูป



รูปที่ 12 แสดงการติด Surface EMG electrode ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังข้อสะโพกและรยางค์ล่าง





รูปที่ 13 แสดงการติด Surface EMG electrode ที่กล้ามเนื้อ Gluteus maximus (Gmax)



รูปที่ 14 แสดงการติด Surface EMG electrode ที่กล้ามเนื้อ Gluteus medius (Gmed) และ  
กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae (TFL)

9.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยยึดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที

9.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งด้วยความเร็วที่มากที่สุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้  
(Maximum sprint) ในแนวตรง ระยะทาง 15 เมตร 1 รอบ

10. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล Individual anatomical hip and lower limb baseline ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion analysis) (Nicholas B. Holowka, 2018) และแผ่นตรวจวัดแรงกด (Force plate) โดยมีขั้นตอนดังนี้

10.1 ผู้วิจัยทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่จะทำการติด Retro-reflective markers ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 70% ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย

10.2 ผู้วิจัยติด Retro-reflective markers ที่สะโพก รยางค์ล่างและคาง ตามตำแหน่งปุ่มกระดูก (Bony prominence) ได้แก่

- ด้านในของข้อต่อกระดูกฝ่าเท้าและกระดูกนิ้วเท้าส่วนต้นนิ้วที่ 1 ของเท้า (Medial side of the 1<sup>st</sup> metatarsophalangeal joint)

- Head ของกระดูกฝ่าเท้าชิ้นที่ 1 (Head of the 1<sup>st</sup> metatarsal bone)

- ด้านนอกของข้อต่อกระดูกฝ่าเท้าและกระดูกนิ้วเท้าส่วนต้นนิ้วที่ 5 ของเท้า (Lateral side of the 5<sup>th</sup> metatarsophalangeal joint)

- ฐานของกระดูกฝ่าเท้าชิ้นที่ 3 (Base of the 3<sup>rd</sup> metatarsal bone)

- Navicular Tuberosity

- ขอบด้านในของส่วนหลังของกระดูกสันเท้า (The medial aspect of the posterior Calcaneus)

- ตาตุ่มทางด้านนอก (Lateral malleolus)

- ตาตุ่มทางด้านใน (Medial malleolus)

- ด้านหลังของกระดูกสันเท้า (Posterior surface of Calcaneus)

- ปุ่มด้านในของกระดูกต้นขา (Medial condyle of Femur)

- ปุ่มทางด้านนอกของกระดูกต้นขา (Lateral condyle of Femur)

- ปุ่มกระดูก Greater trochanter ของกระดูกต้นขา (Greater trochanter of Femur)

- ปุ่มด้านหน้าของส่วนบนของกระดูก (Anterior Superior Iliac Spine: ASIS)

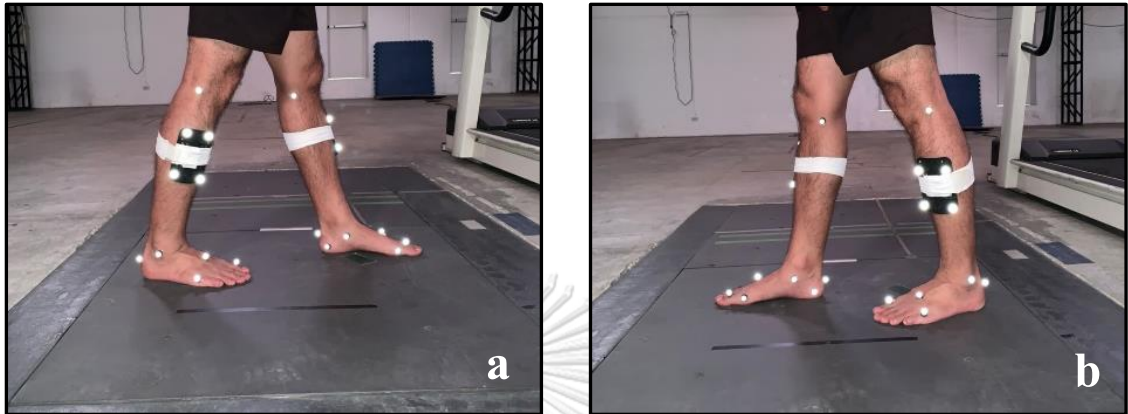
- ปุ่มด้านหลังของส่วนบนของกระดูกเชิงกราน (Posterior Superior Iliac Spine: PSIS)

- กระดูกสันหลังระดับเอวชิ้นที่ 5 (The 5<sup>th</sup> Lumbar Spine: L5)

- กระดูกสันหลังส่วนใต้กระเบนเหน็บชิ้นที่ 1 (The 1<sup>st</sup> Sacrum: S1)

- รอยปุ่มตรงคาง (Mental protuberance of Mandible)

- กลุ่มของ Retro-reflective markers (Cluster) 1/3 จากส่วนบนทางด้านนอกของขาส่วนล่าง (1/3 lateral side of middle of lower leg) และ 1/2 ทางด้านนอกของกระดูกต้นขา (1/2 lateral side of thigh) ดังรูป



รูปที่ 15 แสดงการติด Retro-reflective markers ที่เท้า ข้อเท้าและเข่า (a) มองจากมุมทางด้านขวามือ และ (b) ทางด้านซ้ายมือ



รูปที่ 16 แสดงการติด Surface EMG electrodes และ Retro-reflective markers ที่สะโพกและรยางค์ล่างของร่างกาย (a) มองจากทางด้านหน้าและ (b) ด้านหลัง

10.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนนิ่ง (Static stance position) ในท่า Anatomical position บน Force plate เป็นเวลา 30 วินาที เพื่อชั่งน้ำหนักตัวและบันทึกข้อมูล Individual anatomical lower limb baseline

11. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล EMG amplitude ของกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกและกล้ามเนื้อด้านหลังของรยางค์ล่าง (Elizabeth S. Chumanov, 2012; Melinda Franettovich, 2008) และ ข้อมูล Kinematic and kinetic (ROM of hip, ROM of knee, ROM of ankle, LA height, LA angle, and Impulse) ของรยางค์ล่างในขณะวิ่งด้วยเครื่องมือ Surface wireless EMG และ Motion analysis (Camera) โดยตั้งค่าความถี่ของการเก็บข้อมูล (Capture rate) อยู่ที่ 240 Hz และ Sample rate อยู่ที่ 10 Samples/frame และทำการ Synchronized กับ Force plate ที่ตั้งค่าความถี่ของการเก็บข้อมูลไว้ที่ 100 Hz โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังนี้

11.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกซ้อมวิ่งด้วยเท้าเปล่า (Barefoot running) บน Walkway ซึ่งมี Force plate อยู่ตรงกลางของ Walkway โดยวิ่งในแนวตรงระยะทาง 25 เมตร ด้วยความเร็วปกติที่ใช้วิ่งขณะเข้าร่วมรายการแข่งขันการวิ่ง

11.2 ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพักเป็นเวลา 10 นาที

11.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งบน Walkway ตามที่ได้ฝึกซ้อมข้างต้น โดยวิ่งทั้งหมด 5 รอบ และพักระหว่างรอบเป็นเวลา 1 นาที

11.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดกล้ามเนื้อและ Cool down เป็นเวลา 10 นาที

12. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก โดยเก็บข้อมูลในรูปแบบการเคลื่อนไหวตามลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบ Concentric isokinetic movement ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator โดยใช้เครื่อง Isokinetic dynamometer ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

12.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดกล้ามเนื้อและอบอุ่นร่างกาย เป็นเวลา 10 นาที โดยมีท่าทางดังนี้

12.2 ผู้วิจัยเซตเครื่อง Isokinetic dynamometer ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย ในท่าทางการทดสอบกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกในท่าต่างๆ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงในลักษณะ Concentric isokinetic contraction ในท่า Hip abduction ท่า Hip adduction ท่า Hip flexion ท่า Hip extension ท่า Hip internal rotation และท่า Hip external rotation ท่าละ 5 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 30 วินาที พักระหว่างการเปลี่ยนท่าทางในการทดสอบ 10 นาที ซึ่งทำการสุ่มลำดับการทดสอบในแต่ละท่าสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน และทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

รอบข้อสะโพกที่ ความเร็วเชิงมุม 120 องศา/วินาที (Jeffery A. Taylor-Haas, 2014) โดยในการเก็บข้อมูลของกลุ่มเนื้อรอบข้อสะโพกในท่าต่างๆ ผู้วิจัยเซตเครื่อง Isokinetic dynamometer ดังนี้

- ท่า Hip abduction และท่า Hip adduction : ทำการทดสอบในท่ายืน โดยขาข้างที่ไม่ได้ทดสอบอยู่บน Platform ส่วนขาข้างที่ทดสอบอยู่นอก Platform ซึ่งให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนหันหน้าเข้าไปทาง Dynamometer โดยแกนของ Dynamometer อยู่ตรงกับจุดหมุนของ Hip joint ในที่นี้คือจุดตัดกันของเส้นสมมติที่ลากจาก ASIS ลงมาด้านล่างกับเส้นสมมติที่ลากจาก Greater trochanter ไปทางแกนกลางลำตัว แขนของเครื่อง (Attachment arm) อยู่ทางด้านหน้าเฉียงออกไปทางด้านนอกของขาข้างที่ทดสอบ และ resistance pad วางตรงตำแหน่งประมาณ 1/3 จากด้านล่างทางด้านนอกของต้นขา ลำตัวถูกยึดให้ติดกับ Body ของ Dynamometer โดยใช้สายรัดตรงตำแหน่งขอบบนของ Iliac crest ทั้งสองข้าง โปรแกรมถูกตั้งค่าให้ Hip ที่อยู่ในแนว Neutral เป็น 0 องศา โดยให้สามารถกางข้อสะโพกออกได้ที่ตำแหน่ง 45 องศา และสามารถหุบข้อสะโพกกลับสู่ท่าเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 0 องศาได้ (Ahmed Radwan, 2016; Jeffery A. Taylor-Haas, 2014; Tina L. Claiborne, 2009) จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกออกแรงในท่า Hip abduction และ Hip adduction ในระดับ submaximal จนคุ้นชิน และให้พักเป็นเวลา 3 นาที และเริ่มทำการทดสอบจริง โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ในท่า Hip abduction และ Hip adduction ซึ่งผู้วิจัยจะคอยกระตุ้นด้วยคำพูดให้พยายามออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้



รูปที่ 17 แสดงการเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า Hip abduction/adduction

- ท่า Hip flexion และท่า Hip extension : ทำการทดสอบในท่ายืน โดยขาข้างที่ไม่ได้ทดสอบอยู่บน Platform ให้ Dynamometer อยู่ทางด้านข้างของขาข้างที่ทดสอบ โดยแกนของ Dynamometer อยู่ตรงกับ Greater trochanter และแขนของเครื่อง (Attachment arm) อยู่ทางด้านนอกของขาข้างที่ทดสอบ และ Resistance pad อยู่ตรงตำแหน่งประมาณ 1/3 จากทางด้านล่างที่ด้านหน้าของต้นขา โดยไม่จำกัดการงอหรือเหยียดข้อเข่า ลำตัวถูกยึดให้ติดกับ Body ของ Dynamometer โดยใช้สายรัดตรงตำแหน่งขอบบนของ Iliac crest ทั้งสองข้าง โปรแกรมถูกตั้งค่าให้ Hip อยู่ในท่าข้อสะโพกในตำแหน่ง 0 องศา แล้วให้เหยียดข้อสะโพกได้ที่ตำแหน่ง 75 องศา และสามารถงอข้อสะโพกกลับสู่ท่าเริ่มต้นในตำแหน่ง 0 องศาได้ (Dai Sugimoto, 2014; Tina L. Claiborne, 2009) จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกออกแรงในท่า Hip extension และท่า Hip flexion ในระดับ submaximal จนคุ้นชิน และให้พัก เป็นเวลา 3 นาที และเริ่มทำการทดสอบจริง โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ในท่า Hip extension และท่า Hip flexion โดยผู้วิจัยจะคอยกระตุ้นด้วยคำพูดให้พยายามออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้





รูปที่ 18 การเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า Hip flexion/extension

- ท่า Hip internal rotation และท่า Hip external rotation :

ทำการทดสอบในท่านั่งงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา โดยแกนของ Dynamometer อยู่ทางด้านหน้าและขนานกับส่วนปลายของต้นขาที่งอเข้าอยู่ตำแหน่งของ Attachment arm อยู่ทางด้านหน้าเฉียงไปทางด้านนอกของขาส่วนล่าง และตำแหน่งของ Resistance pad อยู่ตรงเหนือต่อตาตุ่มทางด้านนอกและลำตัวถูกยึดให้ติดกับที่นั่งโดยใช้สายรัดตรงตำแหน่งขอบบนของ Iliac crest ทั้งสองข้าง โปรแกรมถูกตั้งค่าให้ท่าหมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก (Hip external rotation) โดยขาที่อ่อนล่างหมุนเข้าหาแนวแกนกลางลำตัว ในตำแหน่งที่ 0 องศา และให้หมุนข้อสะโพกเข้าทางด้านใน (Hip internal rotation) โดยขาที่อ่อนล่างหมุนออกจากแนวแกนกลางลำตัวได้ที่ตำแหน่ง 45 องศา และสามารถหมุนข้อสะโพกออกทางด้านนอก โดยขาที่อ่อนล่างหมุนเข้าหาแนวแกนกลางลำตัวกลับสู่ท่าเริ่มต้นในตำแหน่ง 0 องศาได้ (David M. Lindsay, 1992; Tina L. Claiborne, 2009) และจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกออกแรงในท่า Hip internal rotation ในระดับ submaximal จนคุ้นชิน และให้พัก เป็นเวลา 3 นาที และเริ่มทำการทดสอบจริง

โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่สามารถทำได้ในท่า Hip internal rotation และท่า Hip external rotation โดยผู้วิจัยจะคอยกระตุ้นด้วยคำพูดให้พยายามออกแรงให้มากที่สุดเท่าที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้

12.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยยืดกล้ามเนื้อ และ Cool down เป็นเวลา 10 นาที โดยขั้นตอนการเก็บข้อมูลทั้งหมด ผู้วิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ภายในวันเดียวกัน)

### ตัวแปรตามที่ได้จากการเก็บข้อมูล

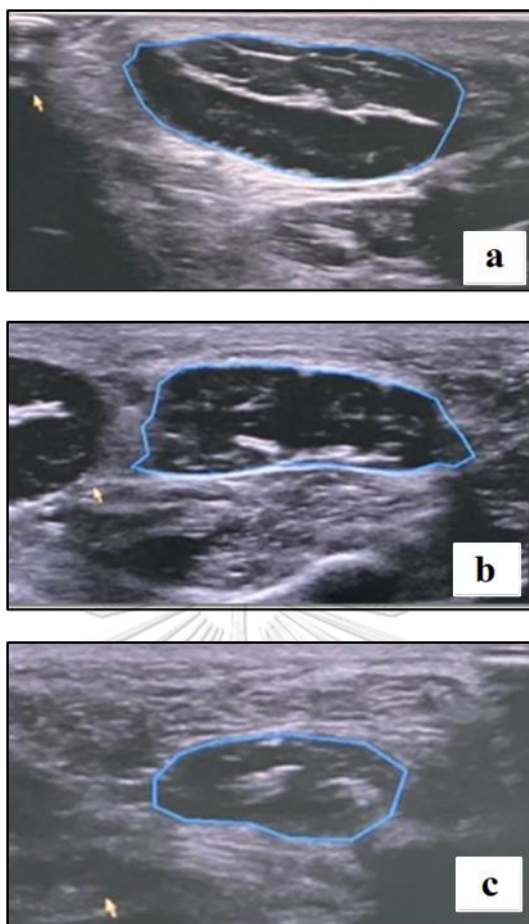
1. แสดงผลลักษณะกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าอายุ (ปี) ค่าน้ำหนัก (กิโลกรัม) ค่าส่วนสูง (เมตร) และค่าดัชนีมวลกาย (BMI:  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) ด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. แสดงผลคะแนน FEI ของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

3. แสดงผลความหนาของพังผืดฝ่าเท้า (มิลลิเมตร: mm) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF โดยค่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้าที่ได้จากวัดซ้ำ 3 ครั้งของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของค่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้าของแต่ละคน ในหน่วยมิลลิเมตร จะถูกนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละกลุ่ม

4. แสดงค่าขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ( $\text{mm}^2/\text{kg}$ ) ทั้ง 3 มัด (Nicholas B. Holowka, 2018) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการวัดค่าขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทั้ง 3 มัด ใช้ Freeform spline task ของเครื่องมือ Region of interest (ROI) ในฟังก์ชัน Q-app ของเครื่อง Diagnostic ultrasound ซึ่งขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าแต่ละมัดที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวัด 3 ครั้งต่อผู้เข้าร่วมวิจัย ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของค่าขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าแต่ละมัดมา normalized ด้วยน้ำหนักตัวของผู้ร่วมวิจัยแต่ละคน จะได้ค่าขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในหน่วย  $\text{mm}^2/\text{kg}$  จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF





รูปที่ 19 แสดงขอบเขตของ (a) กล้ามเนื้อ Abductor hallucis (b) กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis (c) กล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi

5. แสดงระดับ PPT ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) (Phoomchai Engkananuwat., 2018) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคะแนน PPT ที่ได้จากการวัดทั้ง 3 ครั้งของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

6. แสดงผลค่ามุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab ซึ่งทำการ Filtered ข้อมูลโดยใช้ The 4<sup>th</sup> order Butterworth lower-pass filtered ที่ 20 Hz และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านการ Filtered แล้ว ดังนี้

- มุมขณะเคลื่อนไหว (Dynamic range of motion) ของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ในช่วงครึ่งแรกของการลงน้ำหนักในขณะวิ่ง ในหน่วยองศา โดยคำนวณจากผลต่างของมุมที่มากที่สุด ในครึ่งแรกของช่วงที่ลงน้ำหนัก (Initial stance phase) กับมุมในขณะที่ส้นเท้าเริ่มสัมผัสพื้น (Touchdown) จากทดสอบโดยการวิ่งด้วยเท้าเปล่า

- มุมของอุ้งเท้า (Longitudinal arch angle: LA angle) (Nicholas B. Holowka, 2018) ขณะวิ่ง ในหน่วยองศา (degree) ของ Retro-reflective marker ที่ 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่ง Head of the 1<sup>st</sup> metatarsal bone ตำแหน่ง Navicular tuberosity และตำแหน่ง The medial aspect of the posterior Calcaneus ซึ่งค่ามุมของอุ้งเท้าถูกคำนวณมาจากผลต่างของค่ามุมที่เปลี่ยนแปลงไปมากที่สุดขณะลงน้ำหนักกับค่ามุมของอุ้งเท้าขณะที่ส้นเท้าเริ่มสัมผัสพื้น (Touchdown) โดยค่ามุมของอุ้งเท้าที่ได้จากการวิ่งในแนวตรงทั้งหมด 5 รอบ ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย เป็นค่ามุมของอุ้งเท้าของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อคน จากนั้นนำไปคำนวณค่าเฉลี่ยของกลุ่ม และจะนำเสนอในรูปของค่าเฉลี่ยและเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่ามุมของอุ้งเท้าทางด้านในสำหรับตัวแปรความสูงของอุ้งเท้า

7. แสดงค่าความสามารถในการคงรูปของเท้า (Longitudinal Arch stiffness: LA stiffness) ในหน่วย N/cm·kg (Nicholas B. Holowka, 2018) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab โดยทำการ Filtered ข้อมูลด้วย The 4<sup>th</sup> order Butterworth lower-pass filtered ที่ 20 Hz และทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านการ Filtered แล้ว โดยค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าคำนวณมาจาก สูตร

$$k_{\max} = \frac{F_{\max}}{\text{LA height diff}}$$

โดยที่ -  $k_{max}$  คือ ค่าความสามารถในการคงรูปของเท้า ในหน่วย N/cm

- Fmax คือ ค่า Vertical Ground Reaction Force (Vertical GRF) ที่มากที่สุด ในช่วง stance phase ในหน่วย N

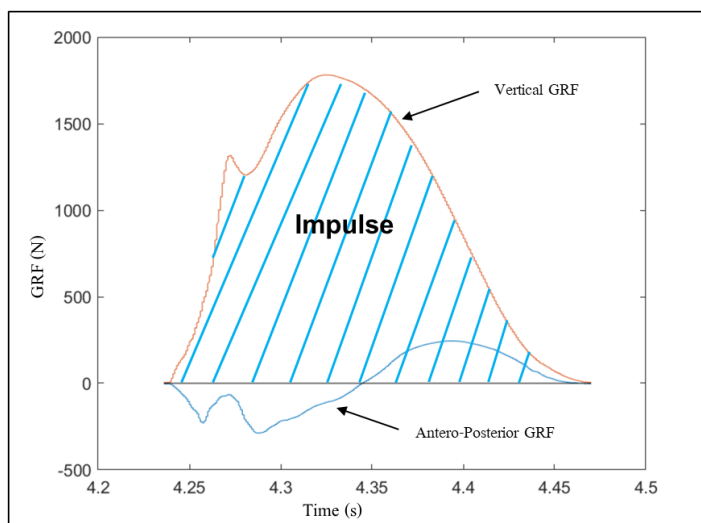
- LA height diff คือ ค่าผลต่างของ LA height ณ จุดที่ Vertical GRF ที่มากที่สุด ในช่วง stance phase และ LA height ขณะที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น ในหน่วยเซนติเมตร

ค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าที่ได้จากการวิ่งทั้งหมด 5 รอบ ถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าไปทำการ Normalized ด้วยน้ำหนักตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน ดังนั้นจะได้ค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าในหน่วย N/cm·kg และจะนำเสนอค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าในรูปของค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 21 แสดง การหาค่า LA height เพื่อใช้หาค่าความสามารถในการคงรูปของเท้า

8. แสดงผลค่า Impulse ในหน่วยน้ำหนักตัววินาที (Body weight-second: BW·s) ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab โดยทำการ Filtered ข้อมูลด้วย The 4<sup>th</sup> order Butterworth filter โดยใช้ High-pass filter ที่มีความถี่ของการ Cut-off อยู่ที่ 20 Hz และนำข้อมูลที่ผ่านการ Filtered แล้วไปหาค่า Impulse คำนวณมาจากพื้นที่ใต้กราฟของกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical GRF และเวลาในหน่วยวินาที โดยค่าพื้นที่ใต้กราฟของ Vertical GRF ทั้งหมดขณะวิ่งถูก Normalized โดยการหารด้วยพื้นที่ใต้กราฟของ Body weight ของแต่ละคน ออกมาในหน่วยของ BW·s (Marcelo Camargo Saad, 2014)



รูปที่ 22 แสดงพื้นที่ใต้กราฟของความสัมพันธ์ระหว่าง Vertical GRF กับเวลา ซึ่งใช้ในการคำนวณค่า Impulse

9. แสดงผลค่าการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) (Nick Ball., 2013; Thor F. Besier., 2002) ในรูปของ Percent of muscle activation

โดยข้อมูล EMG ทั้งค่า Mean EMG amplitude และค่า Maximum peak EMG amplitude ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab ซึ่งค่า EMG amplitude ได้มาจากการนำ Raw EMG amplitude ไปทำ Filtered โดยใช้ The 4<sup>th</sup> order Butterworth filtered ที่ cutoff point สำหรับ High-pass filtered ที่ 10 Hz จากนั้นนำ Filtered EMG amplitude ไป Rectified ตามด้วยการ Linear envelope และนำข้อมูลที่ได้ไปทำ Moving average ที่ 20 milli-second แล้วหาค่า Root mean square (RMS) เป็นตัวแทนของค่า EMG amplitude จากนั้น นำค่า EMG amplitude ที่ได้ไปเข้าสู่สูตรคำนวณ Percent change of muscle activation (Melinda Franettivich, 2008) ดังนี้

$$\text{Percent of muscle activation} = \frac{\text{mean EMG amplitude}}{\text{max.peak EMG amplitude}} \times 100$$

สำหรับค่า Mean EMG amplitude มาจากการคำนวณค่าเฉลี่ยของ EMG amplitude ในการวิ่งในแนวตรงบน Walkway เป็นระยะทาง 25 เมตร ทั้งหมด 5 รอบ และค่า Maximum peak

EMG amplitude ที่ได้จากการวิ่งด้วยความเร็วที่มากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้ (Maximum sprint) ในแนวตรงระยะทาง 15 เมตร 1 รอบ

ค่า Percent of muscle activation นำเสนอใน 2 ช่วงเวลาคือ

- ในช่วง Terminal swing phase คือ ช่วงเวลา 15% ของความยาวช่วงก้าว (Stride length) ก่อนที่เท้าจะเริ่มสัมผัสพื้น โดยช่วงเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นอ้างอิงตามวินาทีที่ ค่า GRF เพิ่มสูงขึ้นเกิน 10 N ในวินาทีแรก

- ในช่วง Initial stance phase คือช่วงเวลา ช่วงเวลา 50% ของช่วงที่เท้าลงน้ำหนักบน Force plate (Stance phase)

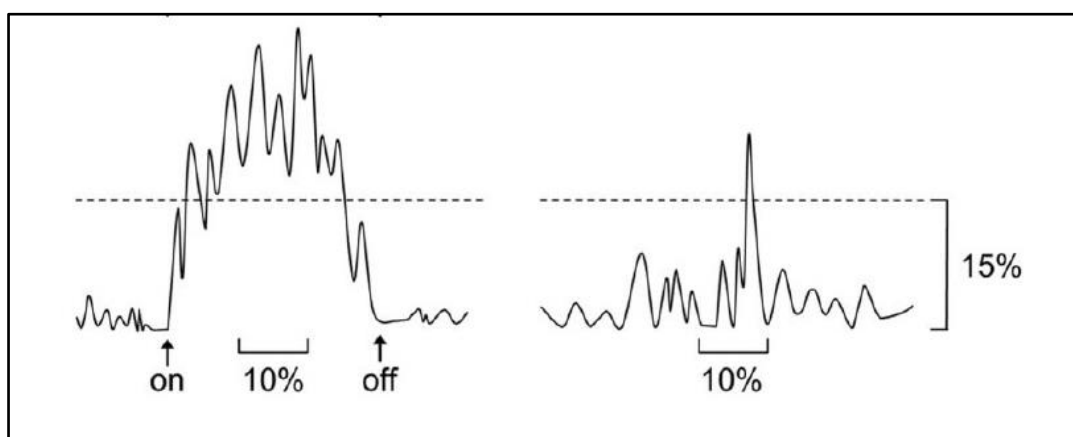
10. แสดงผลค่าเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ในหน่วยวินาที (Second: s) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab ซึ่งนำ Raw EMG amplitude ไปทำ Filtered โดยใช้ The 4<sup>th</sup>-order Butterworth filtered ที่ cutoff point สำหรับ High-pass filtered ที่ 10 Hz จากนั้นนำ Filtered EMG amplitude ไป Rectified และทำ Moving average ที่ 20 milli-second สำหรับค่า Timing of hip muscle activation สัมพันธ์กับเวลาที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น (Initial contact/Touchdown) ซึ่งนำเสนอ 3 ช่วงเวลา (Andrew R. Chapman, 2006; Melinda Franettivich, 2008) ดังนี้

- เวลาที่กล้ามเนื้อเริ่มทำงาน (Onset time) คือ ณ วินาทีที่ค่า EMG amplitude เริ่มสูงขึ้นจากค่าปกติ ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้วินาทีที่ Initial contact เป็นวินาทีอ้างอิง โดยยืนยันว่ากล้ามเนื้อทำงานมากขึ้น (Muscle active) จริง จาก EMG amplitude ใน 1 Pedal stroke ซึ่งครอบคลุมช่วง Initial contact คือ ต้องเป็นช่วงที่มีค่า EMG amplitude สูงกว่า 15% ของ Amplitude ค่าปกติ และช่วงเวลาที่ EMG amplitude สูงกว่า 15% ของ Amplitude ค่าปกติเป็นเวลานานมากกว่า 10% ของ 1 Pedal stroke (Andrew R. Chapman, 2006; Melinda Franettivich, 2008) โดยนำข้อมูล Onset time ที่ได้จากการวิ่ง 5 รอบ มาหาค่า Mean จะได้เป็นค่า Onset time ของแต่ละคนในหน่วยวินาที

- เวลาที่กล้ามเนื้อหยุดการทำงาน (Offset time) คือ ณ วินาทีที่ค่า EMG amplitude ลดลงสู่ค่าปกติ ซึ่งวิเคราะห์โดยใช้วินาทีที่ Initial contact เป็นวินาทีอ้างอิง โดยยืนยันว่ากล้ามเนื้อทำงานลดลงหลังจากทำงานมากขึ้น (Muscle active) จริง จาก EMG amplitude ใน 1 Pedal stroke ซึ่งครอบคลุมช่วง Initial contact คือ ต้องเป็นช่วงที่มีค่า EMG amplitude สูงกว่า 15% ของ Amplitude ปกติ และช่วงเวลาที่ EMG amplitude สูงกว่า 15% ของ Amplitude ค่าปกติเป็นเวลานานมากกว่า 10% ของ 1 Pedal stroke โดยค่า offset time คือ ค่าวินาทีที่ EMG amplitude ลดลงสู่ Amplitude ปกติ เป็นการสิ้นสุด Muscle active ในรอบ Pedal stroke นั้น

(Andrew R. Chapman, 2006; Melinda Franettivich, 2008) โดยนำข้อมูล Offset time ที่ได้จากการวิ่ง 5 รอบ มาหาค่า Mean จะได้เป็นค่า Offset time ของแต่ละคนในหน่วยวินาที

- ช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อทำงาน (Duration of muscle activation) คือ ช่วงเวลาที่คิดจาก Onset time จนถึง Offset time (Andrew R. Chapman, 2006; Melinda Franettivich, 2008) โดยนำข้อมูล Duration of muscle activation ที่ได้จากการวิ่ง 5 รอบ มาหาค่า Mean จะได้เป็นค่า Duration of muscle activation ของแต่ละคนในหน่วยวินาที



รูปที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ตำแหน่งวินาที Onset time (ตำแหน่ง On) วินาที Offset time (ตำแหน่ง Off) และ duration time (ช่วงจาก On ถึง Off)

11. แสดงผลค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก (Hip muscle strength) ในรูป Muscle peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator โดยค่า Muscle peak torque ที่ได้จากการวัดมีหน่วยเป็น N·m โดยที่ทำการเก็บข้อมูล 5 ครั้งต่อกลุ่มกล้ามเนื้อ แล้วมาหาค่า Mean ซึ่งมีหน่วยเป็น N·m จากนั้นนำค่า Mean peak torque มาทำการ Normalized ด้วยน้ำหนักตัวของแต่ละคน จะได้หน่วยออกมาในรูป N·m/kg

### อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสอบถามและแบบบันทึกข้อมูลส่วนตัว
2. แบบประเมิน FFI (Foot function index)
3. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดส่วนสูง ยี่ห้อ Jawon medical รุ่น ioi 353 ประเทศเกาหลี

4. เครื่องบันทึกด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (Diagnostic ultrasound machine) ยี่ห้อ Philips ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. เครื่องวัดแรงกดที่กล้ามเนื้อ (Pressure Algometer) ยี่ห้อ JTECH Medical, Midvale, UT ประเทศสหรัฐอเมริกา
6. แผ่นทางเดินวัดและวิเคราะห์แรงกดใต้ฝ่าเท้าแบบบางประกอบด้วยแผ่นตรวจวัดแรงกด (Strideway platform) และคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ยี่ห้อ Tekscan strideway ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. ชุดเครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Motion analysis) ประกอบด้วย Motion capture cameras จำนวน 8 กล้อง แบบ Infrared base ยี่ห้อ Qualysis รุ่น oqus 7+ ประเทศสวีเดน
8. Computer สำหรับเชื่อมต่อกล้องบันทึกวิดีโอและจับการเคลื่อนไหว 1 เครื่อง
9. แผ่นตรวจวัดแรงกด (Force plate) ขนาด 90\*90 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น ยี่ห้อ Bertec ประเทศสหรัฐอเมริกา
10. เครื่องวัดการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบไร้สาย ชนิดติดผิวหนัง (Surface wireless electromyography equipment: Surface wireless EMG) จำนวน 1 ชุด ยี่ห้อ Cometa ประเทศอิตาลี
11. เครื่อง Isokinetic dynamometer รุ่น CON-TREX MJ ยี่ห้อ PHYSIOMED ประเทศเยอรมัน
12. Surface EMG electrode
13. Retro-reflective markers
14. แอลกอฮอล์และสำลี
15. เทปสำหรับติด Retro-reflective markers (adhesive tape)
16. Rigid tape
17. กระดาษแข็ง

#### สถานที่ทำการวิจัย

- ห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร จุฬาพัฒน์ 10
- ห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่สูง ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 14
- ห้องปฏิบัติการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-Wilk test เพื่อทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล จากนั้นข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จะเลือกใช้ Parametric statistics โดยใช้ Independent sample t-test เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างข้อมูล 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

- ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05





## การศึกษาที่ 2

### ประชากร (Population)

ประชากร (Target population) คือนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี

### กลุ่มตัวอย่าง (Sample)

กลุ่มตัวอย่าง (Sample) คือนักวิ่งระยะไกลเป็นโรครองช้ำ เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัยและลงนามยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

### การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) และสมัครใจ คือนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่เป็นโรครองช้ำ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องผ่านคุณสมบัติตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา ซึ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นอาสาสมัครที่สนใจและให้ความร่วมมือในการเข้างานวิจัยที่มาจากการประชาสัมพันธ์ทางสื่อออนไลน์ของงานวิ่งหรือชมรมวิ่งต่างๆ รวมไปถึงจากการประชาสัมพันธ์โดยตรงที่งานวิ่งหรือชมรมวิ่งต่างๆ จากนั้นจัดสรรกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม โดยวิธีการสุ่ม กลุ่มละเท่าๆ กัน สำหรับการศึกษานี้ 2 ได้แก่

1. กลุ่มที่ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise group: SFE group)

2. กลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (IFM exercise-related calf m. group: IERC group)

ภาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### การกำหนดขนาดตัวอย่าง

การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม G\*Power 3.1.9.2 ในการคำนวณขนาดตัวอย่าง โดยเลือกใช้สถิติ F test ที่ใช้ทดสอบผลต่างค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีการวัดซ้ำ ซึ่งทดสอบโดยใช้สถิติ ANOVA Repeated Measures, within-between interaction ซึ่งกำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 กำหนด Power ของการทดสอบที่ 80% ( $1 - \beta = 0.80$ ) และกำหนดค่า Effect size เท่ากับ 0.25 ซึ่งเป็นขนาดอิทธิพลระดับปานกลาง โดยอ้างอิงค่า Effect size จากการประมาณค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) ของ Cohen ในปี 1977 ซึ่งกำหนดไว้ 3 ขนาด สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยหลายค่า คือขนาดเล็กมีค่าเท่ากับ 0.1 ขนาดกลางมีค่าเท่ากับ 0.25 และขนาดใหญ่มีค่าเท่ากับ 0.4 (F., 2014) จากผลการคำนวณได้ขนาดตัวอย่างทั้งหมด 34 จำนวน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละเท่าๆกัน จะได้ขนาดตัวอย่าง 17 จำนวนต่อกลุ่ม

แต่เพื่อป้องกันการที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยบางคนไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยตามข้อกำหนด ร่วมกับเป็นการศึกษาที่มีการฝึกซึ่งต้องใช้เวลาในการเข้าร่วมงานวิจัยของผู้เข้าร่วมวิจัยนานถึง 8 สัปดาห์ ผู้วิจัยจึงมีการคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเพิ่มอีก 20% โดยเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 21 คนต่อกลุ่ม ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะต้องใช้กลุ่มตัวอย่างรวมทั้งหมด 42 คน

### เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา (Inclusion Criteria)

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล ดังนี้

1.1 มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon อย่างน้อย 5 ครั้งต่อปี มาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ryan Chang., 2014)

1.2 มีการวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ  $11.7 \pm 0.6$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Pace  $5.13 \pm 1.4$  นาทีต่อกิโลเมตร หรือ Pace ตั้งแต่ 4.13 ถึง 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร) ในการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งระยะไกลระยะ 10 กิโลเมตรครั้งล่าสุด (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ryan Chang., 2014)

1.3 มีการฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

1.4 มีรูปแบบการวิ่งลงน้ำหนักที่ส้นเท้า (Rearfoot strike) หรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike) (Ana Paula Ribeiro., 2015; Ryan Chang., 2014)

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพต่อไปนี้

2.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องมีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ( $18.5 - 22.9 \text{ kg/m}^2$ )

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่มีภาวะการเกิดแคลเซียมที่ส้นเท้า (Heel calcification) หรือกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur)

2.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่เป็นโรคหรือมีอาการใดๆ ที่ทำขณะเข้าร่วมงานวิจัย เช่น เล็บขบ ตาปลา เป็นต้น

2.4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการมีกระดูกหักที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.5 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการผ่าตัดที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.6 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีความบกพร่องทางระบบประสาท ทั้งระบบประสาทรับความรู้สึกและระบบประสาทสั่งการ

2.7 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของรยางค์กลาง ดังต่อไปนี้

3.1 ต้องไม่เป็นผู้ที่มีลักษณะของโครงสร้างของรยางค์กลาง ดังต่อไปนี้

- มีภาวะเท้าแบน (Pes Planus/flat feet) ประเภท Structural flat feet
- มีภาวะอุ้งเท้าสูง (Pes Cavus/high arch)
- มีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน (Hallux valgus)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนเข้าด้านในหรือเข่านี้ออก (Valgus knee)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนออกทางด้านนอกหรือเข่าโก่ง (Varus knee)

3.2 มีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยไม่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากการมีความผิดปกติของข้อต่อ

3.3 มีความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร

4. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีคุณสมบัติเกี่ยวกับประวัติโรครองเท้า (Ana Paula Ribeiro., 2015; Phoomchai Engkananuwat., 2018; Ryan Chang., 2014) ดังนี้

4.1 มีประวัติเป็นโรครองเท้าที่ฝ่าเท้าข้างใดข้างหนึ่ง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

4.2 ไม่มีประวัติเป็นโรครองเท้าที่ฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

4.3 มีอาการและอาการแสดงของโรครองเท้าซึ่งโดยมีนักกายภาพบำบัดเป็นผู้ตรวจประเมินก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ดังนี้

- ปวดบริเวณสันเท้าและฝ่าเท้าทางด้านใน ขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ก้าวแรกหลังจากตื่นนอนในตอนเช้า และ/หรือ ก้าวแรกหลังจากนั่งเป็นเวลานาน อย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือน โดยต้องมีระดับความรู้สึkpวด (VAS) อย่างน้อยระดับ 3 ขึ้นไป

- มีจุดกดเจ็บ (Tenderness) บริเวณสันเท้า และ/หรือ อุ้งเท้าทางด้านใน

- มีผลการทดสอบ Windlass test เป็นบวก (Denise De Garceau, 2003)

- มีผลการทดสอบ Navicular Drop test เป็นบวก (Johansen, 2010)

- จุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร โดยการตรวจวินิจฉัยด้วย Diagnostic ultrasound

4.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับการรักษาโรครองเท้า ดังนี้

- ต้องไม่รับประทานยาต้านการอักเสบใดๆ อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

- ต้องไม่เข้าร่วมในโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดใดๆ เกี่ยวกับโรค  
รอกข์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

- ต้องไม่เคยรักษาโรครอกข์โดยวิธีการฉีดสเตียรอยด์เพื่อลดอาการปวดที่  
พังผืดฝ่าเท้า

5. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอม  
เข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย

#### เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการบาดเจ็บใดๆ ที่รยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง ขณะเข้า  
ร่วมงานวิจัย

2. ผู้ที่มีความผิดปกติในเรื่องระบบการทรงตัว ขณะเข้าร่วมงานวิจัย

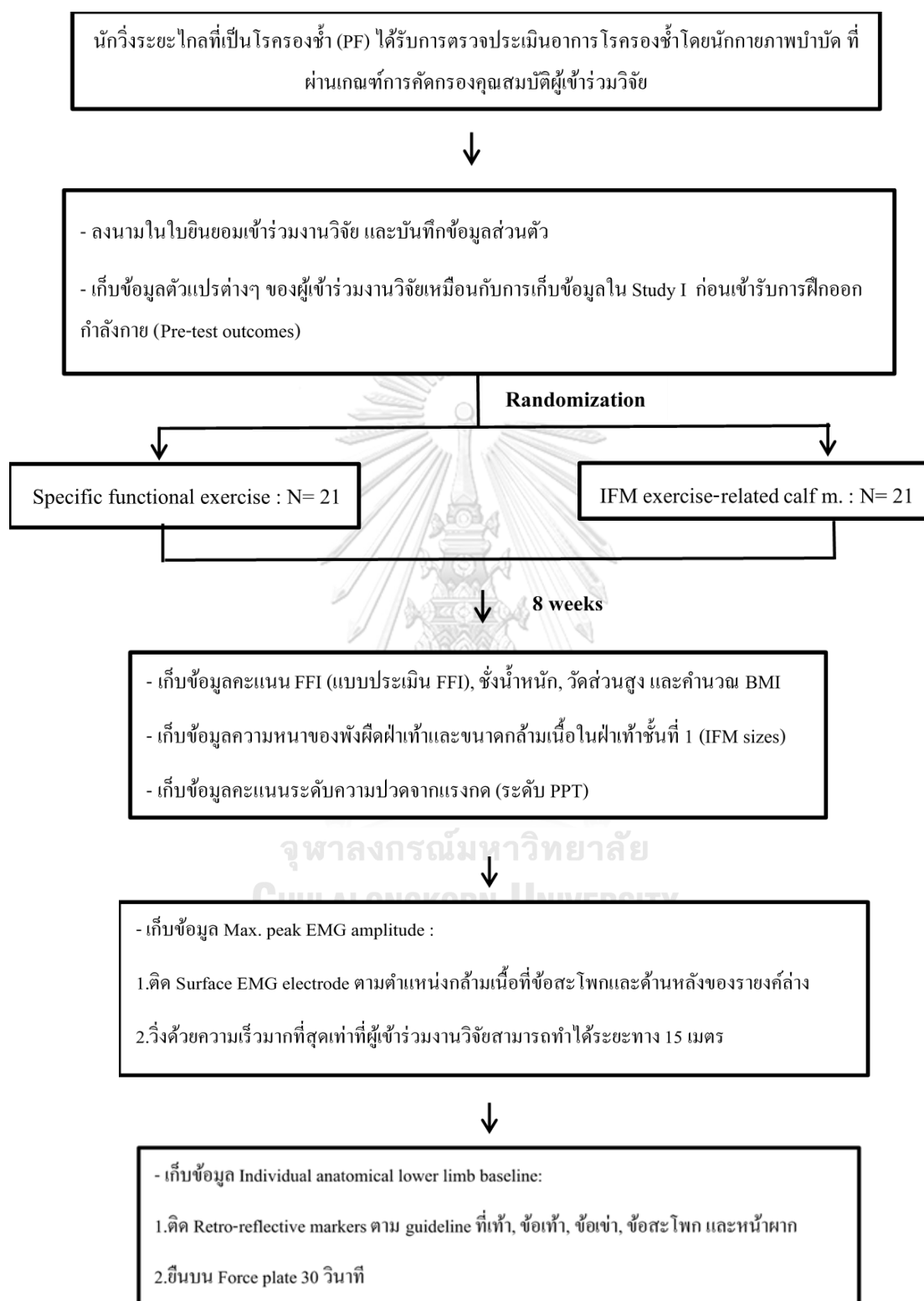
3. ผู้ที่มีอาการปวด, ชา, หรือไม่สบายขณะเก็บข้อมูลงานวิจัย

4. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน

5. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ขอลอนตัวออกจากงานวิจัย



## ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล



รูปที่ 24 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 2



- เก็บข้อมูล EMG amplitude ของกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพก กล้ามเนื้อด้านหลังของร่างกาย และข้อมูล Kinematic & Kinetic ของร่างกาย :  
 วิ่งลงน้ำหนักบน Force plate ด้วยความเร็วตามที่นักวิ่งแต่ละคนใช้วิ่งขณะเข้าร่วมรายการแข่งขัน 5 รอบ (Trials)  
 โดยพักระหว่างระหว่าง trial 1 นาที



- เก็บข้อมูล Peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก :  
 วัดค่า Peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก 5 ครั้งต่อกลุ่มกล้ามเนื้อ โดยพักระหว่างเซต 30 วินาที และพักระหว่างท่า 10 นาที



รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ

## รูปที่ 24 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาที่ 2

### ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ขั้นตอนการเก็บข้อมูลก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก (Pre-test measurement)

1. คัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นโรครองขี้ที่มีคุณสมบัติการคัดเลือกเข้าศึกษาครบถ้วน ทั้งหมด 42 คน จากนั้น ผู้วิจัยทำการสุ่ม (Randomization) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่
  - กลุ่มที่ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise group: SFE group)
  - กลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (IFM exercise-related calf muscle: IERC group)
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยลงนามเอกสารยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย และกรอกข้อมูลส่วนตัว
3. ผู้วิจัยอธิบายถึงวิธีการทดสอบให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจถึงวิธีปฏิบัติ, วิธีการทดสอบ และการประเมินผล
4. ผู้วิจัย (ซึ่งเป็นนักกายภาพบำบัด) ทำการซักประวัติและตรวจประเมินร่างกายผู้เข้าร่วมวิจัย เพื่อวินิจฉัยโรครองขี้
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยทำแบบประเมิน Foot function index (FFI)

6. ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง และคำนวณดัชนีมวลกาย (BMI) ของผู้เข้าร่วมวิจัย
  7. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความหนาของพังผืดฝ่าเท้าและขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเหมือนกับขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการศึกษาชั้นที่ 1
  8. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลคะแนนระดับความปวดจากแรงกด (ระดับ PPT) โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเหมือนกับขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการศึกษาชั้นที่ 1
  9. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล Maximum peak EMG amplitude โดยมีขั้นตอนเหมือนกับการเก็บข้อมูลในการศึกษาชั้นที่ 1
  10. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล Individual anatomical lower limb baseline โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเหมือนกับขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการศึกษาชั้นที่ 1
  11. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล EMG amplitude ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง และข้อมูล Kinematic และ Kinetic (ROM of hip, ROM of knee, ROM of ankle, LA height, LA angle, and Impulse) ของรยางค์ล่างในขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า โดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเหมือนกับขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการศึกษาชั้นที่ 1
  12. ผู้วิจัยเก็บข้อมูล Peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก ทั้งกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator โดยใช้เครื่อง Isokinetic dynamometer ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บข้อมูลเหมือนกับขั้นตอนการเก็บข้อมูลในการศึกษาชั้นที่ 1
- โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ภายในวันเดียวกัน)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### โปรแกรมการออกกำลังกาย

ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการฝึกตามโปรแกรมการออกกำลังกาย ตามที่ได้รับโดยวิธีการสุ่ม ซึ่งโปรแกรมการออกกำลังกายในกลุ่มต่างๆ มีดังนี้

1. กลุ่มที่มีการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise group: SFE group)
2. กลุ่มที่มีการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (IFM exercise-related calf muscle: IERC group)

โดยมีรูปแบบการฝึกประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือรูปแบบการฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง (Supervised training) และรูปแบบการฝึกด้วยตนเองที่บ้าน (Home program training) ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน โดยฝึกวันเว้นวัน สำหรับโปรแกรมการฝึกเป็นดังนี้

## 1. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ สำหรับกลุ่ม Specific functional exercise (กลุ่ม SFE)

สำหรับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ได้พัฒนาท่าทางในการออกกำลังกายมาจากท่า Short foot exercise และท่า Single leg heel raise ที่ใช้ในการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อน่อง ตามลำดับ ผสมผสานกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่าง ให้มีความสอดคล้องกับท่าทางที่ใช้ในการวิ่ง

ขั้นตอนการฝึกและพัฒนาการของฝึก (Progression) สำหรับกลุ่ม specific functional exercise มีรูปแบบการฝึกแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบการฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง (Supervised training)
2. รูปแบบการฝึกด้วยตนเองที่บ้าน (Home program training)

ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ฝึกวันเว้นวัน โดยโปรแกรมการฝึกเป็นดังนี้

1. การฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง ประกอบด้วย การเพิ่ม และ/หรือปรับเปลี่ยนท่าทางและความหนักในการฝึก โดยจะฝึกวิธีนี้ในวันแรกของสัปดาห์ที่ 1, 3, 5, 7

2. การฝึกด้วยตนเองที่บ้าน ประกอบด้วย เอกสารคำอธิบาย ท่าทาง ความหนัก จำนวนครั้ง ในการฝึก และตารางบันทึกการฝึก (Record chart) โดยผู้วิจัยจะทำการติดตามการฝึก รวมถึงซักถามปัญหา และตอบข้อสงสัยของผู้เข้าร่วมวิจัยทางโทรศัพท์หรือ LINE application สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

โดยมีขั้นตอนและรายละเอียดในการฝึก ดังนี้

1. ยึดกล้ามเนื้อน่อง
2. ยึดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและพังผืดฝ่าเท้า
3. ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ประกอบด้วยท่าออกกำลังกายทั้งหมด 8 ท่า

ได้แก่

ท่าที่ 1: Single leg heel raise

ท่าที่ 2: Arch building gait

ท่าที่ 3: Single leg heel raise with toe dorsiflexion

ท่าที่ 4: Short foot exercise with hip movement

ท่าที่ 5: Single leg end range tiptoe

ท่าที่ 6: Squat with short foot exercise on unstable floor

ท่าที่ 7: End range tiptoe marching

ท่าที่ 8: Hip movement with short foot exercise on unstable floor



สรุปหลักการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ เป็นรายสัปดาห์ ดังนี้

- สัปดาห์ที่ 1 - ฝึกท่าที่ 1 ทำ 10 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 2 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 2 - ฝึกท่าที่ 1 ทำ 12 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 2 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 3 - ฝึกท่าที่ 3 ทำ 10 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 4 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 4 - ฝึกท่าที่ 3 ทำ 12 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 4 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 5 - ฝึกท่าที่ 5 ทำ 10 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 6 ทำ 10 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 6 - ฝึกท่าที่ 5 ทำ 12 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 6 ทำ 12 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 7 - ฝึกท่าที่ 7 ทำ 20 ครั้ง/เซต และท่าที่ 8 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 8 - ฝึกท่าที่ 7 ทำ 24 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 8 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

#### 4. ยึดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อน่อง (ยึดพร้อมกัน) หลังการฝึก

รายละเอียดของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะที่ประกอบไปด้วย ความถี่ ความหนัก และการเพิ่มความก้าวหน้า (Progress) ของการออกกำลังกายดังแนบใน ภาคผนวก ข

## 2. โปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง สำหรับกลุ่ม IFM exercise-related calf muscle (กลุ่ม IERC)

โปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง เป็นท่าออกกำลังกายที่ใช้ในโปรแกรมการฟื้นฟูผู้ป่วยที่เป็นโรคเรื้อรังทั่วไป (Conventional exercise for PF)

ขั้นตอนการฝึกและพัฒนาการของฝึก (Progression) สำหรับกลุ่ม IFM exercise-related calf muscle มีรูปแบบการฝึกแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. รูปแบบการฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง (supervised training)
2. รูปแบบการฝึกด้วยตนเองที่บ้าน (home program training)

ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ฝึกวันเว้นวัน โดยโปรแกรมการฝึกเป็นดังนี้

1. การฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง ประกอบด้วย การเพิ่ม และ/หรือปรับเปลี่ยนท่าทางและความหนักในการฝึก โดยจะฝึกวิธีนี้ในวันแรกของสัปดาห์ที่ 1, 3, 5, 7

2. การฝึกด้วยตนเองที่บ้าน ประกอบด้วย เอกสารคำอธิบาย ท่าทาง ความหนัก จำนวนครั้งในการฝึก และตารางบันทึกการฝึก (Record chart) โดยผู้วิจัยจะทำการติดตามการฝึก รวมถึงซักถามปัญหา และตอบข้อสงสัยของผู้เข้าร่วมวิจัยทางโทรศัพท์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

โดยมีรายละเอียดท่าทาง ความหนัก ความถี่ และเวลาในการฝึก ดังนี้

1. ยึดกล้ามเนื้อน่อง
2. ยึดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและพังผืดฝ่าเท้า
3. ฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ในท่าต่างๆ ได้แก่

ท่าที่ 1: Towel curl exercise

ท่าที่ 2: Seat heel raise

ท่าที่ 3: Short foot exercise

ท่าที่ 4: Double leg heel raise

สรุปหลักการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง เป็นรายสัปดาห์ ดังนี้

- สัปดาห์ที่ 1 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 8 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 2 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 10 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 3 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 12 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 4 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 15 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 5 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 8 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 6 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 10 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 7 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 12 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

- สัปดาห์ที่ 8 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 15 ครั้งต่อเซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

4. ยึดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อน่อง (ยึดพร้อมกัน) หลังการฝึก

รายละเอียดของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะที่ประกอบไปด้วย ความถี่ ความหนัก และการเพิ่มความก้าวหน้า (Progress) ของการออกกำลังกายดังแนบใน ภาคผนวก ง

สำหรับทำยึดกล้ามเนื้อก่อนและหลังการออกกำลังกาย ต้องทำทุกครั้งที่ออกกำลังกาย ทั้ง กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง โดยทั้ง 2 กลุ่มได้รับทำยึดกล้ามเนื้อเหมือนกัน แตกต่างกันในส่วนของท่าออกกำลังกายในแต่ละกลุ่มเท่านั้น

จากนั้นเมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกครบ 8 สัปดาห์แล้ว ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเข้ารับวัดค่าตัวแปร ต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลหลังเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก (Post-test measurement) โดยมีขั้นตอนการเก็บ ข้อมูลเหมือนการเก็บข้อมูลก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก

#### ตัวแปรตามที่ได้จากการเก็บข้อมูล

1. แสดงผลลักษณะกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ค่าอายุ (ปี) ค่าน้ำหนัก (กิโลกรัม) ค่าส่วนสูง (เมตร) ค่าดัชนีมวลกาย (BMI:  $\text{kg}/\text{m}^2$ ) และจำนวนระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์ของผู้เข้าร่วมวิจัย ด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

2. แสดงผลคะแนน FFI ของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

3. แสดงผลความหนาของพังผืดฝ่าเท้า (มิลลิเมตร: mm) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

4. แสดงค่าขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ( $\text{mm}^2/\text{kg}$ ) ทั้ง 3 มัด (Nicholas B. Holowka, 2018) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการ วิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

5. แสดงระดับ PPT ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) (Phoomchai Engkananuwat., 2018) ด้วยค่าเฉลี่ยและ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการ วิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

6. แสดงผลค่ามุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง ประกอบด้วย

- มุมขณะเคลื่อนไหว (Dynamic range of motion) ของข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้าด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

- มุมของอุ้งเท้า (Longitudinal Arch height: LA height) (Nicholas B. Holowka, 2018) ขณะวิ่ง ในหน่วยองศา (degree) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

7. แสดงค่าความสามารถในการคงรูปของเท้า (Longitudinal Arch stiffness: LA stiffness) ในหน่วย N/m·kg (Nicholas B. Holowka, 2018) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

8. แสดงผลค่า Impulse ในหน่วยน้ำหนักตัววินาที (Body Weight·second: BW·s) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

9. แสดงผลค่าการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) (Nick Ball., 2013; Thor F. Besier., 2002) ในรูปของ Percent of muscle activation ในช่วง Terminal swing phase และช่วง Initial stance phase ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

10. แสดงผลค่าเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ในหน่วยวินาที (Seconds: s) ประกอบด้วย เวลาที่กล้ามเนื้อเริ่มทำงาน (Onset time) เวลาที่กล้ามเนื้อหยุดการทำงาน (Offset time) และช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อทำงาน (Duration of muscle activation) ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

11. แสดงผลค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก (Hip muscle strength) ในรูป Muscle peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator ในหน่วย N·m/kg ด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาที่ 1

### อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องมือในการเก็บข้อมูลวิจัยเหมือนในการศึกษาที่ 1 และมีเพิ่มเติมสำหรับการออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะคือ ยางยืด (Elastic band) ยี่ห้อ ChrisPower และรองเท้าวิ่ง (ของผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน)

### สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ในการทำวิจัยในส่วนของการเก็บข้อมูลเช่นเดียวกับการศึกษาที่ 1 และมีเพิ่มเติมคือที่พักหรือสนามซ้อมวิ่งของผู้เข้าร่วมวิจัย

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

- วิเคราะห์การแจกแจงของข้อมูลโดยใช้ Shapiro-Wilk test เพื่อทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูล ข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) จะเลือกใช้ Parametric statistics โดยใช้ Two-way mixed-design ANOVA เพื่อทดสอบความนัยสำคัญระหว่างข้อมูล 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่ม Specific functional exercise และกลุ่ม IFM exercise-related calf muscle และทดสอบนัยสำคัญภายในกลุ่ม ได้แก่ ก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย หากพบนัยสำคัญทางสถิติจะทำการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison) โดยใช้ t-test ซึ่งถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติของเวลา (Pretest และ Posttest) ใช้ Dependent sample t-test ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติของกลุ่ม (กลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC) ใช้ Independent sample t-test

- ทดสอบสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การศึกษาที่ 1

การศึกษาที่ 1 เป็นการศึกษาข้อมูลทาง Kinematics ข้อมูลทาง Kinetics การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง เวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด ระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองขาและไม่เป็นโรครองขา หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแล้ว นำเสนอข้อมูลต่างๆ ดังนี้

**ตอนที่ 1** ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Characteristics of participants)

**ตอนที่ 2** ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่างขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า

**ตอนที่ 3** ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase ขณะวิ่งเท้าเปล่า

**ตอนที่ 4** ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ขณะวิ่งเท้าเปล่า

**ตอนที่ 5** ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1

**ตอนที่ 6** ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก

**ตอนที่ 7** ข้อมูลระดับความรู้สึกปวด

## ตอนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Characteristics of participants)

ผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละกลุ่มถูกจับคู่ข้างที่เป็นโรครองซ้ำที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ (Matched LE side) โดยเป็นขาข้างขวาจำนวน 16 คน และขาข้างซ้ายจำนวน 2 คน ต่อกลุ่ม

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1.อายุ (year)	32.167 ± 6.662	35.667 ± 7.7	1.458	34	0.154
2.น้ำหนัก (kg)	66.793 ± 7.035	66.978 ± 8.025	0.073	34	0.942
3.ส่วนสูง (m)	1.733 ± 0.059	1.742 ± 0.07	0.451	34	0.655
4.ดัชนีมวลกาย (kg/m <sup>2</sup> )	22.217 ± 1.768	21.999 ± 1.619	0.386	34	0.702
5.ระยะทางในการข้อม้วนต่อสัปดาห์ (km)	40.556 ± 10.556	45.833 ± 11.408	1.441	34	0.159
6.ความหนาของพังผืดฝ่าเท้า (mm)	4.498 ± 0.404	3.545 ± 0.228	8.714	34	<0.001*

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการทดสอบความแตกต่างของคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอายุ ( $t(34) = 1.458, P = 0.154$ ) น้ำหนัก ( $t(34) = 0.073, P = 0.942$ ) ส่วนสูง ( $t(34) = 0.451, P = 0.655$ ) ดัชนีมวลกาย ( $t(34) = 0.386, P = 0.702$ ) และระยะทางในการข้อม้วนต่อสัปดาห์ ( $t(34) = 1.441, P = 0.159$ ) ระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity) ของอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย และระยะทางในการข้อม้วนต่อสัปดาห์ของกลุ่มตัวอย่าง ขณะที่ผลการทดสอบความหนาของพังผืดฝ่าเท้า พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(34) = 8.714, P < 0.001$ ) ระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยที่กลุ่ม PF ( $4.498 \pm 0.404$  มิลลิเมตร) มีค่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้าที่มากกว่า กลุ่ม No PF ( $3.545 \pm 0.228$  มิลลิเมตร) ดังแสดงในตารางที่ 1 จากผลการวิเคราะห์ความหนาของพังผืดฝ่าเท้ายืนยันว่า กลุ่ม PF มีค่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้ามากกว่า 4 mm ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ระบุยืนยันว่ามีการอักเสบของพังผืดฝ่าเท้าในคนที่เป็โรครองซ้ำ ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของ

ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถยืนยันได้ว่ากลุ่มตัวอย่างถูกจำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม PF และกลุ่ม No PF โดยใช้เกณฑ์การเป็นโรครองซ้ำ ซึ่งเป็นตัวแปรต้นของการศึกษาที่ 1 โดยที่คุณลักษณะทั่วไปของอีกหนึ่งของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มเหมือนกัน

## ตอนที่ 2 ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า

### 1. ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinematics ของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1. มุมของอุ้งเท้า (LA angle: degree)	12.709 ± 2.37	8.891 ± 1.737	5.511	34	<0.001*
2. มุมการบิดออก/บิดเข้าของส้นเท้า (Rearfoot eversion/inversion: degree)	12.015 ± 2.449	9.964 ± 2.126	2.683	34	0.011*
3. มุมการกระดกข้อเท้าขึ้น/ถีบปลายเท้าลง (Ankle dorsiflexion/plantar flexion: degree)	-22.721 ± 6.529	-19.614 ± 6.048	-1.481	34	0.148
4. มุมการกาง/หุบข้อเข่า (Knee abduction/adduction: degree)	9.944 ± 5.273	6.000 ± 4.975	2.308	34	0.027*
5. มุมการงอ/เหยียดข้อเข่า (Knee flexion/extension: degree)	-20.887 ± 4.627	-18.355 ± 6.591	-1.334	34	0.191
5. มุมการกาง/หุบข้อสะโพก (Hip abduction/adduction: degree)	-4.306 ± 2.361	-2.664 ± 1.162	-2.648	34	0.012*
7. มุมการงอ/เหยียดข้อสะโพก (Hip flexion/extension: degree)	-13.320 ± 5.274	-9.647 ± 4.543	-2.238	34	0.032*
8. มุมการหมุนกระดูกเชิงกรานขึ้น/ลง (Pelvic upward/downward rotation: degree)	4.0175 ± 1.805	2.965 ± 1.092	2.116	34	0.042*

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

- ค่าบวก (+) สำหรับมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง หมายถึง มุม Rearfoot eversion มุม Ankle plantar flexion มุม Knee abduction มุม Knee extension มุม Hip abduction มุม Hip extension มุม Pelvic upward rotation ขณะที่ค่าลบ (-) หมายถึงมุมในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าบวก



ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinematics ดังที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าในช่วงครึ่งแรกของการ ระยะลงน้ำหนัก (The 1<sup>st</sup> half of stance/ initial stance) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติของมุมของอุ้งเท้า ( $t(34) = 5.511, P < 0.001$ ) มุม Rearfoot eversion ( $t(34) = P = 2.683, 0.011$ ) มุม Knee abduction ( $t(34) = 2.308, P = 0.027$ ) มุม Hip adduction ( $t(34) = -2.648, P = 0.012$ ) มุม Hip flexion ( $t(34) = -2.238, P = 0.032$ ) และมุม Pelvic upward rotation ( $t(34) = 2.116, P = 0.042$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรคข้อเข่าในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกัน (Matched LE) ที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## 2 ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinetics ของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1.ความสามารถในการคงรูปของเท้า (LA stiffness: N/cm·kg)	1572.676 ± 569.805	2974.43 ± 1474.993	3.761	34	0.001*
2.Impulse (BW·s)	2.193 ± 0.227	1.981 ± 0.235	2.75	34	0.009*

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinetics พบว่าในช่วง Stance phase มีความแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติของความสามารถในการคงรูปของเท้า ( $t(34) = 3.761, P = 0.001$ ) และ Impulse ( $t(34) = 2.75, P = 0.009$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรคข้อเข่าในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้ เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งแสดงในตารางที่ 3

ตอนที่ 3 ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase ขณะวิ่งเท้าเปล่า

**ตารางที่ 4** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Percent of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1. กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius					
- ในช่วง Terminal swing (%)	22.456 ± 12.648	17.311 ± 11.588	1.272	34	0.212
- ในช่วง Initial stance (%)	34.302 ± 15.966	24.292 ± 10.673	2.211	34	0.034*
2. กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius					
- ในช่วง Terminal swing (%)	10.764 ± 5.186	13.977 ± 7.200	-1.537	34	0.134
- ในช่วง Initial stance (%)	26.820 ± 9.276	24.989 ± 7.641	0.646	34	0.523
3. กล้ามเนื้อ Medial hamstring					
- ในช่วง Terminal swing (%)	29.6 ± 7.799	26.741 ± 16.206	0.675	34	0.505
- ในช่วง Initial stance (%)	23.918 ± 8.723	19.782 ± 8.206	1.466	34	0.152
4. กล้ามเนื้อ Lateral hamstring					
- ในช่วง Terminal swing (%)	24.807 ± 9.185	21.417 ± 13.577	0.877	34	0.387
- ในช่วง Initial stance (%)	25.349 ± 12.165	25.111 ± 15.04	0.052	34	0.959
5. กล้ามเนื้อ Gluteus maximus					
- ในช่วง Terminal swing (%)	8.512 ± 4.617	11.707 ± 5.860	-1.817	34	0.078
- ในช่วง Initial stance (%)	14.755 ± 6.724	20.801 ± 8.899	-2.3	34	0.028*
6. กล้ามเนื้อ Gluteus medius					
- ในช่วง Terminal swing (%)	10.17 ± 5.257	15.249 ± 7.578	-2.336	34	0.026*
- ในช่วง Initial stance (%)	21.993 ± 6.516	24.049 ± 6.526	-0.946	34	0.351
7. กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae					
- ในช่วง Terminal swing (%)	8.99 ± 7.753	20.031 ± 15.111	-2.758	34	0.009*
- ในช่วง Initial stance (%)	22.685 ± 18.503	26.411 ± 11.087	-0.733	34	0.469

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Percent of posterior hip and LE muscle activation ซึ่งแสดงในตารางที่ 4 พบว่าในช่วง Terminal swing phase มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ( $t(34) = -2.336, P = 0.026$ ) และกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ( $t(34) = -2.758, P = 0.009$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรคข้ออักเสบในในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ขณะที่ในช่วง Initial stance phase ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Percent change of muscle activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ( $t(34) = 2.211, P = 0.026$ ) และกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ( $t(34) = -2.300,$

$P = 0.009$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรครองซ้ายในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 4

ตอนที่ 4 ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ขณะวิ่งเท้าเปล่า



ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลัง  
ของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

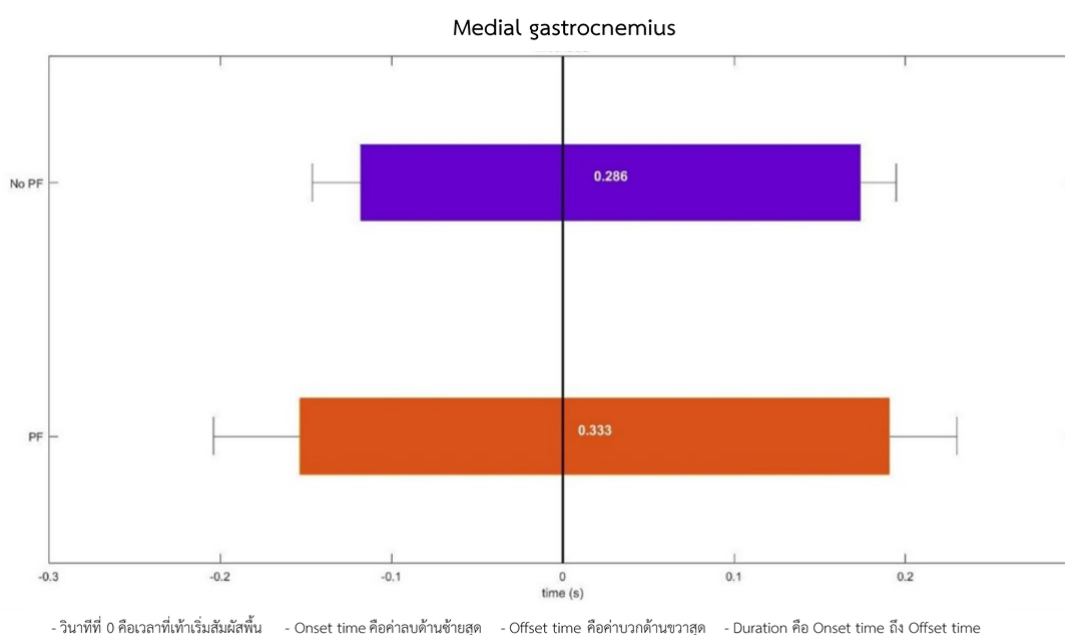
ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1.กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius					
- Onset time (s)	0.154 ± 0.101	0.118 ± 0.056	1.313	34	0.198
- Offset time (s)	0.19 ± 0.079	0.174 ± 0.042	0.803	34	0.429
- Duration (s)	0.333 ± 0.14	0.286 ± 0.079	1.26	34	0.219
2.กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius					
- Onset time (s)	0.117 ± 0.086	0.122 ± 0.096	-0.156	34	0.877
- Offset time (s)	0.168 ± 0.03	0.162 ± 0.022	0.662	34	0.512
- Duration (s)	0.282 ± 0.1	0.281 ± 0.105	0.015	34	0.988
3.กล้ามเนื้อ Medial hamstring					
- Onset time (s)	0.136 ± 0.025	0.145 ± 0.024	-1.08	34	0.288
- Offset time (s)	0.167 ± 0.058	0.133 ± 0.04	2.085	34	0.045*
- Duration (s)	0.31 ± 0.056	0.272 ± 0.051	2.114	34	0.042*
4.กล้ามเนื้อ Lateral hamstring					
- Onset time (s)	0.141 ± 0.044	0.148 ± 0.032	-0.533	34	0.598
- Offset time (s)	0.18 ± 0.061	0.163 ± 0.054	0.851	34	0.401
- Duration (s)	0.327 ± 0.066	0.301 ± 0.039	1.454	34	0.155
5.กล้ามเนื้อ Gluteus maximus					
- Onset time (s)	0.064 ± 0.054	0.088 ± 0.051	-1.368	34	0.18
- Offset time (s)	0.093 ± 0.017	0.1 ± 0.009	-1.648	34	0.112
- Duration (s)	0.154 ± 0.054	0.182 ± 0.061	-1.45	34	0.156
6.กล้ามเนื้อ Gluteus medius					
- Onset time (s)	0.045 ± 0.026	0.1 ± 0.081	-2.749	34	0.012*
- Offset time (s)	0.095 ± 0.036	0.117 ± 0.054	-1.444	34	0.158
- Duration (s)	0.142 ± 0.038	0.201 ± 0.111	-2.14	34	0.044*
7.กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae					
- Onset time (s)	0.05 ± 0.034	0.089 ± 0.053	-2.594	34	0.015*
- Offset time (s)	0.106 ± 0.034	0.162 ± 0.076	-2.859	34	0.009*
- Duration (s)	0.167 ± 0.059	0.254 ± 0.09	-3.419	34	0.002*

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

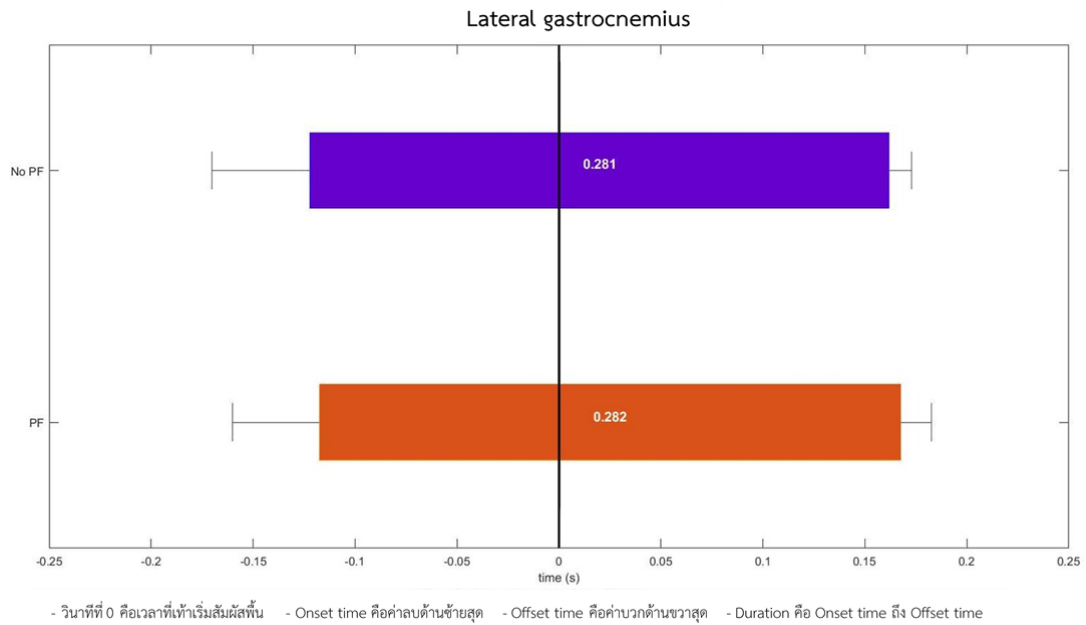
จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน ประกอบด้วยค่า Onset time ค่า Offset time และค่า Duration ในหน่วยวินาที พบว่าข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อ Medial hamstring ทำงาน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่า Offset time ( $t(34) = 2.085, P = 0.045$ ) และค่า Duration ( $t(34) = 2.114, P = 0.042$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรครองซ้ายในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 27

นอกจากนั้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 30 ยังพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อ Gluteus medius สำหรับค่า Onset time ( $t(34) = -2.749, P = 0.012$ ) และค่า Duration ( $t(34) = -2.14, P = 0.044$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรครองซ้ายในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

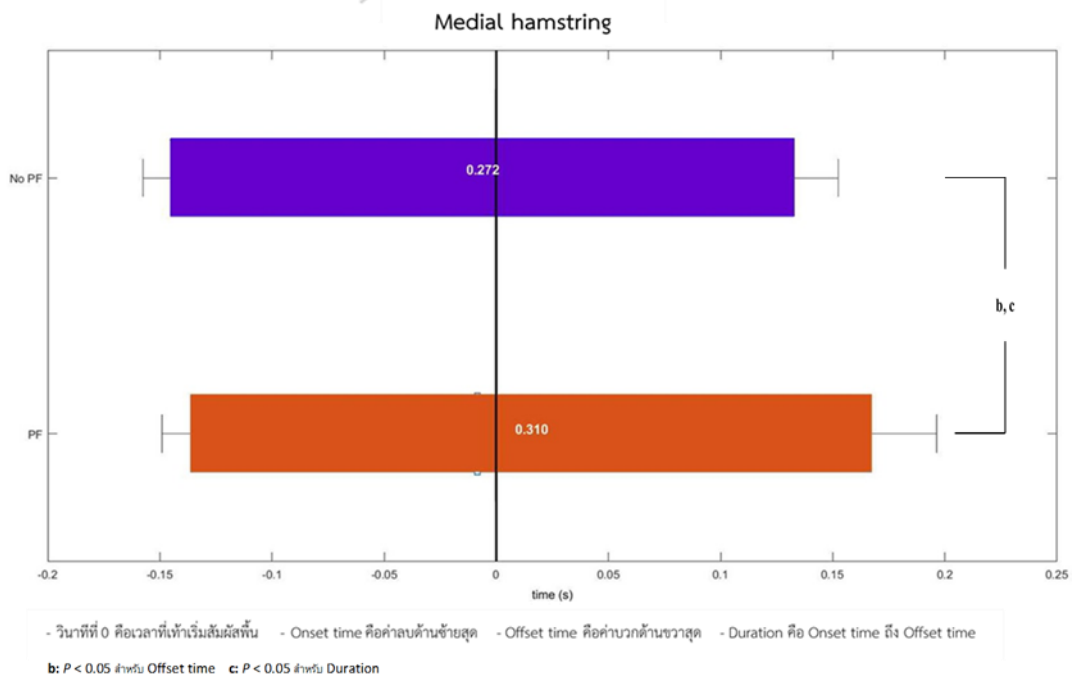
ขณะที่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ทำงาน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับค่า Onset time ( $t(34) = -2.594, P = 0.015$ ) ค่า Offset time ( $t(34) = -2.859, P = 0.009$ ) และค่า Duration ( $t(34) = -3.419, P = 0.002$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรครองซ้ายในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 5 และรูปที่ 31



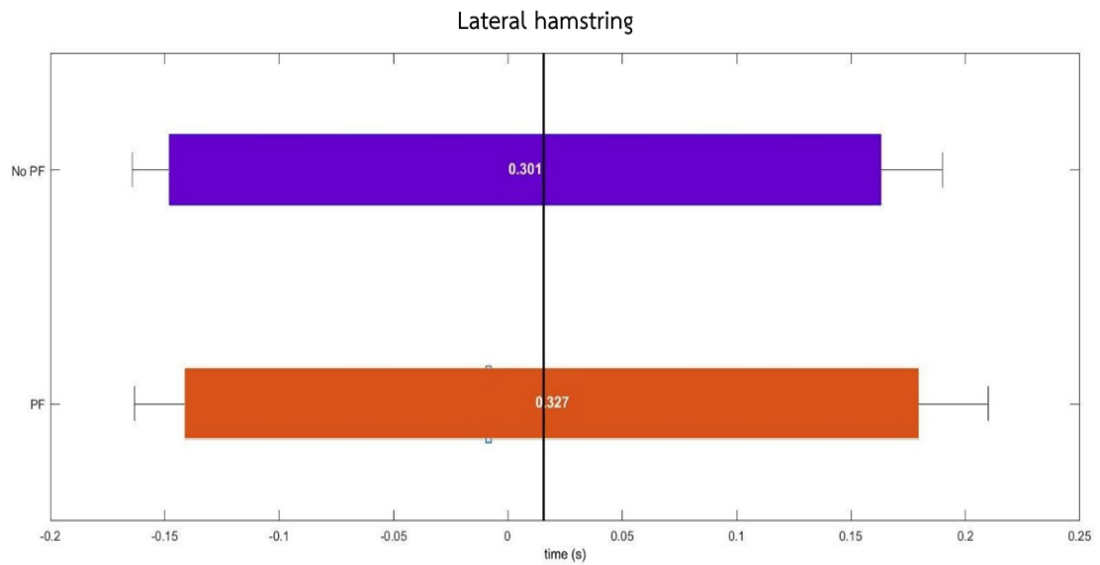
รูปที่ 25 แสดง Timing of medial gastrocnemius muscle activation



รูปที่ 26 แสดง Timing of lateral gastrocnemius muscle activation

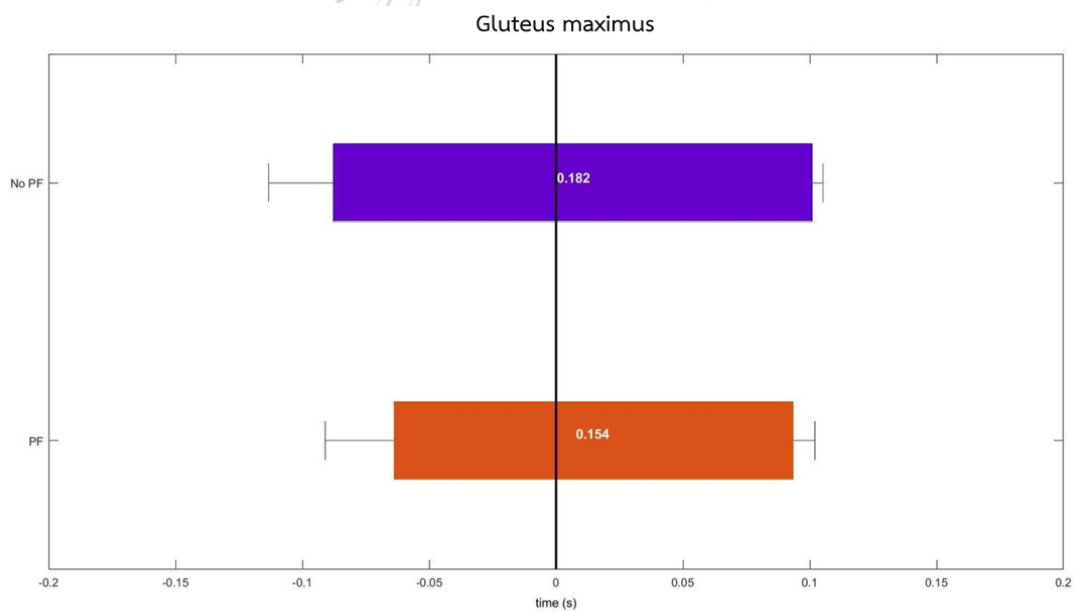


รูปที่ 27 แสดง Timing of medial hamstring muscle activation



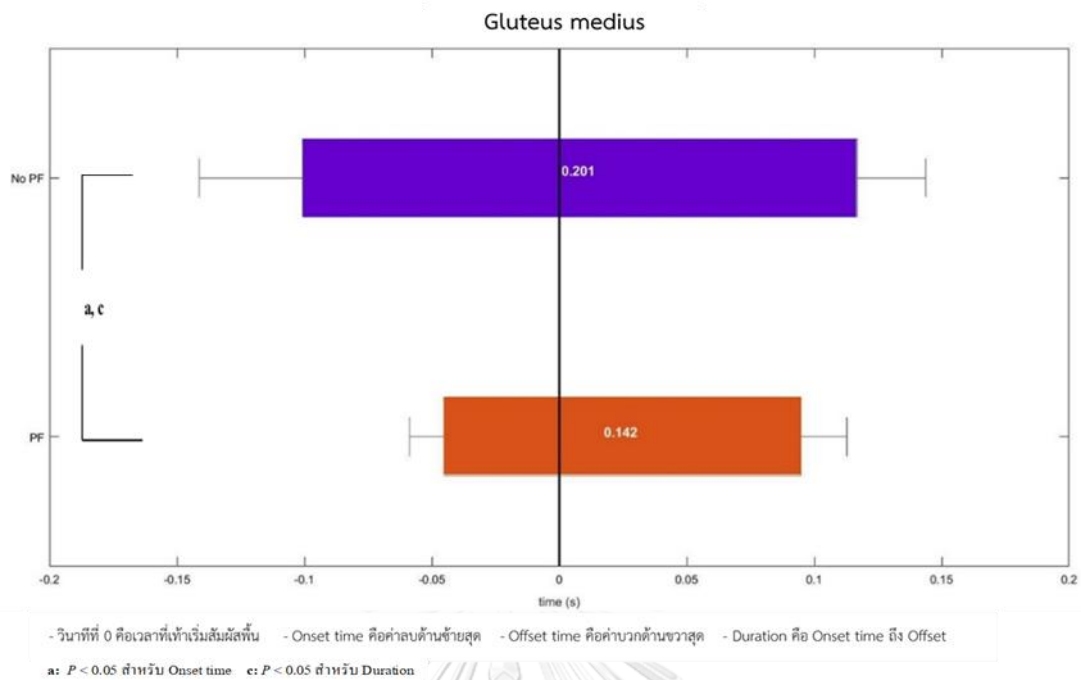
- วินาทีที่ 0 คือเวลาที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น - Onset time คือค่าลบด้านซ้ายสุด - Offset time คือค่าบวกด้านขวาสุด - Duration คือ Onset time ถึง Offset time

รูปที่ 28 แสดง Timing of lateral hamstring muscle activation

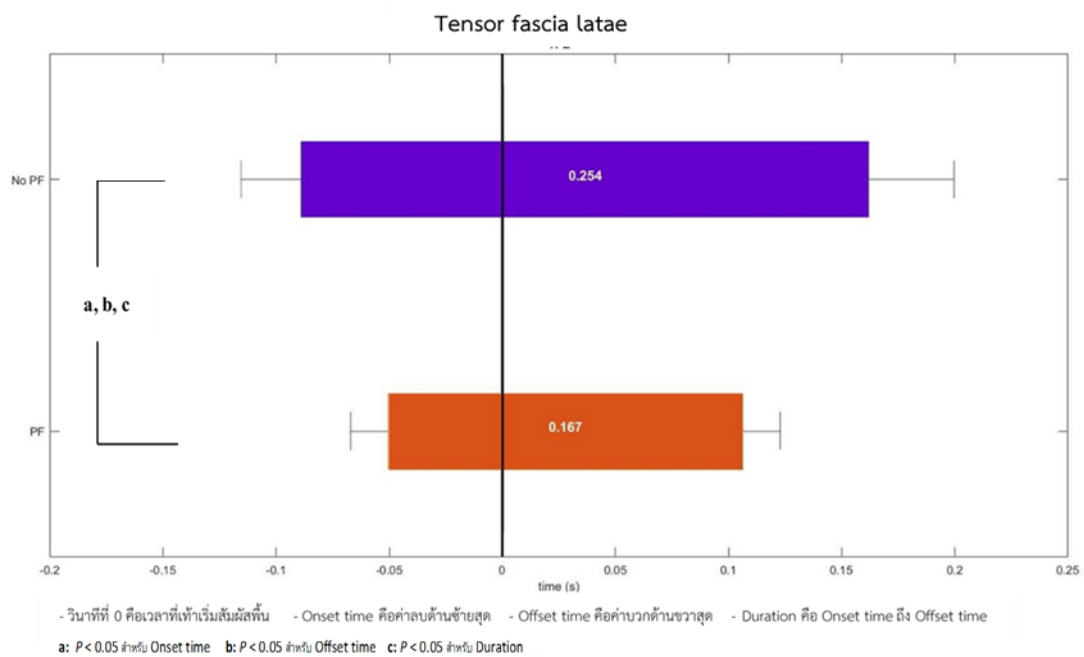


- วินาทีที่ 0 คือเวลาที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น - Onset time คือค่าลบด้านซ้ายสุด - Offset time คือค่าบวกด้านขวาสุด - Duration คือ Onset time ถึง Offset time

รูปที่ 29 แสดง Timing of gluteus maximus muscle activation



รูปที่ 30 แสดง Timing of gluteus medius muscle activation



รูปที่ 31 แสดง Timing of tensor fascia latae muscle activation



## ตอนที่ 5 ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1.ขนาดกล้ามเนื้อ AH (mm <sup>2</sup> /kg)	3.989 ± 0.631	4.750 ± 0.753	-3.293	34	0.002*
2.ขนาดกล้ามเนื้อ FDB (mm <sup>2</sup> /kg)	3.878 ± 0.43	4.095 ± 0.568	-1.292	34	0.205
3.ขนาดกล้ามเนื้อ ADM (mm <sup>2</sup> /kg)	1.629 ± 0.209	1.748 ± 0.147	-1.977	34	0.056

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในรูปแบบของพื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area) ของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในหน่วย mm<sup>2</sup>/kg พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของขนาดกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ( $t(34) = -3.293, P = 0.002$ ) ระหว่างเท้าข้างที่เป็นโรคข้อเท้าในกลุ่ม PF และเท้าข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 6

## ตอนที่ 6 ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
1.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor (N·m/kg)	1.543 ± 0.354	1.772 ± 0.273	-2.173	34	0.037*
2.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor (N·m/kg)	1.715 ± 0.360	1.773 ± 0.220	-0.592	34	0.559
3.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor (N·m/kg)	2.383 ± 0.517	2.463 ± 0.477	-0.483	34	0.632
4.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor (N·m/kg)	2.131 ± 0.326	2.397 ± 0.435	-2.078	34	0.045*
5.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator (N·m/kg)	0.984 ± 0.193	1.044 ± 0.166	-0.996	34	0.326
6.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator (N·m/kg)	1.045 ± 0.224	1.075 ± 0.164	-0.464	34	0.645

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก โดยใช้ค่า Hip muscle peak torque ในหน่วย N·m/kg พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ( $t(34) = -2.173, P = 0.037$ ) และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ( $t(34) = -2.078, P = 0.045$ ) ระหว่างขาข้างที่เป็นโรครองซ้ายในกลุ่ม PF และขาข้างเดียวกันที่ถูกใช้เปรียบเทียบในกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังแสดงในตารางที่ 7

### ตอนที่ 7 ข้อมูลระดับความรู้สึกปวด

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้สึกปวดของกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม PF (N = 18)	กลุ่ม No PF (N = 18)	t	df	P-value
คะแนน FFI – Pain scale (score)	37 ± 26.328	0	5.962	34	<0.001*
ระดับ PPT (kg/cm <sup>2</sup> )	7.265 ± 1.019	9.720 ± 1.03	-7.189	34	<0.001*

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

สำหรับผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้สึกปวดซึ่งแสดงในตารางที่ 8 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของคะแนน FFI ในส่วนของ Pain scale ( $t(34) = 5.962, P < 0.001$ ) และระดับ PPT ( $t(34) = -7.189, P < 0.001$ ) ระหว่างกลุ่ม PF และกลุ่ม No PF ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

## การศึกษาที่ 2

การศึกษาที่ 2 เป็นการศึกษาข้อมูลทาง Kinematics ข้อมูลทาง Kinetics การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง เวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองขั้วระหว่างกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise: SFE) และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (Intrinsic foot muscle exercise-related calf muscle: IERC) หลังจากทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแล้ว นำเสนอข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ตอนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Characteristics of participants)
- ตอนที่ 2 ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่างขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า
- ตอนที่ 3 ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase ขณะวิ่งเท้าเปล่า
- ตอนที่ 4 ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ขณะวิ่งเท้าเปล่า
- ตอนที่ 5 ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1
- ตอนที่ 6 ข้อมูลความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก
- ตอนที่ 7 ข้อมูลระดับความรู้สึกปวด

## ตอนที่ 1 ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (Characteristics of participants)

ผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละกลุ่มถูกจับคู่ข้างที่เป็นโรครองขี้ที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบ (Matched LE side) โดยเป็นขาข้างขวาจำนวน 19 คน และขาข้างซ้ายจำนวน 2 คน ต่อกลุ่ม

### 1. ข้อมูลอายุและความสูงของผู้เข้าร่วมวิจัย

#### ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลอายุและส่วนสูงของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE (N = 21)	กลุ่ม IERC (N = 21)	t	df	P-value
อายุ (year)	32.667 ± 6.521	33.333 ± 8.1	-0.294	40	0.77
ส่วนสูง (m)	1.729 ± 0.057	1.75 ± 0.062	-1.123	40	0.268

ข้อมูลอายุและส่วนสูงของผู้เข้าร่วมวิจัยของกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC เป็นข้อมูลที่คงที่ตลอดระยะเวลาในการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ดังนั้น การวิเคราะห์ข้อมูลอายุและส่วนสูงทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ด้วยสถิติ Independent sample t-test ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอายุ ( $t(40) = -0.294, P = 0.77$ ) และส่วนสูง ( $t(40) = -1.123, P = 0.268$ ) ระหว่างกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเป็นเอกพันธ์ของข้อมูลอายุและส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในตารางที่ 9

### 2. ข้อมูลการสูญหายของผู้เข้าร่วมวิจัย (Drop-out) ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัย

#### ตารางที่ 10 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการสูญหายของผู้เข้าร่วมวิจัย (Drop-out) ระหว่างเข้าร่วมโครงการวิจัย

กิจกรรม	กลุ่ม SFE	กลุ่ม IERC	ขนาดตัวอย่าง
Pretest	21	21	42
Posttest	18	17	35
อัตราการสูญหาย (Drop-out rate : percent)	14.286	19.048	16.667

จากการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สำหรับการเก็บข้อมูล  
 ขั้นตอน Posttest มีผู้เข้าร่วมวิจัยคงเหลือทั้งหมด 35 คน จากผู้เข้าร่วมวิจัยในขั้นตอน Pretest  
 จำนวน 42 คน โดยมีผู้เข้าร่วมวิจัยที่สูญหายไประหว่างการเข้าร่วมโครงการวิจัย 7 คน ด้วยเหตุผล  
 ดังนี้

1. มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 1 คน ข้อเท้าขวาแพลงขณะซ้อมวิ่ง เมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไป  
 แล้วเป็นเวลา 5 สัปดาห์ ทำให้มีอาการปวด บวม และไม่สามารถลงน้ำหนักได้เต็มเท้าขณะเดิน

2. มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 1 คน เกิดอุบัติเหตุตกบันไดบ้านขณะใช้ชีวิตประจำวันปกติ เมื่อ  
 เข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไปแล้ว 6 สัปดาห์ ทำให้มีอาการปวดก้นกบ และสะโพกขวาร่วงลงต้นขาทาง  
 ด้านหลัง ได้รับการวินิจฉัยทางกายภาพบำบัดเป็น Rt. piriformis syndrome

3. มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 1 คน เกิด Heel spur เมื่อเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกไปแล้ว 6  
 สัปดาห์

4. มีผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 4 คน มีความประสงค์ไม่มาทำการทดสอบขั้นตอน Posttest ได้  
 เมื่อฝึกครบ 8 สัปดาห์ เนื่องด้วยสถานการณ์ Covid-19 ระลอกที่ 3

เป็นผลให้ คงเหลือผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 35 คน ซึ่งมี Drop-out rate คิดเป็น 16.667  
 เปอร์เซ็นต์ โดยประกอบด้วยผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE จำนวน 18 คน ซึ่งมี Drop-out rate คิดเป็น  
 14.286 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 10 และผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม IERC จำนวน 17 คน ซึ่งมี  
 Drop-out rate คิดเป็น 19.048 เปอร์เซ็นต์ แต่ด้วยในขั้นตอนการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัย  
 ได้ทำการคำนวณกลุ่มตัวอย่างเพิ่มเติม จากจำนวนตัวอย่างขั้นต่ำที่คำนวณได้ เพื่อป้องกันการสูญหาย  
 ของผู้เข้าร่วมไว้วิจัยไว้ที่ 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น Drop-out rate ในขั้นตอน Posttest จึงไม่ส่งผลต่อ  
 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

3. ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาที่เข้าร่วมโปรแกรมการ  
 ออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัย

**ตารางที่ 11** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาที่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1. น้ำหนัก (kg)	67.146 ± 6.845	67.029 ± 6.668	68.077 ± 7.922	67.761 ± 7.497	0.274	0.613	0.735
2. ดัชนีมวลกาย (kg/m <sup>2</sup> )	22.217 ± 1.768	21.967 ± 1.684	22.152 ± 1.624	22.143 ± 1.661	0.105	0.129	0.923
3. ระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์ (km)	41.889 ± 9.281	42.083 ± 8.765	41.677 ± 11.643	41.823 ± 10.129	0.918	0.989	0.937
4. ความหนาของพังผืดฝ่าเท้า (mm)	4.424 ± 0.319	4.338 ± 0.283	4.409 ± 0.255	4.359 ± 0.265	0.052	0.597	0.969

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ในระยะเวลาที่เข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยประกอบด้วย น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์ และความหนาของพังผืดฝ่าเท้า พบว่า

1. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์สำหรับน้ำหนัก หรือเวลาที่ทดสอบไม่ส่งผลต่อน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 1.237, P = 0.274$ ) และไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อน้ำหนัก ( $F(1,33) = 0.2617, P = 0.613$ )
2. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์สำหรับดัชนีมวลกาย หรือเวลาที่ทดสอบไม่ส่งผลต่อดัชนีมวลกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 2.785, P = 0.105$ ) และไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อดัชนีมวลกาย ( $F(1,33) = 0.2418, P = 0.129$ )
3. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์สำหรับระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์ หรือเวลาที่ทดสอบไม่ส่งผลต่อระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 0.011, P = 0.918$ ) และไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์ ( $F(1,33) = 0.002, P = 0.989$ )

4. ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างก่อนและหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์สำหรับความหนาของพังผืดฝ่าเท้า หรือเวลาที่ทดสอบไม่ส่งผลต่อความหนาของพังผืดฝ่าเท้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.019, P = 0.052$ ) และไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อความหนาของพังผืดฝ่าเท้า ( $F(1,33) = 0.285, P = 0.597$ )

จากผลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าข้อมูลคุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ระยะทางในการซ้อมวิ่งต่อสัปดาห์ และความหนาของพังผืดฝ่าเท้ามีความเป็นเอกพันธ์ (Homogeneity)

#### 4. ข้อมูลการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัย (Adherence rate)

ตารางที่ 12 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE (N = 18)	กลุ่ม IERC (N = 17)	t	df	P-value
อัตราการเข้าร่วม (%)	95.370 ± 4.928	94.118 ± 4.672	0.771	33	0.446

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอัตราการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน วันละ 2 ครั้ง (เช้าและเย็น) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(33) = 0.771, P = 0.446$ ) ระหว่างกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC โดยที่กลุ่ม SFE มีอัตราการเข้าร่วมเท่ากับ 95.370 ± 4.928 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่ม IERC มีอัตราการเข้าร่วมเท่ากับ 94.118 ± 4.672 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 12 ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีอัตราการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น สามารถวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติตัวแปรตามทีเวลา Posttest ได้ และมีความเป็นไปได้ว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นผลมาจากผลของโปรแกรมการออกกำลังกาย

ตอนที่ 2 ข้อมูลทางคินเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง  
ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า

1 ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง

ตารางที่ 13 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinematic ของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1.LA angle (degree)	12.709 ± 2.37	10.962 ± 1.508**	12.792 ± 2.152	12.055 ± 1.499	< 0.001*	0.114	0.311
2.Rearfoot eversion/inversion (degree)	12.515 ± 2.591	9.986 ± 4.111**	11.746 ± 3.128	10.662 ± 3.383	0.006*	0.25	0.961
3.Ankle dorsiflexion/plantar flexion (degree)	-20.98 ± 6.736	-17.982 ± 6.593	-21.77 ± 3.572	-21.981 ± 5.129	0.194	0.137	0.147
4.Knee abduction/adduction (degree)	9.944 ± 5.273	7.601 ± 3.959	10.455 ± 2.466	10.506 ± 3.847	0.077	0.066	0.168
5.Knee flexion/extension (degree)	-19.881 ± 4.611	-18.722 ± 5.558	-19.729 ± 4.266	-19.682 ± 4.681	0.148	0.182	0.799
6.Hip abduction/adduction (degree)	-4.574 ± 1.748	-2.898 ± 2**	-4.577 ± 2.801	-4.476 ± 2.543	0.029*	0.052	0.249
7.Hip flexion/extension (degree)	-14.348 ± 4.015	-12.831 ± 3.578	-14.965 ± 4.305	-14.626 ± 4.289	0.173	0.384	0.321
8.Pelvic upward/downward rotation (degree)	4.018 ± 1.805	2.901 ± 1.901**	5.075 ± 2.611	5.01 ± 2.713	0.067	0.101	0.032*

\* มีสำคัญทางสถิติ สำหรับ Main Effect หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

- ค่าบวก (+) สำหรับมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง หมายถึง มุม Rearfoot eversion มุม Ankle plantar flexion มุม Knee abduction มุม Knee Extension มุม Hip abduction มุม Hip extension มุม Pelvic upward rotation ขณะที่ค่าลบ (-) หมายถึงมุมในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าบวก



ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinematics ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า ซึ่งแสดงในตารางที่ 13 พบว่า

### 1. มุมของอุ้งเท้า

#### 1.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อมุมของอุ้งเท้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 15.982, P < 0.001, \text{Partial Eta Squared} = 0.326$ ) คือ มุมของอุ้งเท้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อมุมของอุ้งเท้า ( $F(1,33) = 2.641, P = 0.114$ )

#### 1.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่ามุมของอุ้งเท้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = 3.922, P = 0.001$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $10.962 \pm 1.508$  องศา) และที่เวลา Pretest ( $12.709 \pm 2.37$  องศา) โดยพบว่าที่เวลา Posttest มุมของอุ้งเท้ามีค่าน้อยกว่าที่เวลา Pretest

### 2. มุม Rearfoot eversion

#### 2.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อมุม Rearfoot eversion อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 8.577, P = 0.006, \text{Partial Eta Squared} = 0.206$ ) คือมุม Rearfoot eversion มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อมุม Rearfoot eversion ( $F(1,33) = 1.372, P = 0.25$ )

#### 2.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่ามุม Rearfoot eversion มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = 2.224, P = 0.04$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $9.986 \pm 4.111$  องศา) และที่เวลา Pretest ( $12.515 \pm 2.591$  องศา) โดยพบว่าที่เวลา Posttest มุมของอุ้งเท้ามีค่าน้อยกว่าที่เวลา Pretest

### 3. มุม Hip adduction

#### 3.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อมุม Hip adduction อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 5.194, P = 0.029, \text{Partial Eta Squared} = 0.136$ ) คือมุม Hip adduction มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อมุม Hip adduction ( $F(1,33) = 4.079, P = 0.052$ )

### 3.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่ามุม Hip adduction มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.647, P = 0.017$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $2.898 \pm 2$  องศา) และที่เวลา Pretest ( $4.574 \pm 1.748$  องศา) โดยพบว่าที่เวลา Posttest มุมของอุ้งเท้ามีค่าน้อยกว่าที่เวลา Pretest

## 4. มุม Pelvic upward rotation

### 4.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

กลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC ส่งผลต่อมุม Pelvic upward rotation อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 5.032, P = 0.032, \text{Partial Eta Squared} = 0.132$ ) คือ มุม Pelvic upward rotation มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่กลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อมุม Pelvic upward rotation ( $F(1,33) = 2.844, P = 0.101$ )

### 4.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

ที่เวลา Posttest ค่ามุม Pelvic upward rotation มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(37) = -2.676, P = 0.011$ ) ระหว่างกลุ่ม SFE ( $2.901 \pm 1.901$  องศา) และกลุ่ม IERC ( $5.01 \pm 2.713$  องศา) โดยพบว่ากลุ่ม SFE มีมุม Pelvic upward rotation ที่น้อยกว่ากลุ่ม IERC

## 2. ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง

ตารางที่ 14 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinetics ของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1.LA stiffness (N/cm·kg)	1572.121 ± 567.413	1714.757 ± 512.389**	1576.467 ± 468.885	1593.894 ± 439.736	0.015*	0.053	0.729
2.Impulse (N·s/kg)	2.21 ± 0.227	2.148 ± 0.244	2.225 ± 0.2157	2.203 ± 0.189	0.173	0.510	0.608

\* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Kinetics ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งด้วยเท้าเปล่า ดังตารางที่ 14 จากผลการทดสอบภาพรวม (Overall test) พบว่าเวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อค่า LA stiffness อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 6.556, P = 0.015, \text{Partial Eta Squared} = 0.166$ ) คือค่า LA stiffness มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า LA stiffness ( $F(1,33) = 4.012, P = 0.053$ ) และจากผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison) พบว่ากลุ่ม SFE มีค่ามุม LA stiffness มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.654, P = 0.017$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $1714.757 \pm 512.389 \text{ N/cm}\cdot\text{kg}$ ) และที่เวลา Pretest ( $1572.121 \pm 567.413 \text{ N/cm}\cdot\text{kg}$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าที่เวลา Posttest ค่า LA stiffness มีแนวโน้มมากกว่าที่เวลา Pretest

ตอนที่ 3 ข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase ขณะวิ่งเท้าเปล่า

**ตารางที่ 15** แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Percent of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1. กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius							
- ในช่วง Terminal swing (%)	20.911 ± 8.301	25.734 ± 13.705	22.911 ± 10.283	23.897 ± 9.688	0.084	0.247	0.98
- ในช่วง Initial stance (%)	31.881 ± 9.097	40.968 ± 13.442**	31.649 ± 10.209	32.745 ± 8.14	0.013*	0.047*	0.162
2. กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius							
- ในช่วง Terminal swing (%)	11.057 ± 6.388	14.118 ± 8.153	10.377 ± 5.035	12.232 ± 5.738	0.052	0.625	0.484
- ในช่วง Initial stance (%)	24.199 ± 8.732	28.788 ± 11.317**	25.144 ± 9.612	26.260 ± 8.725	0.002*	0.049*	0.804
3. กล้ามเนื้อ Medial hamstring							
- ในช่วง Terminal swing (%)	27.575 ± 9.199	30.408 ± 8.861	29.316 ± 10.288	29.994 ± 11.196	0.074	0.265	0.838
- ในช่วง Initial stance (%)	21.734 ± 8.661	25.091 ± 12.127	23.148 ± 5.907	23.942 ± 9.289	0.192	0.417	0.962
4. กล้ามเนื้อ Lateral hamstring							
- ในช่วง Terminal swing (%)	21.874 ± 5.734	26.3 ± 10.507	23.315 ± 9.348	22.034 ± 9.432	0.272	0.051	0.6
- ในช่วง Initial stance (%)	23.609 ± 7.1	28.115 ± 11.303	23.360 ± 12.517	23.299 ± 11.84	0.12	0.111	0.469
5. กล้ามเนื้อ Gluteus maximus							
- ในช่วง Terminal swing (%)	10.165 ± 4.823	12.669 ± 6.861	8.826 ± 7.474	8.955 ± 6.019	0.097	0.133	0.217
- ในช่วง Initial stance (%)	14.875 ± 6.479	19.314 ± 11.726	16.229 ± 7.127	15.79 ± 6.68	0.06	0.054	0.682
6. กล้ามเนื้อ Gluteus medius							
- ในช่วง Terminal swing (%)	11.527 ± 7.311	18.001 ± 10.229**	11.095 ± 6.021	12.013 ± 5.96	0.003*	0.02*	0.175
- ในช่วง Initial stance (%)	19.451 ± 9.058	27.49 ± 10.99**	21.523 ± 7.155	20.393 ± 8.208	0.045*	0.009*	0.332
7. กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae							
- ในช่วง Terminal swing (%)	9.923 ± 5.313	14.927 ± 4.937**	9.384 ± 6.473	10.355 ± 5.218	0.001*	0.017*	0.138
- ในช่วง Initial stance (%)	21.44 ± 11.67	24.307 ± 13.007	22.171 ± 11.806	22.872 ± 9.293	0.428	0.63	0.913

\* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Percent of muscle activation ซึ่งแสดงในตารางที่ 15 พบว่า

1. กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase

1.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อ Percent of medial gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 6.91, P = 0.013, \text{Partial Eta Squared} = 0.173$ ) คือ Percent of medial gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อ Percent of medial gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase ( $F(1,33) = 4.255, P = 0.047, \text{Partial Eta Squared} = 0.114$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

### 1.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Percent of medial gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.705, P = 0.015$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $40.968 \pm 13.442$  เปอร์เซ็นต์) และที่เวลา Pretest ( $31.881 \pm 9.097$  เปอร์เซ็นต์) โดยที่เวลา Posttest ค่า Percent of medial gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มากกว่าที่เวลา Pretest

## 2. กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase

### 2.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อ Percent of lateral gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 11.276, P = 0.002, \text{Partial Eta Squared} = 0.255$ ) คือ Percent of lateral gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อ Percent of lateral gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase ( $F(1,33) = 4.181, P = 0.049, \text{Partial Eta Squared} = 0.112$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

### 2.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Percent of lateral gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -3.565, P = 0.002$ ) ระหว่างที่

เวลา Posttest ( $28.788 \pm 11.317$  เปอร์เซ็นต์) และที่เวลา Pretest ( $24.199 \pm 8.732$  เปอร์เซ็นต์) โดยที่เวลา Posttest ค่า Percent of lateral gastrocnemius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มากกว่าที่เวลา Pretest

### 3. กล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Terminal swing phase

#### 3.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อ Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Terminal swing phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 10.592, P = 0.003, \text{Partial Eta Squared} = 0.243$ ) คือ Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Terminal swing phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อ Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Terminal swing phase ( $F(1,33) = 5.984, P = 0.02, \text{Partial Eta Squared} = 0.154$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

#### 3.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Terminal swing phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -3.808, P = 0.001$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $18.001 \pm 10.229$  เปอร์เซ็นต์) และที่เวลา Pretest ( $11.527 \pm 7.311$  เปอร์เซ็นต์) โดยที่เวลา Posttest ค่า Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Terminal swing phase มากกว่าที่เวลา Pretest

### 4. กล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Initial stance phase

#### 4.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อ Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Initial stance phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.343, P = 0.045, \text{Partial Eta Squared} = 0.116$ ) คือ Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อ Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Initial stance phase ( $F(1,33) = 7.649, P = 0.009, \text{Partial Eta Squared} = 0.188$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

#### 4.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -3.408, P = 0.003$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $27.49 \pm 10.99$  เปอร์เซ็นต์) และที่เวลา Pretest ( $19.451 \pm 9.058$  เปอร์เซ็นต์) โดยที่เวลา Posttest ค่า Percent of Gluteus medius muscle activation ในช่วง Initial stance phase มากกว่าที่เวลา Pretest

#### 5. กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในช่วง Terminal swing phase

##### 5.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อ Percent of Tensor fascia latae muscle activation ในช่วง Terminal swing phase อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 13.796, P = 0.001, \text{Partial Eta Squared} = 0.295$ ) คือ Percent of Tensor fascia latae muscle activation ในช่วง Terminal swing phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบ และกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อ Percent of Tensor fascia latae muscle activation ในช่วง Terminal swing phase ( $F(1,33) = 6.287, P = 0.017, \text{Partial Eta Squared} = 0.16$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

##### 5.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Percent of Tensor fascia latae muscle activation ในช่วง Terminal swing phase มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(37) = -3.986, P = 0.001$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $14.927 \pm 4.937$  เปอร์เซ็นต์) และที่เวลา Pretest ( $9.923 \pm 5.313$  เปอร์เซ็นต์) โดยที่เวลา Posttest ค่า Percent of Tensor fascia latae muscle activation ในช่วง Terminal swing phase มากกว่าที่เวลา Pretest

#### ตอนที่ 4 ข้อมูลเวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation) ขณะวิ่งเท้าเปล่า

ตารางที่ 16 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1. กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius							
- Onset time (s)	0.153 ± 0.12	0.174 ± 0.083	0.157 ± 0.092	0.169 ± 0.035	0.403	0.825	0.996
- Offset time (s)	0.186 ± 0.089	0.245 ± 0.095**	0.185 ± 0.09	0.197 ± 0.044	0.045*	0.171	0.277
- Duration (s)	0.336 ± 0.18	0.396 ± 0.14	0.333 ± 0.151	0.362 ± 0.143	0.049*	0.494	0.694
2. กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius							
- Onset time (s)	0.112 ± 0.044	0.158 ± 0.103	0.122 ± 0.075	0.138 ± 0.066	0.063	0.357	0.809
- Offset time (s)	0.176 ± 0.066	0.213 ± 0.092	0.178 ± 0.186	0.19 ± 0.064	0.369	0.631	0.707
- Duration (s)	0.269 ± 0.11	0.314 ± 0.056	0.27 ± 0.147	0.282 ± 0.089	0.243	0.496	0.556
3. กล้ามเนื้อ Medial hamstring							
- Onset time (s)	0.138 ± 0.093	0.15 ± 0.113	0.141 ± 0.063	0.141 ± 0.076	0.721	0.689	0.91
- Offset time (s)	0.137 ± 0.055	0.172 ± 0.109	0.148 ± 0.082	0.149 ± 0.067	0.38	0.404	0.753
- Duration (s)	0.273 ± 0.074	0.312 ± 0.152	0.305 ± 0.25	0.302 ± 0.115	0.664	0.613	0.768
4. กล้ามเนื้อ Lateral hamstring							
- Onset time (s)	0.151 ± 0.069	0.172 ± 0.097	0.143 ± 0.055	0.149 ± 0.064	0.524	0.733	0.26
- Offset time (s)	0.17 ± 0.078	0.188 ± 0.078	0.172 ± 0.092	0.174 ± 0.087	0.563	0.677	0.795
- Duration (s)	0.329 ± 0.119	0.349 ± 0.163	0.325 ± 0.131	0.326 ± 0.219	0.744	0.766	0.753
5. กล้ามเนื้อ Gluteus maximus							
- Onset time (s)	0.078 ± 0.103	0.097 ± 0.133	0.053 ± 0.053	0.058 ± 0.057	0.407	0.627	0.264
- Offset time (s)	0.095 ± 0.084	0.122 ± 0.01	0.097 ± 0.065	0.094 ± 0.056	0.483	0.403	0.534
- Duration (s)	0.154 ± 0.081	0.187 ± 0.09	0.151 ± 0.066	0.151 ± 0.043	0.078	0.063	0.413

- \* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

- \*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05



**ตารางที่ 16 (ต่อ) แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อ**  
**ทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม**  
**IERC**

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
6.กล้ามเนื้อ Gluteus medius							
- Onset time (s)	0.05 ± 0.033	0.084 ± 0.045**	0.048 ± 0.05	0.052 ± 0.04	0.028*	0.079	0.157
- Offset time (s)	0.084 ± 0.157	0.128 ± 0.128**	0.083 ± 0.051	0.082 ± 0.042	0.045*	0.036*	0.499
- Duration (s)	0.151 ± 0.067	0.186 ± 0.047	0.152 ± 0.063	0.165 ± 0.044	0.046*	0.37	0.512
7.กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae							
- Onset time (s)	0.054 ± 0.0486	0.078 ± 0.0417**	0.057 ± 0.035	0.061 ± 0.031	0.03*	0.104	0.588
- Offset time (s)	0.106 ± 0.053	0.136 ± 0.065	0.111 ± 0.081	0.098 ± 0.048	0.422	0.054	0.377
- Duration (s)	0.158 ± 0.077	0.199 ± 0.086**	0.167 ± 0.101	0.17 ± 0.079	0.029*	0.052	0.716

\* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of muscle activation ของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่า

1. ค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius

1.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.356, P = 0.045, \text{Partial Eta Squared} = 0.117$ ) คือ ค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ( $F(1,33) = 1.954, P = 0.171$ )

1.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.384, P = 0.029$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.245 \pm 0.095$ )

วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.186 \pm 0.089$  วินาที) โดยที่เวลา Posttest ค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ช้ากว่าที่เวลา Pretest

## 2. ค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius

### 2.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำกรทดสอบส่งผลต่อค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.195, P = 0.049, \text{Partial Eta Squared} = 0.113$ ) คือค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ( $F(1,33) = 0.478, P = 0.494$ )

### 2.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -1.945, P = 0.068$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.396 \pm 0.14$  วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.336 \pm 0.18$  วินาที) อย่างไรก็ตาม พบว่าที่เวลา Posttest ค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius นานกว่าที่เวลา Pretest

## 3. ค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius

### 3.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำกรทดสอบส่งผลต่อค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 5.282, P = 0.028, \text{Partial Eta Squared} = 0.138$ ) คือค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ( $F(1,33) = 3.292, P = 0.079$ )

### 3.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -3.007, P = 0.008$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.084 \pm 0.045$  วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.05 \pm 0.033$  วินาที) โดยที่เวลา Posttest ค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius เร็วกว่าที่เวลา Pretest

## 4. ค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius

#### 4.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.326, P = 0.045, \text{Partial Eta Squared} = 0.116$ ) คือค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ( $F(1,33) = 4.783, P = 0.036, \text{Partial Eta Squared} = 0.127$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

#### 4.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.605, P = 0.019$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.128 \pm 0.128$  วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.084 \pm 0.157$  วินาที) โดยที่เวลา Posttest ค่า Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ช้ากว่าที่เวลา Pretest

### 5. ค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius

#### 5.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.311, P = 0.046, \text{Partial Eta Squared} = 0.116$ ) คือค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ( $F(1,33) = 0.825, P = 0.37$ )

#### 5.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.02, P = 0.059$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.186 \pm 0.047$  วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.151 \pm 0.067$  วินาที) อย่างไรก็ตาม พบว่าที่เวลา Posttest ค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius นานกว่าที่เวลา Pretest

### 6. ค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

#### 6.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 5.169, P = 0.03, \text{Partial Eta Squared} = 0.135$ ) คือค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ( $F(1,33) = 2.802, P = 0.104$ )

#### 6.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.896, P = 0.01$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.078 \pm 0.0417$  วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.054 \pm 0.048$  วินาที) โดยที่เวลา Posttest ค่า Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae เร็วกว่าที่เวลา Pretest

### 7. ค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

#### 7.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 5.24, P = 0.029, \text{Partial Eta Squared} = 0.137$ ) คือค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ( $F(1,33) = 4.077, P = 0.052$ )

#### 7.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.501, P = 0.023$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $0.199 \pm 0.086$  วินาที) และที่เวลา Pretest ( $0.158 \pm 0.077$  วินาที) โดยที่เวลา Posttest ค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae นานกว่าที่เวลา Pretest

## ตอนที่ 5 ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1

ตารางที่ 17 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1 ของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1.ขนาดกล้ามเนื้อ AH (mm <sup>2</sup> /kg)	3.915 ± 0.58	4.082 ± 0.564**	3.899 ± 0.396	3.967 ± 0.375**	<0.001*	0.018*	0.694
2.ขนาดกล้ามเนื้อ FDB (mm <sup>2</sup> /kg)	3.815 ± 0.385	3.913 ± 0.389	3.788 ± 0.355	3.869 ± 0.308	0.046*	0.843	0.757
3.ขนาดกล้ามเนื้อ ADM (mm <sup>2</sup> /kg)	1.618 ± 0.196	1.689 ± 0.205**	1.594 ± 0.237	1.621 ± 0.192	0.041*	0.349	0.49

\* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในรูปแบบของพื้นที่หน้าตัด (Cross-sectional area) ของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ในหน่วย mm<sup>2</sup>/kg ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่า

### 1. ขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis (AH)

#### 1.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 33.871, P < 0.001, \text{Partial Eta Squared} = 0.507$ ) คือขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ( $F(1,33) = 6.195, P = 0.018, \text{Partial Eta Squared} = 0.158$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

#### 1.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -5.644, P < 0.001$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $4.082 \pm 0.564 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) และที่

เวลา Pretest ( $3.815 \pm 0.385 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) โดยที่เวลา Posttest ขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มากกว่าที่เวลา Pretest

ขณะที่กลุ่ม IERC มีขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.479, P = 0.025$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $3.967 \pm 0.375 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) และที่เวลา Pretest ( $3.899 \pm 0.396 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) โดยที่เวลา Posttest ขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest

จากค่า Mean  $\pm$  SD แสดงให้เห็นว่าผลต่างของ Posttest และ Pretest ในกลุ่ม SFE มีค่ามากกว่ากลุ่ม IERC คือกลุ่ม SFE มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่มากกว่ากลุ่ม IERC

## 2. ขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis (FDB)

### 2.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำกรทดสอบส่งผลต่อขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.294, P = 0.046, \text{Partial Eta Squared} = 0.115$ ) คือขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบ และกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis ( $F(1,33) = 0.04, P = 0.843$ )

### 2.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -1.227, P = 0.236$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $3.913 \pm 0.389 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) และที่เวลา Pretest ( $3.815 \pm 0.385 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) โดยที่เวลา Posttest ขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest

## 3. ขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi (ADM)

### 3.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำกรทดสอบส่งผลต่อขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.52, P = 0.041, \text{Partial Eta Squared} = 0.12$ ) คือขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบ

และกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi ( $F(1,33) = 0.903, P = 0.349$ )

### 3.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.539, P = 0.021$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $1.689 \pm 0.205 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) และที่เวลา Pretest ( $1.618 \pm 0.196 \text{ mm}^2/\text{kg}$ ) โดยที่เวลา Posttest ขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest

## ตอนที่ 6 ข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก

ตารางที่ 18 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor (N-m/kg)	1.554 ± 0.353	1.813 ± 0.604**	1.57 ± 0.329	1.583 ± 0.287	0.033*	0.053	0.403
2.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor (N-m/kg)	1.676 ± 0.347	1.835 ± 0.599	1.658 ± 0.284	1.704 ± 0.276	0.06	0.293	0.556
3.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip flexor (N-m/kg)	2.428 ± 0.474	2.632 ± 0.869	2.423 ± 0.492	2.470 ± 0.479	0.079	0.267	0.67
4.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor (N-m/kg)	2.120 ± 0.316	2.327 ± 0.733	2.115 ± 0.339	2.168 ± 0.237	0.048*	0.233	0.562
5.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip internal rotator (N-m/kg)	0.979 ± 0.19	1.094 ± 0.254	1.059 ± 0.13	1.058 ± 0.142	0.057	0.055	0.696
6.กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator (N-m/kg)	1.039 ± 0.221	1.146 ± 0.324	1.06 ± 0.111	1.049 ± 0.13	0.108	0.051	0.574

\* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก โดยใช้ค่า Hip muscle peak torque ในหน่วย N-m/kg ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่า

1. กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor

### 1.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.935, P = 0.033, \text{Partial Eta Squared} = 0.13$ ) คือความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ( $F(1,33) = 4.033, P = 0.53$ )

### 1.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -2.277, P = 0.036$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $1.813 \pm 0.604 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ) และที่เวลา Pretest ( $1.554 \pm 0.353 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ) โดยที่เวลา Posttest ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest

## 2. ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor

### 2.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำการทดสอบส่งผลต่อความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 4.223, P = 0.048, \text{Partial Eta Squared} = 0.113$ ) คือความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ( $F(1,33) = 1.473, P = 0.233$ )

### 2.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -1.77, P = 0.095$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $2.327 \pm 0.733 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ) และที่เวลา Pretest ( $2.120 \pm 0.316 \text{ N}\cdot\text{m}/\text{kg}$ ) อย่างไรก็ตาม พบว่าที่เวลา Posttest ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest



## ตอนที่ 7 ข้อมูลระดับความรู้สึกปวด

ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้สึกปวดของผู้เข้าร่วมวิจัยในกลุ่ม SFE และกลุ่ม IERC

ตัวแปร (Variables)	กลุ่ม SFE		กลุ่ม IERC		P-value		
	Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Time	Interaction	Group
1.คะแนน FFI (score)	36.722 ± 26.029	27.722 ± 17.204**	32.882 ± 16.907	26 ± 14.027**	<0.001*	0.52	0.661
2.ระดับ PPT (kg/cm <sup>2</sup> )	7.309 ± 1.023	9.018 ± 1.399**	7.514 ± 1.047	8.537 ± 0.958**	<0.001*	0.015*	0.7

\* มีอิทธิพล (Effect) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของอิทธิพลหลัก (Main effect) หรือปฏิสัมพันธ์ (Interaction effect) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการเปรียบเทียบรายคู่ ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความรู้สึกปวด ประกอบด้วยคะแนน FFI และระดับ PPT ดังแสดงในตารางที่ 19 พบว่า

### 1. คะแนน FFI

#### 1.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำกรทดสอบส่งผลต่อคะแนน FFI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 23.832, P < 0.001$ , Partial Eta Squared = 0.419) คือคะแนน FFI มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest แต่ไม่มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อคะแนน FFI ( $F(1,33) = 0.424, P = 0.52$ )

#### 1.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีคะแนน FFI มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = 3.533, P = 0.003$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest (27.722 ± 17.204 คะแนน) และที่เวลา Pretest (36.722 ± 26.029 คะแนน) โดยที่เวลา Posttest คะแนน FFI มีค่าน้อยกว่าที่เวลา Pretest

ขณะที่กลุ่ม IERC คะแนน FFI มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = 3.474, P = 0.003$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest (26 ± 14.027 คะแนน) และที่เวลา Pretest (32.882 ± 16.907 คะแนน) โดยที่เวลา Posttest คะแนน FFI มีค่าน้อยกว่าที่เวลา Pretest

อย่างไรก็ตาม จากค่า Mean  $\pm$  SD แสดงให้เห็นว่าผลต่างของ Posttest และ Pretest ในกลุ่ม SFE มีค่ามากกว่ากลุ่ม IERC คือกลุ่ม SFE มีการเปลี่ยนของคะแนน FFI ที่มากกว่ากลุ่ม IERC

## 2. ระดับ PPT

### 2.1 ผลการทดสอบภาพรวม (Overall test)

เวลาที่ทำกรทดสอบส่งผลต่อระดับ PPT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $F(1,33) = 105.348, P < 0.001, \text{Partial Eta Squared} = 0.716$ ) คือระดับ PPT มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างที่เวลา Posttest และที่เวลา Pretest และมีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเวลาที่ทดสอบและกลุ่มของผู้เข้าร่วมวิจัยต่อระดับ PPT ( $F(1,33) = 6.65, P = 0.015, \text{Partial Eta Squared} = 0.168$ ) แต่เมื่อพิจารณาจากกราฟ Estimated marginal means พบว่าที่เวลา Posttest และ Pretest ไม่มีความสัมพันธ์กัน

### 2.2 ผลการทดสอบรายคู่ (Multiple comparison)

กลุ่ม SFE มีคะแนน FFI มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -8.528, P < 0.001$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $9.018 \pm 1.399 \text{ kg/cm}^2$ ) และที่เวลา Pretest ( $7.309 \pm 1.023 \text{ kg/cm}^2$ ) โดยที่เวลา Posttest ระดับ PPT มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest

ขณะที่กลุ่ม IERC คะแนน FFI มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $t(17) = -5.909, P < 0.001$ ) ระหว่างที่เวลา Posttest ( $8.537 \pm 0.958 \text{ kg/cm}^2$ ) และที่เวลา Pretest ( $7.514 \pm 1.047 \text{ kg/cm}^2$ ) โดยที่เวลา Posttest ระดับ PPT มีค่ามากกว่าที่เวลา Pretest

อย่างไรก็ตาม จากค่า Mean  $\pm$  SD แสดงให้เห็นว่าผลต่างของ Posttest และ Pretest ในกลุ่ม SFE มีค่ามากกว่ากลุ่ม IERC คือกลุ่ม SFE มีการเปลี่ยนของระดับ PPT ที่มากกว่ากลุ่ม IERC

## บทที่ 5

### การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 2 การศึกษา โดยที่การศึกษาที่ 1 เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) รูปแบบการสังเกตเชิงวิเคราะห์ (Observational analytic design) ในนักวิ่งระยะไกลเพศชายที่มีอายุ 21 – 59 ปี ซึ่งมีประสบการณ์วิ่งมาแล้วอย่างน้อย 1 ปี และมีการซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์เป็นประจำ สำหรับศึกษานี้ เป็นการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบข้อมูล Kinematic และ Kinetic ของรยางค์ล่าง การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของสะโพก และรยางค์ล่าง และเวลาที่กล้ามเนื้อเหล่านี้ใช้ในการทำงานขณะวิ่ง ระหว่างนักวิ่งระยะไกลกลุ่มที่เป็นโรคข้ออักเสบและนักวิ่งระยะไกลกลุ่มที่ไม่เป็นโรคข้ออักเสบ นอกจากนี้ยังมีการศึกษารวมไปถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวดของนักวิ่งระยะไกลทั้ง 2 กลุ่ม

สำหรับการศึกษาที่ 2 เป็นการวิจัยเชิงทดลองในรูปแบบ Randomized pretest-posttest comparison group design ที่ศึกษาผลหลังจากการได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์เปรียบเทียบกับก่อนได้รับโปรแกรมการออกกำลังกาย ของทั้งการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise: SFE) และการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (Intrinsic foot muscle exercise-related calf muscle: IERC) รวมทั้งเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกายทั้ง 2 โปรแกรมหลังออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ต่อข้อมูล Kinematics และ Kinetics ของรยางค์ล่าง การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง และเวลาที่กล้ามเนื้อเหล่านี้ใช้ในการทำงานขณะวิ่ง ในนักวิ่งระยะไกลกลุ่มที่เป็นโรคข้ออักเสบ รวมถึงมีการศึกษาขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด จากการได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายทั้ง 2 โปรแกรมในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบ

## การศึกษาที่ 1

### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาที่ 1 สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ข้อมูล Kinematics พบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีมุมของอุ้งเท้า มุม Rearfoot eversion มุม Knee abduction มุม Hip adduction มุม Hip flexion และมุม Pelvic upward rotation ในหน่วยองศา ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย
2. ข้อมูล Kinetics พบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีความสามารถในการคงรูปของเท้า ในหน่วย N/cm<sup>2</sup> และ Impulse ในหน่วย BW\*s ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย
3. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Terminal stance phase และกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในช่วง Terminal swing phase ในหน่วยเปอร์เซ็นต์ ระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายและไม่เป็นโรครองซ้าย
4. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายและไม่เป็นโรครองซ้าย สำหรับค่า Offset time และ Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial hamstring ค่า Onset time และ Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และค่า Onset time ค่า Offset time และ Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในหน่วยวินาที
5. นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ในหน่วย mm<sup>2</sup>/kg ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย
6. นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ในหน่วย N·m/kg แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย
7. มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายและไม่เป็นโรครองซ้าย ของข้อมูลระดับความรู้สึกปวด สำหรับค่า FFI ในระดับการวัดความรู้สึกปวดในหน่วยคะแนน และระดับ PPT ในหน่วย kg/cm<sup>2</sup>

โดยที่ผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการศึกษาไว้ในหัวข้อของการอภิปรายผลสำหรับการศึกษาที่ 1

## การอภิปรายผล

ผลการศึกษาสำหรับการศึกษาที่ 1 พบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีคุณลักษณะหลายประการที่แตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี ประกอบด้วย Kinematic pattern ของรยางค์ล่าง ปัจจัยทาง Kinetics ของเท้า รูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพก และรยางค์ล่าง รวมไปถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด ซึ่งคุณลักษณะเหล่านี้สามารถยืนยันสมมติฐานหลักและสมมติฐานรองของการศึกษาที่ 1 ได้ โดยผลการศึกษาเหล่านี้สามารถอธิบายได้ดังนี้

### 1. ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง

#### 1.1 ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง

ผลการศึกษานี้ พบว่าในครั้งแรกของช่วง Stance phase นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมี Kinematic pattern ของขาข้างที่เป็นโรครองข้อมีแตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี ทั้งมุมการเคลื่อนไหวของเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และกระดูกเชิงกราน โดยที่นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีมุมของข้อเข่า มุม Rearfoot eversion มุม Knee abduction มุม Hip adduction มุม Hip flexion และมุม Pelvic upward rotation ที่มีค่ามากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี

จากความรู้ทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในขณะวิ่ง ในช่วง Initial stance phase สันเท้าในส่วนของกระดูก Calcaneus ทางด้านนอกเป็นส่วนแรกที่เริ่มต้นสัมผัสพื้นทำให้เกิดการบิดหมุนกระดูก calcaneus เข้าทางด้านใน (Calcaneal inversion) ซึ่งเกิดขึ้นเพียงชั่วขณะ โดย Calcaneal inversion นี้เป็นผลมาจากช่วง Mid swing phase ที่มีการหมุนออกทางด้านนอก (External rotation) ของรยางค์ล่าง และมีการเปลี่ยนกลับมาเป็นการหมุนเข้าทางด้านใน (Internal rotation) ของรยางค์ล่างในช่วง Terminal swing phase ปรากฏการณ์นี้เป็นผลให้เกิดการบิดหมุนกระดูก Calcaneus ออกทางด้านนอก (Calcaneal eversion/Rearfoot eversion) ในทันทีทันใดเมื่อมีการถ่ายน้ำหนักลงไปที่เท้า พร้อมกับเกิดการหุบเข้าทางด้านใน (Adduction) และกระดูก (Plantar flexion) ของกระดูก Talus โดยการเคลื่อนไหวดังกล่าวเกิดขึ้นในส่วนข้อต่อใต้กระดูก Talus (Subtalar joint) สำหรับการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นพร้อมกันแต่เกิดในทิศทางตรงข้ามกันของกระดูก Calcaneus และกระดูก Talus นี้ เรียกว่าการบิดคว่ำลง (Pronation) ของกระดูกสันเท้า (Chan CW, 1994; Sheila A. Dugan, 2005)

การเกิด Pronation ในช่วง Initial stance phase ทำให้เกิดการปลดล๊อคกระดูก Calcaneus กับกระดูก Talus ที่บริเวณ Sustentaculum tali เป็นผลต่อเนื่องให้กระดูก Navicular กระดูก Medial cuneiform และกระดูกฝ่าเท้าชิ้นที่ 1 (The 1<sup>st</sup> metatarsal bone) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของอุ้งเท้าตามแนวยาวทางด้านใน (Medial longitudinal arch) ลดต่ำลงปรากฏการณ์นี้ทำให้เกิดการ Loose-packed position ของเท้า ซึ่งเป็นคุณสมบัติความยืดหยุ่นของโครงสร้างของเท้า (Flexible foot) โดยคุณสมบัติดังกล่าวนี้เกิดขึ้นเพื่อเป็นการดูดซับแรงกระแทก (Shock absorption) ในช่วงครึ่งแรกของ Stance phase ทั้งนี้เพื่อให้มีแรงกระทำกลับมาที่เท้าและรยางค์ล่างด้วยแรงที่มีปริมาณน้อยที่สุด (R, 1985; Sheila A. Dugan, 2005)

ขณะที่ฝ่าเท้าสัมผัสกับพื้นในช่วง Initial stance phase ของการวิ่ง ร่างกายยังคงมีการเคลื่อนไหวไปทางด้านหน้า ส่งผลให้ที่ข้อเท้ามีการเพิ่มมุมการกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion) โดยมุม Ankle dorsiflexion ที่เพิ่มขึ้นนี้ เป็นการเคลื่อนที่ของกระดูก Tibia ไปในทิศทางด้านหน้าต่อกระดูก Talus การเคลื่อนไหวในลักษณะค่อยๆ เพิ่มมุม Ankle dorsiflexion นี้ เป็นการช่วยเสริมการเกิด Shock absorption เพื่อช่วยลดแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force: GRF) ที่กระทำต่อรยางค์ล่างขณะลงน้ำหนัก (Chan CW, 1994; R, 1985)

ขณะเดียวกันในช่วง Initial stance phase มุมการงอเข่า (Knee flexion) ก็ค่อยๆ เพิ่มขึ้นเพื่อช่วยในการเกิด Shock absorption แต่เนื่องด้วยในช่วง Terminal swing phase รยางค์ล่างเกิด Internal rotation ต่อเนื่องมาจนถึงช่วง Initial stance phase ทำให้เกิดการบิดหมุนเข้าทางด้านในของกระดูก Tibia (Tibial internal rotation) ร่วมกับการค่อยๆ เกิดการกางออกของข้อเข่า (Knee abduction) จาก Valgus load ในช่วง Terminal swing phase สืบเนื่องมาถึงช่วง Initial stance phase (Sheila A. Dugan, 2005)

ต่อเนื่องขึ้นไปถึงส่วนต้นของรยางค์ล่าง ข้อสะโพกมีมุมการงอข้อสะโพก (Hip flexion) มากขึ้นเมื่อมีการลงน้ำหนักที่เท้าในช่วง Initial stance phase ทั้งนี้เป็นการค่อยๆ เพิ่มมุม Hip flexion มากขึ้นเพื่อช่วยสนับสนุนการเกิด Shock absorption ของรยางค์ล่างเช่นเดียวกันกับที่ข้อเข่า อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยมีแรง Valgus load มากกระทำที่รยางค์ล่างในช่วงตั้งแต่ Terminal swing phase จนถึงช่วง Initial stance phase ร่วมกับร่างกายมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในลักษณะ counter rotation ในขณะวิ่ง โดยมีศูนย์กลางของแรงโน้มถ่วง (Center of gravity: COG) เข้าสู่แนวแกนกลาง (Midline) ทำให้เกิดการบิดหมุนเข้าทางด้านในของข้อสะโพก (Hip internal rotation) ร่วมการหุบเข้าของข้อสะโพก (Hip adduction) จากช่วงลอยตัว (Floating phase) ของช่วง Terminal swing phase ไปสู่ช่วงการลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว (Single support) ในช่วง

Initial stance phase ขณะเดียวกันระดับของกระดูกเชิงกรานทั้งสองฝั่งจะต้องสมมาตรกัน (Symmetrical pelvic level) ขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในลักษณะ counter rotation (Sheila A. Dugan, 2005)

#### - มุมของอุ้งเท้า

ผลการศึกษาของมุมของอุ้งเท้าที่มีค่าน้อยกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยที่มุมของอุ้งเท้ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความสูงของอุ้งเท้าในขณะลงน้ำหนัก ความสูงของอุ้งเท้าที่ต่ำกว่าในขณะลงน้ำหนักหมายถึงโครงสร้างของเท้ามีการเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) ที่มากกว่า โดยการเกิด Deformation ที่มากกว่าขณะมีน้ำหนักลงไปที่เท้า ส่งผลให้เกิด Tension ที่มีปริมาณมากที่พังผืดฝ่าเท้า เป็นผลต่อเนื่องให้มีโอกาสเกิดการบาดเจ็บและการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในการวิ่งระยะไกล โดยผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Irene และคณะในปี 2004 ที่พบว่านักวิ่งที่เป็นโรครองซ้ำมีความสูงของโครงสร้างของอุ้งเท้าที่ต่ำกว่านักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ แต่อย่างไรก็ตามการวัดความสูงของอุ้งเท้าในการศึกษาดังกล่าว เป็นการวัดในขณะยืนนิ่ง (Static measurement) อาจจะไม่สอดคล้องกับความสูงของอุ้งเท้าในขณะวิ่ง ซึ่งเป็นความสูงของอุ้งเท้าขณะมีการเคลื่อนไหว ทั้งนี้ ผลการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงมุมของอุ้งเท้าทางด้านใน (Medial longitudinal arch angle) ซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในขณะเคลื่อนไหว ของ Wearing และคณะในปี 2004 ไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาปัจจุบัน โดยผลการศึกษาดังกล่าวพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างมุมของอุ้งเท้าทางด้านในขณะเดินระหว่างกลุ่มที่เป็นโรครองซ้ำและกลุ่มควบคุมซึ่งเป็นคนที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ (Wearing SC, 2004) อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวได้ทำการศึกษาในคนทั่วไปที่เป็นโรครองซ้ำ ซึ่งต่างจากการศึกษาปัจจุบันที่ทำการศึกษาในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ ยิ่งไปกว่านั้น มุมของอุ้งเท้าซึ่งเป็นตัวแปรที่ใช้อธิบายความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในสำหรับการศึกษาดังกล่าว ถูกเก็บข้อมูลในขณะทดสอบด้วยการเดิน ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาปัจจุบันที่เก็บข้อมูลในขณะทดสอบด้วยการวิ่ง มีความเป็นไปได้ว่าการเก็บข้อมูลหรือการวัดค่ามุมของอุ้งเท้าในขณะทำการเคลื่อนไหวในรูปแบบที่แตกต่างกัน จะนำมาซึ่งผลการศึกษาที่แตกต่าง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Ribeiro และคณะในปี 2015 ในการทดสอบขณะวิ่ง พบว่านักวิ่งที่เป็นโรครองซ้ำมีการปรับตัวชดเชย (Compensation) โดยการลดเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นแต่ละก้าวให้น้อยลง ซึ่งแตกต่างจากการทดสอบในอีกการศึกษาที่ทำการทดสอบในการเดิน พบว่ากลุ่มที่เป็นโรครองซ้ำ มีการ Compensation โดยการกระจายแรงไปที่ส่วนอื่นของเท้าแทนการลดเวลาที่เท้าสัมผัสพื้น โดยลด Maximum force ที่ส้นเท้า (Rearfoot) ซึ่งเป็นบริเวณที่แสดงอาการปวด แต่ไปเพิ่ม Maximum

force ที่ส่วนหน้าของเท้า (Forefoot) แทน (Ribeiro AP, 2015) ดังนั้น จากการทดสอบหรือการเก็บข้อมูลโดยใช้รูปแบบของการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ในที่นี้คือการวิ่งกับการเดิน จะนำมาซึ่งผลการศึกษาที่แตกต่างกันไปด้วย

#### - มุม Rearfoot eversion

ผลการศึกษาในขณะวิ่งเท้าเปล่าในช่วง Initial stance phase ซึ่งเปิดเผยว่าในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีมุม Rearfoot eversion ของเท้าข้างที่เป็นโรครองข้อมากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมากกว่า จากการชีวกลศาสตร์ปกติของการเคลื่อนไหวของเท้าขณะวิ่ง การเกิด Rearfoot eversion เป็นองค์ประกอบหนึ่งของการเกิด Rearfoot pronation ซึ่งส่งผลให้มีความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในลดต่ำลง โดยที่มุม Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติและความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในที่ลดต่ำลงกว่าปกติในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมากกว่าปกติ ส่งผลให้เกิดแรงดึง (Tension) ที่มากเกินไปกว่าปกติที่พังผืดฝ่าเท้า และเมื่อวนซ้ำหลายๆ รอบในการวิ่งระยะไกล จะนำมาซึ่งการอักเสบซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้า ทั้งนี้การเกิด Rearfoot eversion ที่มากเกินไปในขณะลงน้ำหนักย่อมเป็นผลให้มีแรงเครียด (Stress) ในปริมาณที่มากกว่ากระทำที่พังผืดฝ่าเท้า และต่อเนืองด้วยความสูงของอุ้งเท้าลดลงมากกว่าปกติ ซึ่งสะท้อนถึงการเกิด Loose-packed position ของเท้าที่ไม่เหมาะสม กล่าวคือมีการเปลี่ยนรูปร่างของโครงสร้างเท้า (Foot deformation) ที่มากเกินไป โดยการ Deformation ที่มากเกินไปและวนซ้ำๆ ทำให้เกิด Stress และ Tension ในปริมาณมากกว่ากระทำที่พังผืดฝ่าเท้า ในที่สุดทำให้เกิด Microtrauma ที่พังผืดฝ่าเท้าขึ้นซ้ำๆ และร่างกายจะตอบสนองต่อ Microtrauma ดังกล่าวด้วยการเกิดกระบวนการอักเสบขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้า ยิ่งไปกว่านั้น จากการฝึกซ้อมวิ่งระยะไกล 3 ถึง 4 ครั้งต่อสัปดาห์ของนักวิ่งระยะไกลที่เป็นผู้เข้าร่วมวิจัย จะยิ่งเพิ่มโอกาสให้เกิด Microtrauma ซ้ำๆ และไปขัดขวางกระบวนการอักเสบซึ่งเป็นกระบวนการรักษาโรคที่เกิดขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้าที่มีอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เกิดกระบวนการซ่อมแซมที่ไม่สมบูรณ์ (Incompletely healing process) และกลายเป็นภาวะการอักเสบเรื้อรัง นำมาซึ่งพังผืดฝ่าเท้าที่มีการหนาตัวขึ้น ร่วมกับการแสดงอาการที่สำคัญของการอักเสบคือ อาการปวด โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ อาการปวดในก้าวแรกที่ลงน้ำหนักที่เท้า โดยการอักเสบนี้สามารถตรวจประเมินได้ด้วย Diagnostic ultrasound ซึ่งจะพบว่าพังผืดฝ่าเท้าที่มีการอักเสบจะหนาตัวมากกว่า 4 มิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับเกณฑ์ในการใช้วินิจฉัยยืนยันโรครองข้อมาก (Scott C. Wearing, 2006) ที่ใช้เป็นเกณฑ์การคัดเข้าสำหรับการศึกษาปัจจุบันด้วย

สำหรับผลการศึกษาปัจจุบันของ Rearfoot eversion สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Chang และคณะในปี 2014 พบว่าขณะทำการทดสอบด้วยการเดิน คนที่เป็นโรครองข้อมีมุม Rearfoot eversion ในช่วง Stance phase มากกว่าคนที่ไม่เป็นโรครองข้อมาก โดยผู้วิจัยได้อธิบายว่า



การมีมุม Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติขณะลงน้ำหนักของการเดิน แสดงให้เห็นถึงการมี Pronation ของส้นเท้าที่มากกว่าปกติขณะลงน้ำหนัก ทั้งนี้เพราะ Rearfoot eversion เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการเกิด Pronation ของส้นเท้าขณะลงน้ำหนัก ซึ่งประกอบด้วย การเคลื่อนไหวของ Rearfoot (Calcaneal) eversion การเคลื่อนไหวของ Talar adduction และ Plantarflexion โดยการมี Pronation ที่มากกว่าปกติของส้นเท้าขณะที่มีการลงน้ำหนัก ส่งผลให้มี Stress และ Tension ต่อพังผืดฝ่าเท้ามากกว่าปกติ นำไปสู่การบาดเจ็บและมีการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ตามมา (Chang R, 2014)

#### - มุม Knee abduction

สำหรับผลการศึกษาของการเคลื่อนไหวของข้อเข่า แสดงให้เห็นว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรค รองเข่ามีมุม Knee abduction ในช่วง Initial stance phase มากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรค รองเข่า สะท้อนให้เห็นภาพว่านักวิ่งที่เป็นโรค รองเข่ามีมุม Dynamic knee valgus มากกว่านักวิ่งที่ไม่เป็นโรค รองเข่า ซึ่งการเกิดมุม Dynamic knee valgus มากกว่าปกติ แสดงให้เห็นถึงการมีมุม Dynamic Q angle ของข้อเข่าที่มากกว่าปกติ มุมที่มากเกินไปนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิด Tibial internal rotation ที่มากเกินไป และกระตุ้นให้เท้าที่สัมผัสพื้นมีการเกิด Rearfoot eversion มากกว่าปกติ นำมาซึ่งการเกิด Foot pronation ที่มากเกินไป ตามลำดับ ในที่สุดจะทำให้เกิด Stress ต่อพังผืดฝ่าเท้าที่มากกว่าปกติ และวนซ้ำหลายวัฏจักรของ Stance phase ในการวิ่งระยะไกล และเกิด Microtrauma ที่พังผืดฝ่าเท้าซ้ำๆ ตามมา (Reed Ferber, 2009; Sheila A. Dugan, 2005) อย่างไรก็ตาม จากการสืบค้นข้อมูลของผู้วิจัย ยังไม่มีการศึกษาที่ทำการทดลองเพื่อศึกษาถึงการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในแนว Frontal plane (Knee abduction/adduction) ของการวิ่งในคนที่ เป็นโรค รองเข่า แต่จากกลไกการเชื่อมโยงทาง Kinematic ข้างต้น มีความเป็นไปได้สูงว่าการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในทิศทาง Knee abduction ที่ไม่เหมาะสมเป็นกลไกทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวที่อาจเหนี่ยวนำให้เกิดอักเสบซ้ำๆ ของที่พังผืดฝ่าเท้า และนำมาซึ่งการเข้าสู่ภาวะเรื้อรังของโรค รองเข่า

#### - มุม Hip adduction

ในส่วนของผลการศึกษา มุมการเคลื่อนไหวที่ข้อสะโพก ที่เปิดเผยถึงค่ามุม Hip adduction ที่สูงกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรค รองเข่า เปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรค รองเข่า สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎี Kinematic chain ของร่างกายในรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบ Closed kinematic chain คือ ในช่วง Initial stance phase มุม Hip adduction ที่มากกว่าปกติ จะกระตุ้นให้เกิดกระดูกต้นขาหมุนเข้าทางด้านใน (Femur internal rotation) และส่งผลต่อเนื่องให้เกิด Knee abduction ที่มากกว่าปกติ และเหนี่ยวนำให้เกิด Tibial internal rotation ตามด้วยเกิด Rearfoot

eversion ที่มากกว่าปกติ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น ซึ่งในที่สุดก็จะทำให้เกิด Stress ที่มากกว่าปกติ ซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า โดยเหตุผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Milner และคณะในปี 2010 ซึ่งพบว่านักวิ่งระยะไกลที่มีประวัติเป็นโรค Stress fracture ที่กระดูกหน้าแข้งมีมุม Hip adduction และมุม Rearfoot eversion มากกว่านักวิ่งระยะไกลสุขภาพดี จากผลการศึกษาสามารถยืนยันได้ด้วยทฤษฎี Kinematic chain ของรยางค์ล่างที่อธิบายมุม Hip adduction ที่มากขึ้น จะชักนำให้เกิดมุม Rearfoot eversion ที่มากขึ้นด้วย ประเด็นนี้สอดคล้องกับปัจจัยหลักที่ทำให้เกิด Stress ที่มากเกินไปจนกระทั่งพังผืดฝ่าเท้าจนนำมาซึ่งการอักเสบ และเข้าสู่ภาวะเรื้อรังของโรครองช้ำ (Clare E. Milner, 2010)

#### - มุม Hip flexion

สำหรับผลการศึกษาของมุม Hip flexion ที่เปิดเผยว่ากลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมีมุม Hip flexion ขณะ Initial stance phase ที่มากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ผลการศึกษาดังกล่าว มีความเป็นไปได้ว่ามุม Hip flexion ที่มีค่ามากกว่าสำหรับกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำอาจจะเป็นกลวิธีของการวิ่งในการช่วย Shock absorption ที่เท้าขณะลงน้ำหนัก ซึ่งจะเกิดรวมกันกับการเพิ่มมุม Knee flexion เพื่อช่วยลด GRF ที่มากเกินไปที่จะมากระทำต่อโครงสร้างของรยางค์ล่าง ถึงแม้ว่าผลการศึกษาปัจจุบันจะไม่พบนัยสำคัญทางสถิติของ Knee flexion ระหว่างนักวิ่งกลุ่มที่เป็นโรครองช้ำและไม่เป็นโรครองช้ำ แต่หากพิจารณาจากค่า Mean  $\pm$  SD แสดงให้เห็นว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ (20.887  $\pm$  4.627 องศา) มีแนวโน้มมุม Knee flexion ที่สูงกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ (18.355  $\pm$  6.591 องศา) มีความเป็นไปได้ว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ ซึ่งลดประสิทธิภาพในการเกิด Shock absorption ขณะ Initial stance phase จากพยาธิสภาพที่พังผืดฝ่าเท้า จะใช้กลวิธีในการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหวในแนวตั้ง (Vertical displacement) ตลอดทั้งรยางค์ล่าง เพื่อช่วย Shock absorption ในช่วง Braking phase ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Svoboda และคณะในปี 2016 ที่เปิดเผยว่ามีความสัมพันธ์ของการทำงานที่ประสานกันเป็นคู่ของข้อสะโพกและข้อเข่า (Hip-knee coupling) ในแนว Sagittal plane ของการเคลื่อนไหวแบบ Closed kinematic chain ในช่วง initial contact โดยการเกิด Vertical displacement ของศูนย์กลางมวล ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความมั่นคงและลดแรงกระทำที่ข้อต่อของรยางค์ล่าง ในขณะที่ Braking phase ของการวิ่ง (Zdenek Svoboda, 2016)

#### - มุม Pelvic upward rotation

ผลการศึกษาของค่ามุม Pelvic upward rotation ที่มีค่ามากกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ หมายถึงมีการหมุนขึ้นของกระดูกเชิง

กรานของขาข้างที่เป็นโรครองซ้ายขณะ Initial stance phase มากกว่าปกติ หรืออาจกล่าวได้ว่า กระดูกเชิงกรานของขาอีกข้างหนึ่งมีการหมุนลง (Pelvic downward rotation) หรือมีการลดต่ำลงของกระดูกเชิงกรานด้านตรงข้าม (Contralateral pelvic drop) มากกว่าปกติ โดยการลดต่ำลงของกระดูกเชิงกรานด้านตรงข้ามส่งผลให้มีการเลื่อนศูนย์กลางแรงโน้มถ่วง (Center of gravity: COG) และ GRF ที่กระทำต่อรอยเท้าเข้ามาทางด้านในต่อข้อเข่า (Christopher Bramah, 2018) ปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้เกิด Hip internal rotation และ Hip adduction มากขึ้น ซึ่งมุม Hip adduction ที่มากขึ้น จะนำมาซึ่งการเกิดมุม Knee abduction มุม Tibial internal rotation และตามด้วยเกิด Rearfoot eversion มากกว่าปกติ ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น และเมื่อมีการกระตุ้นให้เกิด Rearfoot eversion ที่ไม่เหมาะสมขณะลงน้ำหนัก จะทำให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้าได้ ดังนั้นมุม Pelvic upward rotation ที่มากกว่าปกติ จะส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายผ่านการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติของรอยเท้าในแนว Frontal plane

## 1.2 ข้อมูล Kinetics ของรอยเท้า

ผลการศึกษาข้อมูลทาง Kinetics พบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าและ Impulse แตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย โดยที่กลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าที่น้อยกว่ากลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย ขณะที่ค่า Impulse มีค่ามากกว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้าย เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย

ตามหลักการของชีวกลศาสตร์ปกติของการวิ่ง ในช่วง Initial stance phase แรงจะถูกส่งผ่านขาท่อนล่างไปสู่กระดูก Talus แล้วมีการกระจายแรงไปทางด้านหลังผ่านกระดูก Calcaneus และทางด้านหน้าจะผ่านกระดูก Navicular จากนั้นแรงจะผ่านไปยังกระดูกเท้าชิ้นอื่นๆ โดยแรงที่ถูกส่งผ่านไปทำให้โครงสร้างของเท้าโดยเฉพาะอุ้งเท้าทางด้านในเกิดการปลดปล่อยและค่อยๆ ลดความโค้งของอุ้งเท้าลงเป็นแบนราบ เรียกว่าการเกิด Deformation ของเท้า ในช่วงเวลาดังกล่าวเท้าจะตอบสนองโดยการค่อยๆ ชะลอ (Deceleration) การเปลี่ยนรูปร่างของเท้าจากโค้งสูงเป็นแบนราบ โดยเป็นการให้โครงสร้างต่างๆ ที่แรงดังกล่าวเคลื่อนที่ผ่านช่วยกันทำหน้าที่ชะลอแรงให้มากที่สุด (Maximal energetic storage) เพื่อให้แรงค่อยๆ ผ่านไปที่เท้าที่สัมผัสพื้นในปริมาณที่น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อจะได้มีแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งหรือ Vertical GRF กระทำกลับมาที่เข่าที่น้อยที่สุดเช่นกัน ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า Shock absorption โดยความสามารถในการ Deceleration การเปลี่ยนรูปร่างของเท้าให้เป็นไปอย่างช้าๆ และน้อยที่สุด ถูกกล่าวถึงเป็น ความสามารถในการคงรูปของเท้า ในขณะลงน้ำหนัก (Angin S, 2020; Chan CW, 1994; R, 1985)

### - ความสามารถในการคงรูปของเท้า

จากผลการศึกษาค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าในช่วง Initial stance phase ที่มีค่าน้อยกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ สามารถบอกได้ถึงความสามารถในการต้านแรงบีบอัด (Compressive force) ที่ถูกส่งผ่านมาที่เท้าขณะลงน้ำหนักได้น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ กล่าวคือนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีความสามารถในการชะลอการเปลี่ยนรูปร่างของเท้าในช่วง Initial stance phase ได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ เป็นผลให้แรงปริมาณมากถูกส่งผ่านไปยังเท้าอย่างรวดเร็ว และทำให้พังผืดฝ่าเท้าได้รับ Stress ที่สูง วนซ้ำๆหลายรอบจากการก้าวลงน้ำหนักต่อเนื่องหลายหมื่นก้าวในการวิ่งระยะไกล เมื่อถึงระดับที่เกินความสามารถที่พังผืดฝ่าเท้าจะรับไหว (Excessive stress) จึงทำให้เกิด Microtrauma ขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้า และตามมาด้วยการอักเสบของพังผืดฝ่าเท้า และเมื่อการอักเสบซ้ำๆ จากการฝึกซ้อมวิ่งระยะไกล ในที่สุดก็เข้าสู่ภาวะเรื้อรัง

หากจะพิจารณาต่อเนื่องในช่วง Terminal stance phase ขณะที่ร่างกายเคลื่อนไหวไปทิศทางข้างหน้าอย่างต่อเนื่องทำให้แรงค่อยๆ ลดลงจากขาข้างที่ลงน้ำหนัก เท้าที่ถูกเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปให้กลายเป็นแบนราบชั่วคราว จะคืนตัว (Recoil) กลับมาสู่โครงสร้างเท้าแบบมีส่วนโค้งของอุ้งเท้าทางใน และเข้าสู่ช่วงที่มีการผลักเท้าขึ้นจากพื้น (Push-off phase) ในช่วงนี้เท้าจะต้องเพิ่มความสามารถในการคงรูปขึ้นอีกครั้งเพื่อให้เกิดเป็น Close-packed position ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความมั่นคงของเท้าในการออกแรงผลักเท้าขึ้นจากพื้นเพื่อเข้าสู่ช่วง Initial swing phase ต่อไป (Chan CW, 1994)

จากกลไกการส่งผ่านแรงไปสู่เท้าในขณะลงน้ำหนักในการวิ่ง แรงที่มากที่สุดที่ถูกส่งผ่านไปจะเป็นตัวกระตุ้นสำคัญให้เกิดความสามารถสูงสุดในการคงรูปของเท้า โดยขนาดของแรงดังกล่าวนี้สะท้อนถึง Vertical GRF ที่กระทำกลับไปที่เท้า ดังนั้นในการทดสอบค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าของการศึกษานี้ จึงได้ใช้ Vertical GRF ที่มากที่สุดเป็นจุดกำหนดการหาความสามารถสูงสุดในการคงรูปของเท้าของแต่ละคนขณะลงน้ำหนัก โดยการศึกษาเป็นการศึกษาแรกที่ทดสอบความสามารถในการคงรูปของเท้าในขณะเคลื่อนไหว (Dynamic LA stiffness) โดยอ้างอิงจากแรง Vertical GRF ที่มากที่สุด ขณะที่การศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการศึกษาความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะยืนนิ่ง (Static LA stiffness) ซึ่งอาจจะไม่สามารถไปอ้างอิงได้กับความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะลงน้ำหนักในการวิ่ง เพราะแรงที่กระทำที่เท้าขณะลงน้ำหนักในช่วงที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหวและมีความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้องย่อมไม่เท่ากับแรงที่กระทำที่เท้าขณะยืนนิ่ง ด้วยเหตุผลดังกล่าวถูกสนับสนุนด้วยการศึกษาของ Holowka และคณะใน 2018 ได้เปิดเผยว่าไม่มีความสัมพันธ์

กันอย่างมีนัยสำคัญของการวัดความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะเคลื่อนไหวกับการวัดความสามารถคงรูปของเท้าขณะยืนนิ่ง (Holowka NB, 2018) ดังนั้นการวัดความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะเคลื่อนไหวในการศึกษาปัจจุบันนี้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาจึงมีความสอดคล้องกับการวิ่งและสามารถนำไปอธิบายความสามารถในการคงรูปของเท้าซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อโรครองช้ำในนักวิ่งระยะไกลได้อย่างสมเหตุสมผลมากกว่าการวัดความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะยืนนิ่ง

#### - ค่า Impulse

ผลการศึกษาของค่า Impulse ในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำที่มีค่าสูงกว่ากลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ สะท้อนถึงแรงที่กระทำที่เท้าขณะเท้าสัมผัสพื้นในนักวิ่งที่ระยะไกลเป็นโรครองช้ำมีค่ามากกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ จากทฤษฎีของชีวกลศาสตร์ของเท้าขณะลงน้ำหนักในการวิ่งที่กล่าวไปแล้วข้างต้น แรงที่ถูกส่งผ่านมาจากขา ผ่านไปยังกระดูก Talus และมีการกระจายแรงไปสู่กระดูกชิ้นต่างๆ ของเท้า ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการคงรูปของเท้า (Stiffness) เพื่อชะลอแรงดังกล่าว โดยแรงที่ถูกส่งผ่านไปที่เท้าและกระทำต่อเนื่องไปยังพื้นในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น สะท้อนถึงแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงข้ามกันจากพื้นกระทำกับมาที่เท้าในรูปแบบของ GRF ขนาดแรงดังกล่าวที่กระทำที่เท้า ในที่นี้หมายถึงค่า Impulse หรือ Plantar impulse ซึ่งเป็นผลคูณของขนาดแรง GRF ที่กระทำที่เท้ากับเวลาที่เท้าสัมผัสพื้น ดังนั้น ค่า Impulse ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำที่มีค่ามากกว่า จึงบอกลักษณะของแรงที่กระทำที่เท้าของนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำที่มีขนาดที่มากกว่านักวิ่งที่ระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ เมื่อมีแรงกระทำที่เท้าด้วยขนาดของแรงที่มากกว่า ก็ย่อมต้องใช้ความสามารถในการคงรูปของเท้าที่มากกว่าเพื่อชะลอแรงดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อไม่ให้มี Deformation ของกระดูกเท้าที่มากเกินไปในขณะที่ลงน้ำหนัก แต่เนื่องด้วยนักวิ่งที่เป็นโรครองช้ำมีพยาธิสภาพที่พังผืดฝ่าเท้าอยู่ก่อนหน้าแล้ว ทำให้ประสิทธิภาพในการชะลอแรงที่ถูกส่งผ่านไปที่เท้าลดลง (Yu-Chi Huang, 2004) ซึ่งยืนยันได้จากผลการศึกษาปัจจุบัน สำหรับค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าและค่าความสูงของเท้าขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำที่มีค่าน้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ผลการศึกษาดังกล่าวนี้นี้ทำให้สามารถบอกได้ว่าในระยะของการลงน้ำหนักขณะวิ่ง นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมีแรงในปริมาณมากที่ถูกส่งผ่านมากกระทำที่เท้าร่วมกับนักวิ่งกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพของความสามารถในการคงรูปของเท้าที่ลดลงอยู่แล้ว จึงทำให้เท้ามีการ Deformation มาก ทั้งขนาดของแรงที่มีปริมาณมากและการ Deformation ของเท้าที่มากส่งผลให้มี Stress กระทำที่พังผืดฝ่าเท้าที่มาก และทำให้เกิดการยืดยาวออก (Elongation) ของพังผืดฝ่าเท้าที่มาก เป็นผลให้เกิดแรงดึง (Tensile stress หรือ Tension) ที่มากที่พังผืดฝ่าเท้าตามมา (Scott

C. Wearing, 2006) วนซ้ำๆ หลายหมื่นก้าวของการวิ่งระยะไกล จนทำให้เกิด Microtrauma ที่พังผืดฝ่าเท้า ในที่สุดก็เข้าสู่กระบวนการอักเสบซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้า

ทั้งนี้ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาของ Irene และคณะในปี 2004 ที่พบว่า มีแรงกระทำที่เท้าในทันทีที่เท้าสัมผัสพื้น (Instantaneous vertical loading rate) สูงกว่าในนักวิ่งเพศหญิงที่เป็นโรครองซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งเพศหญิงที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ ผลการศึกษาดังกล่าว ยังพบว่านักวิ่งที่เป็นโรครองซ้ำมีความสูงของอุ้งเท้าที่วัดขณะยืนนิ่งต่ำกว่านักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยผู้วิจัยอธิบายว่ามีความเป็นไปได้ว่าแรงที่กระทำที่เท้าในปริมาณมากในทันทีที่ลงน้ำหนัก ร่วมกับการมีโครงสร้างความสูงของอุ้งเท้าที่ต่ำ เป็นผลให้มี Tension ที่พังผืดฝ่าเท้ามาก จึงทำให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าขึ้น (Irene S. Davis, 2004) แต่อย่างไรก็ตาม การระบุความสูงของอุ้งเท้าในงานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการวัดความสูงของอุ้งเท้าขณะยืนนิ่ง ซึ่งอาจจะไม่สามารถอ้างอิงไปถึงความสูงของอุ้งเท้าในช่วงลงน้ำหนักขณะเคลื่อนไหวได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งประเด็นดังกล่าว Holowka และคณะใน 2018 ได้เปิดเผยว่าการวัดความสูงของอุ้งเท้าทางด้าน (LA height) ขณะเคลื่อนไหวไม่มีความสัมพันธ์กับการวัดความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในขณะยืนนิ่ง เช่นเดียวกับการวัดความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะเคลื่อนไหวที่ไม่สัมพันธ์กับความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะยืนนิ่งที่ได้กล่าวไปก่อนหน้านี้แล้ว (Holowka NB, 2018) ดังนั้นในงานวิจัยปัจจุบันซึ่งระบุถึงความสูงของอุ้งเท้าขณะลงน้ำหนักในการวิ่ง โดยอ้างอิงจากมุมของอุ้งเท้า จึงอาจจะสามารถอ้างอิงถึงการทำงานของอุ้งเท้ากับแรงที่ถูกลำเลียงมาที่เท้าขณะลงน้ำหนักในการวิ่งได้สอดคล้องกับโรครองซ้ำในนักวิ่งระยะไกลได้อย่างสมบูรณ์กว่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Chulalongkorn University

## 2. การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า

### - กล้ามเนื้อ Gastrocnemius

สำหรับการศึกษานี้ได้แยกทำการศึกษางานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius เป็น 2 ส่วนตามโครงสร้างตามกายวิภาคของจุดเกาะต้นของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius (Mgas) และ Lateral gastrocnemius (Lgas) โดยที่ผลการศึกษาพบว่า มีค่า Percent of muscle activation กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase เท่านั้นที่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มที่เป็นโรครองซ้ำกับกลุ่มที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ หมายความว่า นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase ที่แตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยจากค่า Mean  $\pm$  SD

แสดงให้เห็นว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ายมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase มากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้าย

จากหลักชีวกลศาสตร์ของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ในขณะเคลื่อนไหวร่างกายแบบมีการลงน้ำหนัก กล้ามเนื้อ Gastrocnemius มีหน้าที่หลักอยู่ 2 ประการ คือ ทำหน้าที่ในการรักษาความมั่นคงของข้อเท้าขณะเคลื่อนไหว (Dynamic stability of ankle joint) และควบคุมการเคลื่อนไหวไปข้างหน้าของขาตอนล่าง (Forward movement) ทั้งในการเร่งความเร็วในการเคลื่อนไหว (Acceleration) และชะลอความเร็วในการเคลื่อนไหว (Deceleration) นอกจากนี้ จากโครงสร้างและคุณลักษณะของกล้ามเนื้อ เปิดเผยว่ากล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius จะมีสัดส่วนของโครงสร้างที่ใหญ่กว่า มีปริมาตรของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle volume) ที่มากกว่า และมีโครงสร้างที่ยาวกว่ากล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius จึงทำให้กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีบทบาทหลักในการทำหน้าควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและรักษาความมั่นคงของข้อเท้าขณะเคลื่อนไหว โดยทั่วไปแล้วกล้ามเนื้อจะทำหน้าที่โดยอาศัยคุณสมบัติของความยืดหยุ่น (Elastic properties) ของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และพังผืดกล้ามเนื้อ ร่วมกับคุณสมบัติการหดตัวเพื่อคงรูป (Stiffness properties) ของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และพังผืดกล้ามเนื้อ โดยคุณสมบัติทั้งสองนี้จะมีความสัมพันธ์กับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ (Contraction velocity) และความสามารถในการออกแรงของกล้ามเนื้อ (Force production) ประกอบกับหลักของกายวิภาคศาสตร์ ที่ระบุว่ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius มีโครงสร้างที่ต่อเนื่องกันกับเอ็นร้อยหวายและพังผืดฝ่าเท้า ดังนั้นในขณะทำการเคลื่อนไหวแบบมีการลงน้ำหนักรวมถึงการวิ่ง เมื่อกล้ามเนื้อ Medial Gastrocnemius มีการออกแรงหดตัวที่มากกว่าปกติ จะทำให้มีการยืดยาวออกของเอ็นร้อยหวายและทำให้เอ็นร้อยหวายลดประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ลง ทำให้พังผืดฝ่าเท้าได้รับแรงดึงที่มากกว่าปกติตามปริมาณและขนาดของแรงที่กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ออกแรงหดตัว (Ji-Ping Zhou, 2020; Lauri Stenroth, 2015)

และจากการศึกษาใน Cadaver ยืนยันว่า เส้นใยกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีการวางตัวรวมเป็นโครงสร้างเดียวกับเอ็นร้อยหวาย และเส้นใยดังกล่าวทอดตัวยาวไปเกาะที่ Calcaneal tuberosity ซึ่งเป็นจุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้า ร่วมกับการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า มีการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มากกว่ากล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ในขณะที่ทำการฝึกกล้ามเนื้อ Gastrocnemius แบบ Sustained submaximal eccentric exercise โดยการศึกษาดังกล่าวผู้วิจัยได้ระบุว่า มีความเป็นไปได้ว่ากล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius จะมี Mechanical load มากกว่ากล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ในการทำกิจกรรมในการลงน้ำหนักต่างๆ รวมถึง

การวิ่ง นอกจากนั้น หลักชีวกลศาสตร์ของการวิ่งที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นว่า ในช่วง Initial stance phase หลังจากที่เท้าสัมผัสพื้นจะมีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในทิศทาง Dorsiflexion มากขึ้น โดยเป็นการเคลื่อนที่ของกระดูก Tibia ไปบนกระดูก Talus ซึ่งการเคลื่อนไหวดังกล่าวนี้กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius จะเป็นกล้ามเนื้อหลักในการควบคุมการเกิด Ankle dorsiflexion โดยการค่อยๆ ชะลอ (Deceleration) การเกิด Ankle dorsiflexion ให้เป็นไปอย่างราบรื่น (Huerta, 2014; Lauri Stenroth, 2015; Sheila A. Dugan, 2005) ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าโดยทั่วไปแล้ว นักวิ่งระยะไกลมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในปริมาณมากอยู่แล้ว

จากผลการศึกษาปัจจุบันจึงสามารถอธิบายได้ว่า นักวิ่งระยะไกลที่ซึ่งมีพยาธิสภาพจากโรค รองข้อเข่าอยู่แล้ว และมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ที่มากอยู่แล้ว ในลักษณะของ Eccentric contraction เพื่อชะลอการเกิด Ankle dorsiflexion ซึ่งยืนยันด้วยผล การศึกษาของค่ามุม Ankle dorsiflexion ในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่า ( $22.721 \pm 6.529$  องศา) ที่มีค่ามากกว่ากลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรคข้อเข่า ( $19.614 \pm 6.048$  องศา) ถึงแม้ผลของ ค่ามุม Ankle dorsiflexion จะไม่แตกต่างกันถึงระดับนัยสำคัญ แต่ทำให้ทราบแนวโน้มของมุม Ankle dorsiflexion ที่มีค่ามากกว่า แสดงให้เห็นถึงกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ต้องมีการ ทำงานในปริมาณมากในลักษณะ Eccentric contraction เพื่อชะลอการเกิดมุม Ankle dorsiflexion ให้เป็นไปอย่างราบรื่นในขณะวิ่ง โดยที่การทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในปริมาณที่สูง จะไปส่งผลให้เกิดแรงตึงที่พังผืดฝ่าเท้าที่ยังมากขึ้น และทำให้พังผืด ฝ่าเท้าลดประสิทธิภาพในการทำหน้าที่ในการช่วยพยุงอุ้งเท้าขณะลงน้ำหนักที่เท้า จึงมีความเป็นไปได้ ว่ากล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius จะยังมีการทำงานของกล้ามเนื้อที่มากขึ้นเพื่อชดเชยการ บกพร่องในการพยุงอุ้งเท้าของพังผืดฝ่าเท้า แต่หากกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีการล้า มี ความตึงตัวสูง หรือมีความแข็งแรงไม่เพียงพอ ยิ่งเพิ่ม Mechanical load ที่มากขึ้นจากการทำงาน ที่มากขึ้น ยิ่งส่งผลให้เกิดแรงตึงที่มากขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้า จนในที่สุดเกิด Microtrauma และการอักเสบ ซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

จากผลการศึกษาปัจจุบัน ซึ่งพบว่านักวิ่งที่เป็นโรคข้อเข่ามีเพียงการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ที่มากกว่าในนักวิ่งที่ไม่เป็นโรคข้อเข่า แต่ไม่พบความแตกต่างในกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการศึกษาของ Zhou และคณะในปี 2020 ที่ เปิดเผยว่า คนที่เป็นโรคข้อเข่ามี Stiffness ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ที่เพิ่มขึ้นเมื่อ เปรียบเทียบกับคนที่ไม่เป็นโรคข้อเข่า แต่กลับไม่พบความแตกต่างระหว่างกลุ่มของ Stiffness ของ Lateral gastrocnemius โดยในการศึกษาที่ผ่านมาผู้วิจัยได้อธิบายว่า เพราะมีเพียงเส้นใยของ



กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius เท่านั้นที่เชื่อมต่อโดยตรงกับพังผืดฝ่าเท้า จึงทำให้มีเพียงกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius เท่านั้นที่ส่งผลกระทบต่อพังผืดฝ่าเท้าที่เป็นโรครองข้อ และอาจเป็นไปได้ว่า Stiffness ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ที่มากกว่า จะเป็นผลต่อเนื่องมาจากการที่กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มี Mechanical load ที่มากกว่าในการทำกิจกรรมประจำวันที่มีการลงน้ำหนัก นอกจากนี้การศึกษาดังกล่าว ยังได้แนะนำว่าสำหรับการรักษาโรครองข้อ แบบอนุรักษ์นิยม (Conservative treatment) โดยการคลายความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius อาจจะต้องมีการตรวจประเมินแยกกันระหว่างกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius และควรคลายความตึงตัวของกล้ามเนื้อและพังผืดกล้ามเนื้อ โดยให้ความสำคัญเป็นพิเศษกับกล้ามเนื้อที่มี Stiffness มากกว่า (Ji-Ping Zhou, 2020)

และหากพิจารณาจากผลการศึกษาเกี่ยวกับการรักษาโรครองข้อด้วยวิธีการรักษาแบบ Conservative treatment จะพบว่าการรักษาจะมุ่งประเด็นไปที่การลดความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ร่วมด้วย (Warren, 1990) แน่นนอนว่าคนที่เป็นโรครองข้อจะต้องมีความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ที่มากกว่าคนที่ไม่เป็นโรครองข้อ และผลของความตึงตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นนี้ มาจากการทำงานของกล้ามเนื้อในปริมาณมากขณะมีการเคลื่อนไหว จึงมีความเป็นไปได้ที่สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่ากล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีการทำงานมากกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อขณะทดสอบด้วยการวิ่งเท้าเปล่า

#### - กล้ามเนื้อ Gluteus maximus

ผลการศึกษาเปิดเผยว่า นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีค่า Percent of gluteus maximus activation ในช่วง Initial stance phase ที่แตกต่างกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อ โดยนักวิ่งระยะไกลกลุ่มที่เป็นโรครองข้อมีค่า Percent of gluteus maximus activation ในช่วง Initial stance phase น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อ หมายความว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในช่วง Initial stance phase น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อ

ในการเคลื่อนไหวแบบ Close kinetic chain ซึ่งเกิดขึ้นในช่วง Stance phase ของการวิ่ง กล้ามเนื้อ Gluteus maximus มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกายไปทางด้านหน้า (Forward movement) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมการเคลื่อนไหวให้ร่างกายและลำตัวเคลื่อนที่ไปข้างหน้าอย่างเหมาะสม ไม่หกล้มล้มถ่วง (Prevention of trunk and lower limb collapse) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Gluteus maximus จะ

ทำงานแบบ Eccentric contraction เพื่อชะลอการเกิด Trunk forward flexion และ Hip flexion ให้มีความเหมาะสม การควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต้นของร่างกายให้เหมาะสมจะส่งผลต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนปลายให้มีการสัมผัสพื้นในทิศทางและแรงที่เหมาะสม เพื่อช่วยในการเกิด Shock absorption ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด (Paul E. Niemuth, 2005b)

แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงไม่มีการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในคนที่เป็นโรคข้อเข่า แต่จากกลไกทางชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหว ทำให้ทราบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิด Hip internal rotation ที่มากเกินไป ส่งผลต่อเนื้อให้เกิด Knee abduction และ Tibial internal rotation ที่ไม่เหมาะสม และนำมาซึ่งการเกิด Pronation เท้าที่มากกว่าปกติขณะลงน้ำหนัก (Young-Mi Goo, 2016) ซึ่งการเกิด Pronation ของเท้าที่มากเกินไปเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่การเกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า และนำมาซึ่งการเกิด Microtrauma และการอักเสบที่พังผืดฝ่าเท้า จากผลการศึกษาที่เปิดเผยว่ากล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในช่วง Initial stance phase ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่ามีการทำงานที่น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรคข้อเข่า จากกลไกการทำงานที่สัมพันธ์กันของการควบคุมการทำงานของส่วนต้นและส่วนปลายของร่างกายใน Close kinetic chain ที่กล่าวไปแล้วข้างต้น มีความเป็นไปได้ว่าในช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Gluteus maximus ที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อที่น้อยกว่า ส่งผลให้เกิด Pronation ของเท้าที่มากกว่า ส่งผลให้เกิด Stress ที่มากขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้าซ้ำๆ ในการวิ่งระยะไกล เป็นผลให้มีการอักเสบซ้ำๆ เกิดขึ้นที่พังผืดฝ่าเท้าของนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่า

นอกจากนั้น จากหน้าที่ของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของ Hip flexion ในลักษณะ Deceleration การเกิด Hip flexion ให้มีความเหมาะสมในช่วง Stance phase ในการวิ่ง หากพิจารณาจากผลการศึกษาของมุม Hip flexion ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่า ( $13.320 \pm 5.274$  องศา) ที่มีค่ามากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรคข้อเข่า ( $9.647 \pm 4.543$  องศา) สามารถยืนยันได้ว่าการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ที่มีค่าน้อยกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่าส่งผลให้เกิดมุม Hip flexion ที่มากกว่าในขณะลงน้ำหนัก และส่งผลต่อเนื้อให้เกิด Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติ นำมาซึ่งการเกิด Pronation ที่มากกว่าปกติ ในที่สุดก็ทำให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเข่า

#### - กล้ามเนื้อ Gluteus medius

ผลการศึกษาของค่า Percent of gluteus medius activation ในช่วง Terminal swing phase พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่เป็นโรคข้อเข่าและไม่เป็นโรคข้อเข่า โดยพบว่านักวิ่ง

ระยะไกลที่เป็นโรครองข้ามมีค่า Percent of gluteus medius activation ในช่วง Terminal swing phase น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครอง

กล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นกล้ามเนื้อที่มีความสำคัญในการรักษาความมั่นคงของข้อสะโพกในขณะที่เคลื่อนไหว จากชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหวเปิดเผยว่ากล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นกล้ามเนื้อหลักในการควบคุมระดับของกระดูกเชิงกราน (Pelvic level) ให้สมมาตรกันในช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นช่วง Floating phase ของการวิ่ง ทั้งนี้เป็นการควบคุมไม่ให้เกิดการเกิด Hip drop ของสะโพกด้านตรงข้าม และเป็นการเตรียมความพร้อมในการควบคุมไม่ให้เกิด Hip adduction ที่มากเกินไปในช่วง Initial stance phase อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะมุ่งประเด็นการศึกษาไปที่การทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Stance phase ทั้งนี้เพราะเชื่อว่าในช่วง Initial stance phase เกี่ยวข้องกับ GRF ที่กระทำกลับมาที่ร่างกายของ ร่างกาย เป็นผลให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่าย หากร่างกายมีการเคลื่อนไหวโครงสร้างและการควบคุมการทำงานของร่างกายที่ไม่เหมาะสม แต่หากพิจารณาในช่วง Terminal swing phase ของการวิ่งเป็นช่วงที่มีความสำคัญในด้านของการเตรียมความพร้อมของโครงสร้างต่างๆ ของร่างกายก่อนที่จะสัมผัสพื้น เพื่อให้เกิดวางเท้าสัมผัสพื้นอย่างเหมาะสม กล่าวคือเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเกิด GRF Absorption ขณะที่เท้าสัมผัสพื้น (Maarten Afschrift, 2018; Sheila A. Dugan, 2005)

จากผลการศึกษาปัจจุบันจึงมีความเป็นไปได้ว่าช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นช่วงเตรียมความพร้อมของร่างกายเพื่อเข้าสู่ช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ามมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ที่ไม่เต็มประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้าม จึงอาจจะส่งผลให้เมื่อวางเท้าสัมผัสพื้น มีการเกิดมุม Hip adduction ที่มากกว่าปกติ และมุม Hip adduction ที่มากกว่าปกตินี้จะเหนี่ยวนำให้เกิด Knee abduction มากกว่าปกติ และกระตุ้นให้เกิด Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติ ในที่สุดก็จะเป็นผลให้เกิด Stress ที่พังผืดฝ่าเท้าที่มากกว่าที่ความสามารถที่พังผืดฝ่าเท้าจะรับได้ และตามมาด้วยการเกิด Microtrauma และการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าขึ้นในที่สุด

จากเหตุผลข้างต้นถูกสนับสนุนด้วยข้อมูลของมุม Hip adduction ในนักวิ่งที่เป็นโรครองข้าม ในช่วง Initial stance phase ที่แสดงให้เห็นว่า มุม Hip adduction ในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้าม ( $4.306 \pm 2.361$  องศา) ที่มีค่ามากกว่ากลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้าม ( $2.664 \pm 1.162$  องศา) จึงเป็นไปได้ว่ามุม Hip adduction ในช่วง Initial stance phase ที่มีมากกว่าในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้าม อาจเป็นผลมาจากการที่กล้ามเนื้อ Gluteus medius มีการทำงานที่น้อยกว่าปกติมาตั้งแต่ช่วง Terminal swing phase แล้ว อีกทั้งในช่วง Initial stance phase

กล้ามเนื้อ Gluteus medius ก็ยังคงทำงานน้อยกว่าปกติอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแสดงให้เห็นในผลการศึกษาของการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Initial stance phase ในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า (21.993 ± 6.516 %) ที่ยังคงมีค่าน้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า (24.049 ± 6.526 %) แม้ว่าผลของความแตกต่างดังกล่าวจะไม่เอื้อถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็สามารถบอกได้ว่าปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้ มีผลให้เกิด มุม Hip adduction ที่เพิ่มขึ้นในช่วง Initial stance phase และในที่สุดก็จะนำมาซึ่งการเกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า

#### - กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

สำหรับกล้ามเนื้อ TFL ผลการศึกษาเปิดเผยว่ามีกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ามี Percent of TFL muscle activation ในช่วง Terminal swing phase แตกต่างกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า โดยที่นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ามีค่า Percent of TFL muscle activation น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า หมายถึงนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ TFL ในช่วง Terminal swing phase น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า

จากหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในขณะวิ่ง คือจะทำหน้าที่ในการรักษาความมั่นคงของระดับกระดูกเชิงกรานทั้งสองข้างให้มีความสมมาตรกัน โดยทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อ Gluteus medius ตั้งแต่ช่วง Terminal swing phase จนถึงช่วง initial stance phase เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด Hip drop และ Hip adduction มากเกินไป (Amy P. Trammell, 2020; C. A. C. Michele Fernandes Frigotto, Rodrigo Rabello dos Santos, Rodrigo Rodrigues, 2019) จากผลการศึกษาที่เปิดเผยว่าในช่วง Terminal swing phase ในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ที่น้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า จึงอาจส่งผลให้เกิด Hip drop ของกระดูกเชิงกรานฝั่งตรงข้าม หรือเกิด Hip adduction ที่มากเกินไปของขาข้างที่ลงน้ำหนัก และส่งผลไปถึงส่วนปลายของรยางค์ล่างให้เกิด Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติ และไปกระตุ้นให้มี Stress ที่มากเกินไปต่อพังผืดฝ่าเท้า ท้ายที่สุดก็จะนำมาซึ่งการอักเสบซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้าได้ จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นถูกสนับสนุนโดยผลการศึกษาของมุม Pelvic upward rotation และมุม Hip adduction ซึ่งพบว่า กลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า (4.0175 ± 1.805 องศา) มีค่ามุม Pelvic upward rotation มากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า (2.965 ± 1.092 องศา) ขณะลงน้ำหนัก หมายถึงมีการเกิด Hip drop ของขาตรงข้าม นอกจากนี้นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ายังแสดงค่ามุม Hip adduction (4.306 ± 2.361 องศา) ที่มีค่ามากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า (2.664 ± 1.162 องศา)

จากโครงสร้างทางกายวิภาคศาสตร์ กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มีจุดเกาะปลายอยู่ที่ Iliotibial band ซึ่งทอดตัวยาวไปถึง Lateral tibia โดยที่การทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ผ่าน Iliotibial band จะช่วยรักษาความมั่นคงของเข่า โดยการป้องกันไม่ให้เกิด Knee abduction และ Tibial internal rotation ที่มากเกินไป (Amy P. Trammell, 2020) และจากผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำทำงานน้อยกว่าในช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนเท้าจะสัมผัสพื้น มีความเป็นไปได้ว่าจะส่งผลให้มีค่ามุม Knee abduction ขณะลงน้ำหนักที่มากกว่า ในประเด็นนี้สามารถยืนยันได้จากผลการศึกษาปัจจุบันของค่ามุม Knee abduction ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ ( $9.944 \pm 5.273$  องศา) ที่มีค่ามากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ( $6 \pm 4.975$  องศา)

### 3. เวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation)

#### - กล้ามเนื้อ Medial hamstring

จากผลการศึกษาปัจจุบัน เปิดเผยว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมีค่า Offset time และค่า Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial hamstring ที่แตกต่างกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ซึ่งเป็นไปในทิศทางที่กลุ่มที่เป็นโรครองช้ำมีค่า Offset time ที่ช้ากว่า และ Duration of activation ที่ยาวนานกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เป็นโรครองช้ำ

จากหลักชีวกลศาสตร์ของการวิ่ง ในช่วงเตรียมตัวก่อนที่เท้าสัมผัสพื้นกล้ามเนื้อ Hamstring จะทำงานในลักษณะ Eccentric contraction เพื่อควบคุมการเกิด Hip flexion และ Knee extension ที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้เท้าสัมผัสพื้นด้วยท่าทางและแรงกระทำที่พื้นที่เหมาะสม เพื่อลด GRF ที่จะกระทำกลับคืนมาที่รยางค์ล่างของร่างกาย ในช่วง Phase ดังกล่าวกล้ามเนื้อ Semitendinosus ซึ่งเป็นหนึ่งในกล้ามเนื้อฝั่ง Medial hamstring มีความเร็วในการยืดยาวออกของกล้ามเนื้อ (Lengthening velocity) มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อมัดอื่นของกล้ามเนื้อ Hamstring ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานแบบ Eccentric contraction จากนั้นในช่วงที่เท้าสัมผัสพื้นกล้ามเนื้อ Hamstring ยังคงทำงานในลักษณะ Eccentric contraction เพื่อช่วยกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในควบคุมการเกิดมุม Hip flexion ให้เหมาะสม และเมื่อถ่ายน้ำหนักลงมาที่เท้ามากขึ้นกล้ามเนื้อ Hamstring จะเปลี่ยนไปทำงานในลักษณะ Concentric contraction มากขึ้นเพื่อช่วยให้เกิด Knee flexion โดยในช่วงเวลาดังกล่าวกล้ามเนื้อ Semimembranosus ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อฝั่ง Medial hamstring เช่นกัน จะเป็นกล้ามเนื้อหลักในการสร้างแรงมากที่สุดในการทำฟังก์ชันดังกล่าว

เมื่อเปรียบเทียบกับกล้ามเนื้อมัดอื่นๆ ของกล้ามเนื้อ Hamstring (Anthony G Schache, 2012; Richmond, 1993)

จากผลการศึกษาปัจจุบันในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า ซึ่งมีพยาธิสภาพที่พังผืดฝ่าเท้า ส่งผลให้โครงสร้างของเท้าทำงานผิดปกติเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า เช่น ความสูงของอุ้งเท้าที่ลดลง มีมุม Rearfoot eversion ที่มากขึ้น เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้ทำให้เท้าลดความสามารถในการทำ Shock absorption ขณะลงน้ำหนัก และดูเหมือนว่าโครงสร้างที่อยู่เหนือต่อขึ้นมาจากเท้าจะทำหน้าที่ช่วยในการเกิด Shock absorption ซึ่งแสดงในผลการศึกษาปัจจุบันพบว่า กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีการทำงานที่มากขึ้น และโครงสร้างที่ถัดขึ้นไปจากกล้ามเนื้อ Gastrocnemius คือกล้ามเนื้อ Hamstring อาจจะมีการทำงานเพื่อช่วยในการเกิด Shock absorption ด้วย โดยการเปลี่ยนแปลงมุมในแนวตั้ง (Vertical displacement) กล่าวคือมีการทำงานในลักษณะ Concentric contraction เพื่อให้เกิด Knee flexion ที่มากขึ้นหลังจาก Heel strike (ซึ่งใช้เป็นจุดอ้างอิงในการวิเคราะห์การทำงานของกล้ามเนื้อ) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่า กล้ามเนื้อ Medial Hamstring ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ามี offset time ที่ช้ากว่าและ Duration of activation ที่นานกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า เพื่อช่วยในการเกิด Shock absorption ขณะวิ่ง

เนื่องด้วยการศึกษาปัจจุบันเป็นการศึกษาแรกที่สนใจ Activation pattern ของกล้ามเนื้อ Hamstring ในโรครองเท้า และการศึกษา Activation pattern ในกล้ามเนื้อ Hamstring จากการมีพยาธิสภาพที่ส่วนปลายของรยางค์ล่างก็ยังคงขาดแคลนอยู่ แต่จากผลการศึกษาที่มี Activation pattern ของกล้ามเนื้อ Medial hamstring ที่มีการทำงานที่ยาวนานกว่าเมื่อเทียบจากจุด Heel strike ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า มีความเป็นไปได้ว่าจะส่งผลให้กล้ามเนื้อ Medial hamstring มีความตึงตัวคงค้างที่มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าคนที่เป็โรครองเท้ามีความตึงตัว (Tightness) ของกล้ามเนื้อ Hamstring จากการจำกัดมุม Knee extension ที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับคนที่ไม่เป็นโรครองเท้า และความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Hamstring มีความสัมพันธ์โดยตรงกับโรครองเท้า (Yolanda Aranda Bolivar, 2013) นอกจากนั้นจากการศึกษาของ Harty และคณะในปี 2005 พบว่าความตึงตัวของกล้ามเนื้อ Hamstring ส่งผลให้มีการ Pressure ที่เท้าสูงขณะลงน้ำหนัก ทำให้มี Load ที่สูงเกิดที่พังผืดฝ่าเท้า ซึ่งนำมาซึ่งการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในคนที่เป็โรครองเท้า (James Harty, 2005) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า ที่มี Activation pattern ของกล้ามเนื้อ Medial hamstring ที่แตกต่าง

จากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำจะส่งผลในแง่ของ Cause-effect ต่อโรครองซ้ำ และนำมาซึ่งการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

#### - กล้ามเนื้อ Gluteus medius

สำหรับผลการศึกษาของ Timing of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius พบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีค่า Onset time และ Duration of activation แตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมี Onset time ที่ช้ากว่าและ Duration of activation ที่สั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ

จากการวิเคราะห์ข้อมูล Timing of activation โดยอ้างอิงจุดที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น (Heel strike) หมายถึงกล้ามเนื้อ Gluteus medius มีการทำงานเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายก่อนเท้าจะสัมผัสพื้นที่ช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ก่อนที่เท้าจะสัมผัสพื้นคือการรักษาสมาคมของระดับกระดูกเชิงกราน และควบคุมมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ซึ่งส่งผลต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวร่างกายในแนว Frontal plane ตามทฤษฎี Kinetic chain ดังนั้น เมื่อมีการเริ่มทำงานที่ช้ากว่า ทำให้มีการลดประสิทธิภาพการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ลง ส่งผลให้เมื่อเท้าสัมผัสพื้นมีการไม่สมมาตรของระดับกระดูกเชิงกราน และมีมุม Hip adduction ที่มากขึ้น ก่อให้เกิดการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติ และทำให้ส่วนปลายคือเท้ามีมุม Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติ ในที่สุดก็จะทำให้เกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า (Clare E. Milner, 2010) และตามมาด้วยการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าจากการวิ่งระยะไกล ร่วมกับผลของ Duration of activation ที่สั้น หมายความว่ากล้ามเนื้อ Gluteus medius มีช่วงเวลาในการทำงานก่อนเท้าสัมผัสพื้นและหลังจากเท้าสัมผัสพื้นที่น้อยลง ซึ่งส่งผลต่อเนื่องให้กล้ามเนื้อ Gluteus medius ลดประสิทธิภาพในการทำงานลง ในที่สุดทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติไปขณะลงน้ำหนัก และส่งผลให้เพิ่มโอกาสการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

โดยเหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาปัจจุบัน ที่เปิดเผยว่าในช่วง Initial stance phase มีมุม Pelvic upward rotation (หรือมี Contralateral pelvic downward rotation/hip drop) มุม Hip adduction มุม Knee abduction และมุม Rearfoot eversion ที่มากขึ้นในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงที่ผิดปกติไป อาจจะเป็นผลมาจากการควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต้นของร่างกายที่ผิดปกติไป นั่นคือกล้ามเนื้อ Gluteus medius มี Onset time ที่ช้ากว่าและ Duration of activation ที่สั้นกว่า ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดแนว Frontal plane ของร่างกายขณะลงน้ำหนัก

โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเพิ่ม Stress ให้แก่พังผืดฝ่าเท้าและเพิ่มโอกาสการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

ผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Smith และคณะในปี 2014 ที่เปิดเผยว่า กล้ามเนื้อ Gluteus medius มี Onset time ที่ช้ากว่าและ Duration of activation ที่สั้นกว่าโดยวิเคราะห์อ้างอิงจาก Heel strike ในนักวิ่งที่เป็นโรคเอ็นร้อยหวายอักเสบ เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรคเอ็นร้อยหวายอักเสบ ผู้วิจัยอธิบายว่า การเริ่มทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ที่ช้ากว่าปกติและมีช่วงเวลากระตุ้นให้ทำงานในช่วงที่สัมพันธ์กับ Heel strike น้อยกว่าปกติ เป็นไปได้ว่าส่งผลให้เกิดมุม Hip adduction มุม Hip internal rotation มุม Knee abduction และมุม Rearfoot eversion ที่มากกว่าปกติ ซึ่งจัดเป็นการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติ ทำให้เอ็นร้อยหวายได้รับ Load ที่มากกว่าปกติเกินระดับที่ทนได้ และในที่สุดก็ทำให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่เอ็นร้อยหวาย (Melinda M. Franettovich Smith, 2014)

จากผลการศึกษาปัจจุบันและผลการศึกษาที่ผ่านมา ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่า Activation pattern ที่อ้างอิงจาก Heel strike ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลต่อการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่นำมาซึ่งการเพิ่มโอกาสการบาดเจ็บซ้ำๆ ต่อโครงสร้างส่วนปลายที่มีพยาธิสภาพของรยางค์ล่าง รวมถึงโรครองช้ำด้วย

#### - กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

จากผลการศึกษาปัจจุบันเปิดเผยว่า นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมี Activation pattern ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ที่แตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ โดยที่นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมี Onset time ที่ช้ากว่าและ Offset time ที่เร็วกว่ารวมทั้ง Duration of activation ที่สั้นกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ

จากการศึกษาที่ผ่านมา โดยใช้ Fine-wire EMG electrode ที่ Anteromedial fiber และ Posterolateral fiber ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae เปิดเผยว่าในช่วง Heel strike ของการวิ่ง ในส่วนของ Posterolateral fiber จะเป็นกลุ่มหลักในการทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae โดยทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อ Gluteus medius และส่วนบนของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ในการรักษาความมั่นคงของระดับกระดูกเชิงกรานและควบคุมมุม Hip adduction ให้เหมาะสม (Edmond B. Pare, 1981) และผลการศึกษาปัจจุบันพบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมีการทำงานของกล้ามเนื้อที่อ้างอิงจาก Heel strike ที่จุดเริ่มต้นกระตุ้นการทำงานของกล้ามเนื้อที่ช้ากว่า และจุดที่เข้าสู่ภาวะหยุดการกระตุ้นการทำงานที่เร็วกว่า เป็นผลให้มีช่วงเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้อที่สั้นกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ทำให้เกิดความไม่



สมมาตรของกระดูกเชิงกรานและมุม Hip adduction ที่มากเกินไปขณะลงน้ำหนัก ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาปัจจุบันของข้อมูล Kinematic ที่พบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีมุม Pelvic upward rotation ที่มากกว่า (สะท้อนถึงการมี Contralateral hip drop) และมุม Hip adduction ที่มากกว่า ในช่วง Initial stance phase เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าเมื่อส่วนต้นของร่างกายมีการควบคุมเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติไป ส่งผลให้การเคลื่อนไหวของทั้งร่างกายในแนว Frontal plane เปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการศึกษาปัจจุบันสำหรับการมีค่ามุม Knee abduction มุม Rearfoot eversion ที่มากเกินไปในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมี เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่มาเป็นโรครองข้อมี ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติไปดังกล่าว เป็นการเพิ่มโอกาสให้เกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้าและตามมาด้วยการเพิ่มโอกาสการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมี

#### 4. ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า

ผลการศึกษขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1 เปิดเผยว่าขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ของนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีความแตกต่างกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี โดยที่นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis เล็กกว่านักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองข้อมี

อ้างอิงจากหลักกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่วางตัวจาก Medial calcaneal tuberosity ของกระดูก Calcaneus ไปยัง Base of proximal phalanx ของกระดูกนิ้วโป้งเท้า ซึ่งจากตำแหน่งของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis จัดเป็นกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขั้นที่ 1 ที่อยู่ทางด้านในสุดของอุ้งเท้าทางด้านใน โดยที่กล้ามเนื้อ Abductor hallucis มีหน้าที่สำคัญขณะวิ่งคือ ค่อยๆ ชะลอการลดต่ำลงและการเปลี่ยนรูปร่างของอุ้งเท้าทางด้านใน ในช่วง Initial stance phase และออกแรงหดตัวเพื่อให้เท้าอยู่ในภาวะ Close-packed position สำหรับเพิ่มความมั่นคงให้แก่เท้า ในช่วง Terminal stance phase (YS, 2007) นอกจากนี้ จากหลักการสร้างแรงของกล้ามเนื้อ ที่อธิบายว่าความสามารถในการสร้างแรงของกล้ามเนื้อลายโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ หมายความว่ากล้ามเนื้อที่มีพื้นที่หน้าตัดที่มากกว่า จะมีความสามารถในการสร้างแรงของกล้ามเนื้อให้มีการหดตัวได้มากกว่ากล้ามเนื้อที่มีพื้นที่หน้าตัดน้อย (Jones EJ, 2008; Kanehisa H, 1997) หมายความว่ารวมถึงกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ด้วย โดย

มีการศึกษาเปิดเผยว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงของพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis กับความแข็งแรงของการงอนิ้วโป้งเท้า (Penelope J. Latey, 2018)

ดังนั้น จากผลการศึกษาปัจจุบัน สามารถบอกได้ว่า กล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่มีขนาดเล็กกว่าในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า อาจส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแรงที่ไม่มีประสิทธิภาพเพื่อรักษาความมั่นคงของอุ้งเท้าทางด้านใน เมื่อเปรียบเทียบกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้าที่มีขนาดกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่ใหญ่กว่า หมายความว่า นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้าอาจจะมีชะลอการลดต่ำลงของอุ้งเท้าทางด้านใน ในช่วง Intital stance phase ได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ ทำให้อุ้งเท้าทางด้านในลดต่ำลงมากกว่าปกติ และเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของอุ้งเท้าทางด้านในที่มากกว่าปกติ เป็นผลให้พังผืดฝ่าเท้าได้รับ Tension ที่มากเกินไป เมื่อเกิดวุ่นๆ หลายรอบในการวิ่งระยะไกล อาจทำให้เกิด Microtrauma และการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าตามมานอกจากนั้น การลดต่ำลงที่มากเกินไปของอุ้งเท้าทางด้านใน อาจส่งผลให้ลดความสามารถในการคืนตัวกลับคืนสู่รูปร่างเดิม (Close-packed position) ของเท้าในช่วง Terminal stance phase ซึ่งทำให้เกิดกระบวนการกระดกนิ้วโป้งเท้าขึ้นเพื่อถีบตัวจากพื้น (Windlass mechanism) ได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ (Lori A. Bolgla, 2004) โดยที่การลดประสิทธิภาพของ Windlass mechanism จะส่งผลต่อ Stress ที่ไม่เหมาะสมต่อพังผืดฝ่าเท้า และอาจจะนำมาซึ่งการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าได้อีกด้วย

ผลการศึกษาปัจจุบัน สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาของ Smith และคณะในปี 2019 ที่พบว่าคนที่มีความผิดปกติของเท้า ในที่นี้รวมถึงคนที่เป็โรครองเท้าด้วย มีขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่เล็กกว่าคนที่ไม่มีอาการปวดส้นเท้า ผู้วิจัยได้อธิบายว่าขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่เล็กกว่า อาจจะมีผลถึงการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ซึ่งเป็นผลมาจากอาการปวดที่ส้นเท้า ทำให้ลดความสามารถในการทำงานของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis และนำมาซึ่งการฝ่อลีบของกล้ามเนื้อในที่สุด (Smith MF, 2019) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Cheunga และคณะในปี 2016 ที่พบว่าปริมาตรของกล้ามเนื้อในส่วนหลังของเท้า (Rearfoot muscle volume) ซึ่งมีกล้ามเนื้อ Abductor hallucis รวมอยู่ด้วย ในนักวิ่งที่เป็นโรครองเท้ามีค่าน้อยกว่านักวิ่งที่ไม่เป็นโรครองเท้า ผู้วิจัยได้กล่าวถึงผลการศึกษาว่า ปริมาตรกล้ามเนื้อในส่วนหลังของเท้าที่มีค่าน้อยกว่า แสดงให้เห็นถึงการลดความสามารถของกล้ามเนื้อในการรักษาความมั่นคงของอุ้งเท้าทางด้านใน และทำให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้า ในที่สุดก็ทำให้เกิดการกระบวนการซ่อมแซมที่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete healing process) ซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า จนกลายเป็นภาวะเรื้อรัง (Cheunga RT, 2016)

## 5. ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก

### - กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor

ผลการศึกษพบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor แตกต่างกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรคข้ออักเสบ โดยที่กลุ่มที่เป็นโรคข้ออักเสบมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เป็นโรคข้ออักเสบ

สำหรับกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีบทบาทสำคัญในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase ในขณะที่วิ่งโดยจะทำหน้าที่ในลักษณะชะลอ (Deceleration) การเกิดมุม Hip adduction มุม Hip internal rotation และมุม Knee abduction ที่มากเกินไป โดยจะทำหน้าที่เป็น Co-contraction กับกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันระหว่างความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor กับขนาดของมุม Hip adduction และ Knee abduction ในช่วง stance phase หมายความว่า ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่มีค่าน้อยกว่า จะส่งผลให้มีมุม Hip adduction และ Knee abduction ที่มากกว่า (Tracy A. Dierks, 2008) นอกจากนี้ มีความเป็นไปได้ว่าในการวิ่งระยะไกลอาการล้าของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor จะลดประสิทธิภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ Hip abductor และส่งผลให้มีความสามารถในการสร้างแรงของกล้ามเนื้อลดลง ในที่สุดนำมาซึ่งความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่ลดลงไปด้วย จึงส่งผลให้ยังมีขนาดของมุม Hip adduction และ Knee abduction ที่มากขึ้น

จากผลการศึกษาปัจจุบัน จึงมีความเป็นไปได้ว่าความแข็งแรงที่น้อยกว่าในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบจะส่งผลให้เกิดมุม Hip adduction และมุม Knee abduction ที่มากกว่า ในช่วง Initial stance phase ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการศึกษามุมการเคลื่อนไหวของ ที่แสดงให้เห็นว่ามุม Hip adduction ( $4.306 \pm 2.361$  องศา) และมุม Knee abduction ( $9.944 \pm 5.273$  องศา) ของกลุ่มที่เป็นโรคข้ออักเสบมีค่ามากกว่ามุม Hip adduction ( $2.664 \pm 1.162$  องศา) และมุม Knee abduction ( $6 \pm 4.975$  องศา) ของกลุ่มที่ไม่เป็นโรคข้ออักเสบ โดยมุม Hip adduction และ Knee abduction ที่มากกว่าปกติ จะเหนี่ยวนำให้เกิด Rearfoot eversion ที่มากกว่าด้วย และในที่สุดจะส่งผลให้เกิด Stress และ tension ต่อพังผืดฝ่าเท้าที่มากกว่าปกติตามมา ทำให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

ผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Beckey และคณะในปี 2008 ที่พบว่าคนที่มียากลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor อ่อนแรง (กลุ่มที่มีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor น้อยกว่า) มีมุม Knee abduction ที่มากกว่าในช่วง Stance phase ขณะวิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับคน

ที่มีกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่แข็งแรง โดยที่ผู้วิจัยอธิบายว่ากลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่อ่อนแรงแจะเหนี่ยวนำให้เกิดการเคลื่อนไหวของร่างกายในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติไป ในที่นี้หมายถึงส่งผลให้เกิดมุม Hip adduction และมุม Knee abduction ที่มากขึ้นขณะลงน้ำหนักในการวิ่ง (Becky L. Heinert, 2008)

#### - กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor

ผลการศึกษาความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor แสดงให้เห็นว่า กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ในกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีความแตกต่างกับนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี โดยกลุ่มที่เป็นโรครองข้อมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ที่น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เป็นโรครองข้อมี

กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีบทบาทสำคัญในช่วง Stance phase โดยจะทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายและลำตัวไม่ให้เคลื่อนที่เหลื่อมล้ำกัน ในช่วง Initial stance phase กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor จะมีการทำงานในลักษณะ Eccentric contraction เพื่อชะลอการงอข้อสะโพกให้อยู่ในองศาที่เหมาะสมในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ส่วนในช่วง Terminal stance phase กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor จะทำงานในลักษณะ Concentric contraction ร่วมกับกลุ่มกล้ามเนื้อ Plantar flexor เพื่อออกแรงในการผลักร่างกายออกจากพื้นเพื่อเข้าสู่ช่วง Swing phase (Powers, 2016; Sheila A. Dugan, 2005)

จากผลการศึกษาปัจจุบัน มีความเป็นไปได้ว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีการลดประสิทธิภาพการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกในท่า Hip flexion ในช่วง Initial stance phase ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า ในช่วง Initial stance phase นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมี ( $13.320 \pm 5.274$  องศา) ค่ามุม Hip flexion ที่มากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อมี ( $9.647 \pm 4.543$  องศา) และจากทฤษฎี Kinetic chain theory ในแนว Sagittal plane อธิบายว่าข้อสะโพกและข้อเท้าจะทำงานเป็นแบบเกื้อหนุนกัน (Melinda M. Franettovich Smith, 2014) หมายความว่ากล้ามเนื้อ Hip extensor ที่ข้อสะโพกทำงานมากในฟังก์ชันใด กล้ามเนื้อกลุ่ม Plantar flexor ของข้อเท้าจะทำงานน้อยลงในฟังก์ชันนั้น และจากการที่ข้อสะโพกทำมุม Hip flexion ในช่วง Initial stance phase ที่มากกว่าปกติ ส่งผลให้ต้องใช้แรงในปริมาณที่มากกว่าในการดึงข้อสะโพกให้มาอยู่ในท่า Hip extension ในช่วง Terminal stance phase เพื่อผลักร่างกายออกจากพื้นเข้าสู่ช่วง Swing phase แต่เนื่องด้วยนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ที่มีความแข็งแรงน้อยกว่าจึงทำหน้าที่ได้น้อยลง ส่งผลให้กลุ่มกล้ามเนื้อ Plantar flexor ต้องทำงานมากขึ้น ซึ่งกล้ามเนื้อ Gastrocnemius เป็นกล้ามเนื้อมัดหลักของกลุ่มกล้ามเนื้อ Plantar

flexor เมื่อมี Load ที่กลุ่มกล้ามเนื้อดังกล่าวในปริมาณที่สูง ส่งผลให้เอ็นร้อยหวายซึ่งเป็นส่วนของจุดเกาะปลายของกลุ่มกล้ามเนื้อ Plantar flexor ถูกดึงให้ยืดยาวออก การยืดยาวออกของเอ็นร้อยหวายเป็นผลให้ลดประสิทธิภาพในการรับ Load ของเอ็นร้อยหวาย ส่งผลให้พังผืดฝ่าเท้าที่เป็นโครงสร้างส่วนปลายที่ต่อเนื่องกับเอ็นร้อยหวายได้รับ Load ที่มากกว่าปกติ ดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น (ในส่วนของผลการอภิปรายผลในประเด็นของการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius) และเมื่อมี Load ปริมาณมากกว่าปกติซ้ำๆ หลายหมื่นรอบจากหลายหมื่นก้าวของการลงน้ำหนักในการวิ่งระยะไกล ส่งผลให้พังผืดฝ่าเท้าที่มีพยาธิสภาพจากโรครองช้ำอยู่ก่อนแล้ว ได้รับ Stress และ Tension ที่พังผืดฝ่าเท้ามากกว่าปกติซ้ำๆ ในที่สุดก็ทำให้เกิดการอักเสบวนซ้ำๆ เป็นวัฏจักร

## 6. ระดับความรู้สึกปวด

สำหรับผลการศึกษาของระดับความรู้สึกปวดของการศึกษาปัจจุบัน ทั้งคะแนน FFI ในส่วนของระดับความรู้สึกปวด (Pain subscale) ซึ่งเป็นตัววัดในลักษณะ Subjective examination และระดับ PPT ที่เป็นตัววัดในลักษณะ Semiobjective examination พบว่าทั้งสองตัวแปร มีความแตกต่างกันระหว่างนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ และนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ โดยที่ในกลุ่มที่เป็นโรครองช้ำมีคะแนน FFI ที่มากกว่า และมีระดับ PPT ที่น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมีอาการปวดที่มากกว่าและความสามารถในการทนต่อการกระตุ้นให้มีอาการปวดที่ต่ำกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ

สำหรับแบบประเมิน FFI เป็นแบบประเมินที่ใช้วัดระดับความรู้สึกปวดของคนที่ปัญหาที่เท้าและข้อเท้า โดยแสดงคะแนนในส่วนของระดับความรู้สึกปวดด้วยคะแนนเต็ม 90 คะแนน ผลการประเมินที่มีระดับคะแนนสูงแปลว่ามีระดับความรุนแรงของความรู้สึกปวดที่ระดับสูงกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินที่ระดับคะแนนที่น้อยกว่า จากผลการศึกษาของแบบประเมิน FFI เปิดเผยว่า คะแนนของ FFI มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับความรู้สึกปวดในคนที่เป็นโรครองช้ำ นอกจากนี้แบบประเมิน FFI ในฉบับภาษาไทยได้ทำการทดสอบในส่วนของ การรับความรู้สึกปวด (Pain subscale) กับผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีปัญหาที่เท้า โดยที่มีผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นโรครองช้ำในสัดส่วนที่มากที่สุด ผลการทดสอบพบว่า มีระดับความเชื่อมั่นของค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's alpha อยู่ที่ 0.94 ซึ่งจัดเป็นค่าความสอดคล้องภายในระดับสูงมาก (Pitchanart Srimakarat, 2018a) ดังนั้น ผลการศึกษาปัจจุบันที่เปิดเผยว่าคะแนน FFI ในส่วนของระดับความรู้สึกปวดในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำมีค่าสูงกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ หมายความว่า จากการประเมินความรู้สึกปวด

ด้วยตนเอง นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมีความรุนแรงของระดับความรู้สึกปวดที่เท้ามากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อม

สำหรับค่าระดับ PPT เป็นการประเมินระดับความไวของความรู้สึกปวดต่อแรงกด และระดับความสามารถในการทนต่อแรงกด ซึ่งเป็นการประเมินที่สอดคล้องกับการทดสอบจุดกดเจ็บของโรครองข้อม และสอดคล้องกับกิจกรรมประจำวันที่มีแรงกดด้วยน้ำหนักลงที่เท้า เช่น การวิ่ง การเดิน เป็นต้น จากผลการศึกษาปัจจุบันเปิดเผยว่า ค่าระดับ PPT ในกลุ่มที่เป็นโรครองข้อมมีค่าระดับ PPT ที่น้อยกว่ากลุ่มที่ไม่เป็นโรครองข้อม แสดงให้เห็นว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมมีความไวของอาการปวดต่อการกระตุ้นด้วยแรงกดที่มากกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อม กล่าวคือ นักวิ่งระยะไกลจะมีความรู้สึกปวดที่สัมผัสได้ง่ายกว่า โดยผลการศึกษาก่อนหน้านี้ได้อธิบายโดยอ้างอิงจากโครงสร้างทางกายวิภาคศาสตร์ว่า เส้นประสาท Tibial nerve แยกออกเป็นแขนงประสาท Medial calcaneal nerve และ Medial and lateral plantar nerve โดยที่ Medial and lateral plantar nerve วางตัวอยู่ใกล้กับ Medial calcaneal tuberosity ซึ่งเป็นจุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าและเป็นบริเวณที่มีการอักเสบของโรครองข้อม (Masharawi, 2016) ดังนั้น การรบกวนบริเวณดังกล่าวด้วยแรงกด เช่น จากการลงน้ำหนักในการวิ่ง จึงเป็นการกระตุ้นบริเวณที่มีรอยโรคที่พังผืดฝ่าเท้า ทำให้เส้นประสาทดังกล่าวรับความรู้สึกถึงการรบกวนได้อย่างรวดเร็ว จึงกระตุ้นให้แสดงอาการปวดได้เร็วกว่าคนที่ไม่มีรอยโรคที่พังผืดฝ่าเท้า เป็นผลให้ค่าของระดับ PPT ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมต่ำกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อม

### สรุปการศึกษาที่ 1

การศึกษาที่ 1 เปิดเผยว่า นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมมีรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่างที่แตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองข้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในแนว Frontal plane ซึ่งประกอบไปด้วยรูปแบบการเคลื่อนไหวของมุม Rearfoot eversion มุม Knee abduction มุม Hip adduction และมุม Pelvic upward rotation (ซึ่งหมายถึงการมี Hip drop ของขาข้างตรงข้าม) ในช่วง Initial stance phase ขณะวิ่ง ซึ่งรูปแบบการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่ผิดปกติดังกล่าว ส่งผลให้เกิด Stress และ Tension ที่พังผืดฝ่าเท้าซ้ำๆ ขณะลงน้ำหนักในการวิ่งระยะไกล จนทำให้เกิดการบาดเจ็บและการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า นอกจากนี้ยังพบว่า มีรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในแนว Sagittal plane ที่มีมุมการเคลื่อนไหวมากกว่าปกติ ประกอบด้วย มุม Hip flexion และมุมของอุ้งเท้าทางด้านในที่มีค่ามากขึ้น สะท้อนถึงความสูงของอุ้งเท้าที่ลดลง โดยการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติดังกล่าวนี้นำมาให้เกิดการอักเสบซ้ำๆ

ที่พังผืดฝ่าเท้าได้เช่นกัน ซึ่งรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างที่ผิดปกติไปดังกล่าว สอดคล้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างที่ทำงานผิดปกติไปในขณะวิ่งทั้งในช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเตรียมตัวของรยางค์ล่างเพื่อให้เท้าสัมผัสพื้น และช่วง Initial stance phase ที่เป็นช่วงครึ่งแรกของการลงน้ำหนักขณะวิ่ง โดยพบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีการทำงานที่มากกว่าปกติในช่วง Initial stance phase ส่งผลให้เกิด Overload ซ้ำๆที่พังผืดฝ่าเท้า ร่วมกับกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ที่ทำงานน้อยกว่าปกติ ขณะลงน้ำหนัก ยิ่งทำให้เป็นการเพิ่ม Load ให้กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ซึ่งเป็น Partner กันในการทำงานเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในแนว Sagittal plane ตามทฤษฎี Kinetic chain นอกจากนี้ มีการทำงานที่ลดลงของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในช่วง Terminal swing phase ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของมุม Knee abduction มุม Hip adduction และมุม Pelvic upward rotation

โดยการทำงานของกล้ามเนื้อเหล่านี้ สอดคล้องกับเวลาที่กล้ามเนื้อดังกล่าวมีการทำงานที่ผิดปกติไป โดยที่กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มี Onset time ที่ช้าและช่วง Duration of activation ที่สั้น อีกทั้งกล้ามเนื้อ Gluteus medius มี Onset time ที่ช้า มี offset time ที่เร็ว ทำให้มีช่วง Duration of activation ที่สั้นลง โดยการทำงานที่ผิดปกติไปเหล่านี้ส่งผลให้การควบคุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างขณะวิ่งที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ทำให้มีรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่างที่ผิดปกติไปในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ ซึ่งปัจจัยดังกล่าวนี้ชักนำให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

นอกจากนั้น การศึกษาปัจจุบันยังพบว่ากล้ามเนื้อ Abductor hallucis ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีขนาดที่เล็กกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ ส่งผลให้กล้ามเนื้อดังกล่าวทำงานได้น้อยลงในช่วงวิ่ง และทำให้ความสามารถในการคงรูปของเท้าลดลงซึ่งสอดคล้องความสูงของอุ้งเท้าที่ลดลง ร่วมกับการมีรูปแบบการเคลื่อนไหวของรยางค์ที่ผิดปกติไป ทำให้มี Impulse ที่มากในช่วงลงน้ำหนักขณะวิ่ง ปรากฏการณ์ดังกล่าวทำให้พังผืดฝ่าเท้าได้รับ Stress และ Tension ที่มากกว่าปกติ นำมาซึ่งการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ ยิ่งไปกว่านั้น ผลการศึกษาทำให้ทราบว่าความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีค่าน้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ ประกอบด้วยกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในแนว Frontal plane และแนว Sagittal plane ตามลำดับ โดยความแข็งแรงที่ลดลง ส่งผลให้มีการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มนี้ได้ลดลงในช่วงวิ่ง ส่งผลต่อเนื่องให้มีรูปแบบการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane และ

Sagittal plane ที่ผิดปกติไป โดยการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติไปนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ชักนำให้เกิดการบาดเจ็บและการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในการวิ่งระยะไกล ท้ายที่สุดก็แสดงออกมาเป็นอาการปวดเมื่อยลงน้ำหนักในก้าวแรกหรือเมื่อมีแรงกดไปกระทำที่พังผืดฝ่าเท้าที่มีการอักเสบ





## การศึกษาที่ 2

### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาที่ 2 สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่ามุมอุ้งเท้า มุม Rearfoot eversion และมุม Hip adduction มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังได้รับการออกกำลังกายมุดังกล่าวมีค่าลดลงกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย นอกจากนี้การออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องส่งผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อค่า Pelvic upward rotation โดยกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีค่ามุม Pelvic upward rotation ลดลงมากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง

2. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าความสามารถในการคงรูปของเท้ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะความสามารถในการคงรูปของเท้ามีค่ามากกว่าได้รับการออกกำลังกาย

3. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีการทำงานของกล้ามเนื้อมากกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย ดังนี้

- การทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase
- การทำงานของกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase
- การทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Terminal swing phase
- การทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในช่วง Initial stance phase
- การทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในช่วง Terminal swing phase

4. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า Timing of muscle activation มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีค่า Timing of muscle activation ที่มากกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย ดังนี้

- Offset time ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius
- Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius

- Onset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius
- Offset time ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius
- Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Gluteus medius
- Onset time ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae
- Duration of activation ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

5. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ขนาดของกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis และขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทั้ง 3 มัด มีขนาดใหญ่กว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย

6. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ความแข็งแรงกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor มากกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย

7. หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าคะแนน FFI และค่าระดับ PPT มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่หลังจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ คะแนน FFI มีค่ามากกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย และระดับ PPT มีค่าน้อยกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย

โดยที่ผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยได้อภิปรายผลการศึกษาไว้ในหัวข้อของการอภิปรายผลสำหรับการศึกษาที่ 2

### การอภิปรายผล

สำหรับผลการการศึกษาที่ 2 พบว่าหลังจากได้รับการออกกำลังกายทั้งกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (กลุ่ม Specific functional exercise: SFE) และกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (กลุ่ม Intrinsic foot muscle exercise-related calf muscle: IERC) นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบมีการเปลี่ยนแปลงของคุณลักษณะรายบุคคล (Individual characteristics) หลายประการ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย อีกทั้งผลของการออกกำลังกายทั้ง 2 รูปแบบยังส่งผลต่อของคุณลักษณะรายบุคคลที่ต่างกันหลายประการ ทั้งคุณลักษณะทาง Kinematic pattern ของรอยางค์ล่าง คุณลักษณะทาง Kinetics

ของเท้า รูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง รวมไปถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และระดับความรู้สึกปวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะเหล่านี้สามารถยืนยันสมมติฐานหลักและสมมติฐานรองของการศึกษาที่ 2 ได้ โดยผลการศึกษานี้สามารถอธิบายได้ดังนี้

## 1. ข้อมูลทางคิเนมาติกส์และคิเนติกส์ (Kinematic and kinetic data) ของรยางค์ล่าง

### 1.1 ข้อมูล Kinematics ของรยางค์ล่าง

#### - มุมของอุ้งเท้า

ผลการศึกษามุมของอุ้งเท้าซึ่งมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความสูงของอุ้งเท้าพบว่าหลังจากได้รับการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเท้าหัก 2 กลุ่มมีค่ามุมของอุ้งเท้าที่ลดลง หมายถึงว่ามีค่าความสูงของอุ้งเท้ามากขึ้นในขณะที่วิ่งด้วยเท้าเปล่า แต่ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะส่งผลให้ความสูงของอุ้งเท้ามีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ความสูงของอุ้งเท้าที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่มีค่ามากขึ้น แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนรูปร่างของเท้าที่ลดน้อยลงในช่วง Initial stance phase อ้างอิงตามหลักชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหวของเท้าที่กล่าวถึงความสูงของอุ้งเท้าที่ลดลง โดยปกติเท้าจะมีความสามารถในการยอมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้าให้เป็นลักษณะ Loose-packed position เพื่อทำหน้าที่ในการดูดซับแรงปฏิกิริยาจากพื้น (GRF absorption) ขณะลงน้ำหนัก อย่างไรก็ตามหากมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้าที่มากเกินไป ขณะลงน้ำหนักโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วง Initial stance phase จะทำให้พังผืดฝ่าเท้าได้รับ Stress ที่มากเกินไปและทำให้เกิด Tension ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า ซึ่งหากเกิดวนซ้ำๆ หลายหมื่นก้าวในการวิ่งระยะไกล จะนำมาซึ่งการเกิด Microtrauma และการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าได้ ดังนั้น จากผลของความสูงของอุ้งเท้าที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่มีความสูงมากขึ้นหลังจากผ่านการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ กล่าวคือมีการเปลี่ยนแปลงความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในของเท้าที่ลดลงน้อยกว่าก่อนได้รับการฝึกการออกกำลังกาย ยิ่งไปกว่านั้น ความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในของกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะยังมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง โดยความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในที่มีค่ามากกว่า บอกเป็นนัยว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะทำให้เท้ามีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปน้อยกว่าในช่วง Initial stance phase ขณะวิ่ง ดังนั้นจึงส่งผลให้พังผืดฝ่าเท้าได้รับ Stress ที่น้อยกว่า ทำให้ลดโอกาสเกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้อเท้าหัก

จากรูปแบบการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ซึ่งได้ประยุกต์ทำออกกำลังกายในท่า Short foot exercise มาใช้ในการฝึกขณะมีการลงน้ำหนักที่เท้า ซึ่งเป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความสามารถในการควบคุมการวางเท้าในขณะที่ลงน้ำหนักที่เท้า อาจเป็นไปได้ว่าการฝึกด้วยรูปแบบของการออกกำลังกายดังกล่าวมีความสอดคล้องกับลักษณะการควบคุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างและการทำงานของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขณะลงน้ำหนักในการวิ่ง จึงเป็นผลให้กล้ามเนื้อเกิดการพัฒนาและปรับตัวในขณะที่มีการออกกำลังกายแบบลงน้ำหนัก เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกเท้า รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้าและการลดต่ำลงของความสูงของอุ้งเท้าทางด้านใน ทำให้มีการควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกเท้าและความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในขณะที่ลงน้ำหนัก เป็นผลให้ลด Stress ที่พังผืดฝ่าเท้าจากการเปลี่ยนรูปของเท้าที่ไม่เหมาะสมเพื่อเกิด Shock absorption ทำให้ลดโอกาสเกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำได้

จากผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Kim ในปี 2016 ที่พบว่าผลของการออกกำลังกายแบบ Short foot exercise ทำให้มีการลดต่ำลงของกระดูก Navicular ในการทดสอบ Navicular drop test มีค่าน้อยลงกว่าก่อนการออกกำลังกาย โดย Kim ได้อธิบายว่าการออกกำลังกายแบบ Short foot exercise เป็นการออกกำลังกายที่เน้นการควบคุมการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้าโดยผ่านวิธีการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อนอกฝ่าเท้า (Extrinsic foot muscle) ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงความสูงของอุ้งเท้าด้านใน ดังนั้นผลของการออกกำลังกายแบบ Short foot exercise ในการศึกษาดังกล่าวจึงมีผลดีต่อความสูงของอุ้งเท้าทางด้านใน (Kim, 2016) นอกจากนี้ผลการศึกษาของ Junga และคณะในปี 2011 พบว่ามุมของอุ้งเท้าทางด้านในขณะออกกำลังกายแบบ Short foot exercise โดยการยืนลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวมีค่าน้อยกว่าขณะออกกำลังกายแบบ Short foot exercise ในท่านั่ง และขณะออกกำลังกายในท่าเท้าขมุดผ้า (Towel curl exercise) หมายถึงการออกกำลังกายแบบ Short foot exercise ขณะยืนด้วยขาข้างเดียวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้า น้อยกว่าการออกกำลังกายอีก 2 แบบที่เหลือ โดยการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้าที่น้อยกว่าอ้างอิงถึงความสูงอุ้งเท้าทางด้านในที่มากกว่า ดังนั้นการออกกำลังกายแบบ Short foot exercise ขณะยืนด้วยขาข้างเดียวจึงมีผลดีต่อการคงความสูงของอุ้งเท้าทางด้านในไว้และเป็นการออกกำลังกายที่ควรได้รับการแนะนำให้แก่คนที่มีปัญหาเกี่ยวข้องกับเท้าแบนหรือการลดลงของความสูงของอุ้งเท้าทางด้านใน (Do-Young Junga, 2011)

- มุม Rearfoot eversion

จากผลการศึกษาของค่ามุม Rearfoot eversion ขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า เปิดเผยว่าหลังจากการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ มีค่ามุม Rearfoot eversion ที่ลดลงกว่าก่อนการฝึก และมีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะจะมีค่ามุม Rearfoot eversion ที่ลดลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้ออ่อน ซึ่งมุม Rearfoot eversion ที่มีค่าลดลงขณะลงน้ำหนักในช่วง Initial stance phase อ้างอิงได้ถึง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของเท้าที่น้อยลง กล่าวคือมีการ Deformation ของเท้าในช่วง Initial stance phase ที่ไม่มากเกินไปเพื่อเกิด Shock absorption เป็นผลให้ลดโอกาสที่พังผืดฝ่าเท้าจะได้รับที่ Stress ที่สูงเกินไป นำไปสู่การลดโอกาสการบาดเจ็บซ้ำที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำได้

มีความเป็นไปได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ที่ได้รับการออกแบบให้มีการออกกำลังกายแบบ Short foot exercise ขณะลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว มีความสอดคล้องกับท่าวิ่งที่มีช่วง Single limb support จึงส่งผลให้ร่างกายกลางได้รับฝึกฝนและเรียนรู้การทำงานที่ประสานกันเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกเท้าไม่ให้เกิด Deformation มากเกินไปขณะวิ่ง จึงสามารถควบคุมให้เกิดมุม Rearfoot eversion ที่น้อยลงกว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Sulowska และคณะในปี 2016 ที่ศึกษาการออกกำลังกาย Plantar short foot muscle ในนักวิ่งระยะไกลที่ส่งผลต่อโครงสร้างของเท้า (Foot posture) พบว่าหลังจาก 6 สัปดาห์ของการออกกำลังกาย Plantar short foot muscle นักวิ่งระยะไกลมีมุม Calcaneal eversion หรือ Rearfoot eversion ที่ลดลง ส่งผลให้ลดโอกาสการเกิด Pronation ของเท้าในนักวิ่งระยะไกล ทำให้ลด Stress ที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกล (L. O. Iwona Sulowska, Anna Mika, Dorota Bylina, and Jarosław Sottan, 2016) ดังนั้น เมื่อผนวกกับการศึกษาปัจจุบันชี้ว่า การออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ซึ่งได้มีการประยุกต์ทำออกกำลังกายแบบ Short foot exercise แบบลงน้ำหนัก ส่งผลดีต่อนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ โดยการลดท่าทางการเกิด Pronation ที่มากเกินไปของเท้า ซึ่งจะนำมาซึ่งการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า

#### - มุม Hip adduction

สำหรับผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะที่ส่งผลต่อค่ามุม Hip adduction ที่ทดสอบหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยที่การทดสอบหลังการออกกำลังกายค่ามุม Hip adduction มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทดสอบก่อนได้รับการออกกำลังกาย หากพิจารณาจากองค์ประกอบของท่าทางการออกกำลังกายในโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ซึ่งถูกออกแบบให้มีท่าทางการออกกำลังกายในท่ากางข้อสะโพกออก (Hip

abduction) ซึ่งเป็นการออกกำลังกายเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง โดยวิธีการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ในขณะที่ยืนด้วยขาข้างเดียว ซึ่งเป็นการฝึกแบบ Concentric contraction ของกล้ามเนื้อของขาข้างที่กางข้อสะโพก และแบบ Eccentric contraction ร่วม Co-ordination ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip adductor ของขาข้างที่ยืนลงน้ำหนัก ตามหลักชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหว กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor จะมีหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของมุม Hip adduction ให้มีความเหมาะสมในช่วงที่มีการลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวขณะวิ่ง ซึ่งเมื่อมีมุม Hip adduction ที่ลดลง ก็ส่งผลให้มีมุม Knee abduction มุม Tibial internal rotation และมุม Rearfoot eversion ที่ลดลง ทำให้ลดโอกาสที่พังผืดฝ่าเท้าจะได้รับ Stress ที่มากเกินไป กล่าวคือลดโอกาสการบาดเจ็บซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ

ผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Willy and Davis ในปี 2011 ที่ศึกษาการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกโดยเน้นที่การออกกำลังกายกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และ Hip external rotator ที่มีต่อมุม Hip adduction ในนักวิ่งที่มีมุม Hip adduction ที่มากกว่าปกติขณะวิ่ง หลังจากการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมดังกล่าวเป็นเวลา 6 สัปดาห์ กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และมุม Hip adduction ขณะทำ Single leg squat มีค่าลดลง ซึ่งอธิบายได้ว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กล้ามเนื้อมีการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการชะลอและควบคุมการเคลื่อนไหวของมุม Hip adduction ให้มีค่าน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามในการศึกษาเดียวกันพบว่าความแข็งแรงของกลุ่ม Hip abductor ที่เพิ่มขึ้นกลับไม่ส่งผลให้มุม Hip adduction ในขณะวิ่งลดลง มีความเป็นไปได้ว่าโปรแกรมการออกกำลังกายที่ออกแบบขึ้นประกอบไปด้วยการออกกำลังกายกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ในท่านอน และท่า Single leg squat ซึ่งสอดคล้องกับการวัดมุม Hip adduction ในท่าทางดังกล่าว เป็นผลให้เมื่อเปลี่ยนรูปแบบการเคลื่อนไหวร่างกายเป็นการวิ่ง ระบบ Neuromuscular control ของทั้งรยางค์ล่างยังไม่ประสานสัมพันธ์กัน ทั้งนี้เพราะไม่ได้รับการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงในท่าทางที่สอดคล้องกับการวิ่ง จึงทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่เพิ่มมากขึ้น ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในขณะวิ่ง เป็นผลให้มุม Hip adduction ในขณะวิ่งจึงไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและมีความสอดคล้องกับฟังก์ชันที่ต้องนำไปใช้งานจริง ซึ่งเป็นการฝึกในแบบ Re-training ของ Neuromuscular control อาจจะประสบความสำเร็จมากกว่าในการลดมุม Hip adduction ในขณะทำงานในฟังก์ชันนั้นๆ (Davis, 2011) ดังนั้นในการศึกษาปัจจุบัน สำหรับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มี

ความจำเพาะซึ่งมีการออกแบบให้เป็นไปในลักษณะ มีการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ทั้งในรูปแบบ Concentric contraction รูปแบบ Eccentric contraction และ Co-ordination ขณะลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวซึ่งสอดคล้องกับช่วง Single leg support ของท่าวิ่ง จึงมีความเป็นไปได้ว่าการฝึกด้วยรูปแบบดังกล่าวเป็นการกระตุ้นให้มีการทำงานของระบบ Neuromuscular control ของทั้งรยางค์ล่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่กล้ามเนื้อ Hip abductor จึงทำให้มุม Hip adduction มีค่าลดลงในช่วง Initial stance phase ขณะวิ่ง

#### - มุม Pelvic upward rotation

ค่ามุม Pelvic upward rotation ของขาข้างที่ลงน้ำหนักในขณะวิ่ง แสดงถึงการไม่สมมาตรกันของระดับกระดูกเชิงกราน สะท้อนให้เห็นถึงการมี Pelvic downward rotation หรือ Hip drop ของขาข้างตรงข้ามที่ไม่สัมผัสพื้น จากผลการศึกษาพบว่ามัลกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีค่ามุม Pelvic upward rotation ที่แตกต่างจากกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง หากพิจารณาจากค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มพบว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีค่ามุม Pelvic upward rotation ที่มีค่าลดลงมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ที่การทดสอบหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นอกจากนี้ หากพิจารณาภายในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ค่ามุม Pelvic upward rotation ที่การทดสอบ Post-test มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อเทียบกับการทดสอบที่ Pre-test

จากผลการศึกษาที่มีความเป็นไปได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะในท่า Short foot exercise with hip movement และ ท่า Hip movement with short foot exercise on unstable floor ซึ่งเป็นการออกกำลังกายกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ทั้งในรูปแบบ Concentric contraction รูปแบบ Eccentric contraction และการฝึก Co-ordination ขณะลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว ในขณะที่การออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องไม่มีองค์ประกอบของท่าทางการออกกำลังกายของกลุ่ม Hip abductor อ้างอิงจากหลักการเคลื่อนไหวร่างกายขณะมีการลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวหมายความรวมถึงการเดิน และการวิ่ง กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ทำหน้าที่สำคัญในการรักษาระดับของกระดูกเชิงกรานให้มีความสมมาตรกันขณะลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว หรือป้องกันการเกิด Hip drop หรือ Pelvic drop ของขาข้างที่ไม่ลงน้ำหนัก (Natasha Amy May Sparks Flack, 2012) ดังนั้น หลังจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ เป็นไปได้ว่ากลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor อาจจะเพิ่มศักยภาพที่มากขึ้นในการออกแรงเพื่อรักษาระดับของกระดูกเชิงกรานทั้งสองข้างให้สมมาตรกันขณะลง

น้ำหนักด้วยขาข้างเดียว รวมถึงการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะอาจจะกระตุ้นให้มีการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่ม Hip abductor ที่มากขึ้นขณะลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวในการวิ่ง จึงส่งผลให้ขาข้างที่ลงน้ำหนักมีมุม Pelvic upward rotation น้อยลง หรือมีมุม Pelvic drop ของขาข้างที่ไม่ลงน้ำหนักน้อยลง โดยเมื่อมีมุม Pelvic upward rotation น้อยลงจะส่งผลให้รูปแบบการทำงานของรยางค์ล่างในแนว Frontal plane ไม่เสถียรสมดุล กล่าวคือ ทำให้มีมุม Hip adduction มุม Knee abduction และตามด้วย Rearfoot eversion ที่มีค่าน้อยลง ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องให้โอกาสการได้รับ Tension ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้าลดลง ทำให้เป็นการลดโอกาสการบาดเจ็บซ้ำๆ ของพังผืดฝ่าเท้าในขณะวิ่งระยะไกล

## 1.2 ข้อมูล Kinetics ของรยางค์ล่าง

ผลการศึกษาปัจจุบันเปิดเผยว่าหลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าในช่วง Initial stance phase ขณะวิ่งมีค่าที่สูงขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีแนวโน้มของค่าความสามารถในการคงรูปของเท้าที่เปลี่ยนแปลงไปจากการทดสอบที่ก่อนการออกกำลังกายมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง มีความเป็นไปได้ว่ารูปแบบการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะซึ่งมีการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเพื่อควบคุมการคงรูปของเท้าในการประยุกต์ทำ Short foot exercise มาฝึกในขณะที่มีการลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวในท่า short foot exercise with hip movement และท่า Hip movement with short foot exercise on unstable floor ซึ่งสอดคล้องกับท่าทางในการวิ่งในช่วง Single leg support ส่งผลให้เมื่อทดสอบในท่าวิ่ง กลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะสามารถควบคุมความสามารถในการคงรูปของเท้าได้ดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องที่มีการออกกำลังกายเพื่อควบคุมการคงรูปของเท้าในขณะนั่งในท่า Towel curl exercise และท่า Short foot exercise ในขณะยืนลงน้ำหนักด้วยขาทั้ง 2 ข้าง ท่าทางดังกล่าวอาจจะไม่สอดคล้องกับท่าวิ่งในช่วง Single leg support ซึ่งอาจจะส่งผลให้มีการใช้ความสามารถในการคงรูปของเท้าขณะวิ่งได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

จากเหตุผลดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Sulowska และคณะในปี 2016 ที่เปิดเผยถึงผลของการฝึก Short foot exercise เป็นเวลา 6 สัปดาห์ในนักวิ่งระยะไกลที่มีสุขภาพดี ทำให้มีมุม Rearfoot eversion ในขณะวิ่งที่ลดน้อยลง กล่าวคือนักวิ่งระยะไกลมีความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของเท้าได้ดีขึ้น ผู้วิจัยอธิบายว่าเมื่อมีมุม Rearfoot eversion ลดลงในขณะลงน้ำหนักหมายถึงเท้ามีความมั่นคงมากขึ้นขณะเคลื่อนไหว ทำให้ลดโอกาสการเกิดการบาดเจ็บที่เท้าจากภาวะ Rearfoot eversion ที่มากเกินไป และผู้วิจัยอธิบายเพิ่มเติมว่ามุม Rearfoot eversion มี



ความสัมพันธ์โดยตรงกับมุม Tibial internal rotation หมายความว่า การควบคุมมุมการเคลื่อนไหวของ Tibial internal rotation ได้ดีอาจจะส่งผลดีต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวในท่า Rearfoot eversion ด้วย คือมีมุม Rearfoot eversion ที่น้อยลงขณะวิ่ง ซึ่งเป็นการฝึกควบคุม Neuromuscular system ของทั้งรยางค์ล่าง (L. O. Iwona Sulowska, Anna Mika, Dorota Bylina, and Jaroslaw Soltan, 2016) สอดคล้องกับท่าฝึกของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบ ฟังก์ชันที่มีความจำเพาะซึ่งเป็นการฝึกควบคุมการทำงานของทั้งรยางค์ล่างร่วมกับการทำ Short foot exercise ในขณะที่ลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว จึงมีความเป็นไปได้ว่าการฝึกด้วยท่าทางดังกล่าวส่งผลให้มีการควบคุมการเคลื่อนไหวของเท้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ค่าความสามารถในการคงรูปของเท้ามีค่ามากขึ้นในขณะวิ่งในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ ซึ่งความสามารถในการคงรูปของเท้าที่ดีขึ้น ส่งผลให้มีการเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการ Deformation ของเท้าในช่วง Initial stance phase ทำให้ลดโอกาสเกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า และส่งผลให้ลดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าตามมา

## 2. การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง (Posterior hip and LE muscle activity) ขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า

### - กล้ามเนื้อ Gastrocnemius

สำหรับผลการศึกษาของการทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius เปิดเผยว่าหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ กล้ามเนื้อ Gastrocnemius ทั้งกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ในช่วง Initial stance phase มีการทำงานที่แตกต่างกับก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกาย โดยกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีแนวโน้มการทำงานของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ที่สูงขึ้นในช่วง Initial stance phase มากกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง หากพิจารณาจากท่าออกกำลังกายทั้ง 2 โปรแกรม ซึ่งประกอบด้วยท่า Heel raise exercise โดยท่าทางดังกล่าวเป็นการออกกำลังกายที่เน้นการฝึกกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ทั้งกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius จึงมีความเป็นไปได้ว่ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius ที่ได้รับการฝึกมาเป็นเวลา 8 สัปดาห์มีการทำงานที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อช่วยให้การชะลอการเกิดมุม Ankle dorsiflexion ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในช่วง Initial stance phase ขณะวิ่ง อย่างไรก็ตามสำหรับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีรูปแบบของการทำ Heel raise exercise ในขณะที่ลงน้ำหนักที่ขาข้างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับท่าทางในการวิ่ง ในช่วง Single leg

support ทำให้ในช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Gastrocnemius จึงมีแนวโน้มการทำงานของกล้ามเนื้อที่มากขึ้นมากกว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง

นอกจากนั้น ท่า Single leg heel raise exercise ของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มี ความจำเพาะเป็นการออกกำลังกายที่มีความหนัก (Load) มากกว่าท่า Double leg heel raise exercise ของโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ซึ่ง Rathleff และคณะในปี 2014 ได้อธิบายว่าการฝึกด้วย Load ที่สูงกว่ามีความสัมพันธ์โดยตรงกับ Performance และอาการของโรคที่เกิดจากภาวะการถดถอย (Degenerative condition) ในที่นี้หมายถึงรวมถึงโรค รองข้ออักเสบ โดยการฝึกด้วย Load ที่สูงจะกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์คอลลาเจนชนิดที่ 1 ที่เป็น องค์ประกอบของพังผืดฝ่าเท้าและเอ็นร้อยหวายที่เป็นโครงสร้างที่เชื่อมต่อโดยตรงกับกล้ามเนื้อ Gastrocnemius (C. M. M. S. Rathleff, U. Fredberg, S. Kaalund, K. B. Andersen, T. T. Jensen, S. Aaskov, J. L. Olesen, 2014) จากกลุ่มตัวอย่างของการศึกษานี้ มีการคัดเลือกกลุ่ม ตัวอย่างที่เป็นโรครองข้ออักเสบแล้วอย่างน้อย 1 ปีก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ซึ่งโรครองข้อที่มีการถูกกระตุ้นให้ มีการอักเสบซ้ำๆ จากการใช้งานที่มากเกินไปของพังผืดฝ่าเท้ามาเป็นเวลานานเกิน 1 ปี จะมีภาวะการ ถดถอยของพังผืดฝ่าเท้าเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าท่า Single leg heel raise exercise ที่ มีความหนักของการออกกำลังกายที่มากกว่า Double leg heel raise exercise ส่งผลให้มีการ ทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ที่มากขึ้น และมีแนวโน้มมากกว่าการออกกำลังกายในท่า Double leg heel raise exercise โดยการทำงาน ของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ที่เพิ่มมากขึ้นดังกล่าว ส่งผลให้มีการทำงานในการชะลอมุม Ankle dorsiflexion ในรูปแบบการทำงานของ Eccentric contraction ขณะลงน้ำหนักของการวิ่งได้อย่าง มีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดโอกาสการเกิด elongation ของเอ็นร้อยหวาย ที่เกิดจากการออกแรงที่ มากของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius กล่าวคือทำให้เอ็นร้อยหวายมีความสามารถในการตอบสนองต่อ การทำงานที่มากของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ในขณะลงน้ำหนักของการวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ มากขึ้น ทำให้ไม่เกิด Load ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า นอกจากนี้ การชะลอมุม Ankle dorsiflexion ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวข้อเท้าในแนว Sagittal plane ให้เกิดขึ้นอย่างช้าๆ และเกิดได้ถึง องศาที่เหมาะสม จะลดโอกาสการเกิด Compensation ในแนว Frontal plane ในที่นี้หมายถึงลด โอกาสการเกิดมุม Rearfoot eversion ที่มากเกินไป และจะเป็นผลดีต่อการลดโอกาสการบาดเจ็บ ซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในการวิ่งระยะไกล โดยผลการศึกษาปัจจุบันมีความสอดคล้องการศึกษาของ Rathleff และคณะในปี 2014 ที่เปิดเผยว่าการฝึกด้วย Load ที่สูงในท่า Single leg heel raise exercise ส่งผลให้คะแนนจากแบบประเมิน FFI ของนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ออักเสบที่เพิ่มขึ้น (C.

M. M. M. S. Rathleff, U. Fredberg, S. Kaalund, K. B. Andersen, T. T. Jensen, S. Aaskov, J. L. Olesen, 2014)

### - กล้ามเนื้อ Gluteus medius

สำหรับการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius พบว่าหลังจากการออกกำลังเป็นเวลา 8 สัปดาห์ การทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ทั้งในช่วง Terminal swing phase และ Initial stance phase มีค่าแตกต่างกับค่าที่ทำการทดสอบก่อนการออกกำลังกาย และกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius หลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายมากกว่าค่าการทำงานกล้ามเนื้อ Gluteus medius ที่ทดสอบก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกาย จากท่าออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะซึ่งมีการให้ความสำคัญกับการออกกำลังกายกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ในท่าที่มีการลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว โดยที่กล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นหนึ่งในกล้ามเนื้อของกลุ่ม Hip abductor โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับท่า Short foot exercise with hip movement และท่า Hip movement with short foot exercise on unstable floor ที่มีการฝึกกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในขณะยืนด้วยขาข้างเดียวทั้งในลักษณะ Concentric contraction ลักษณะ Eccentric contraction และลักษณะ Co-ordination ซึ่งสอดคล้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในขณะวิ่ง โดยในช่วง Terminal swing phase กล้ามเนื้อ Gluteus medius จะมีการทำงานในลักษณะ Eccentric contraction เพื่อรักษาความมั่นคงของระดับกระดูกเชิงกราน และเป็นการเตรียมความพร้อมของรยางค์ล่างก่อนเท้าจะสัมผัสพื้น ขณะที่ในช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Gluteus medius ยังคงเด่นสำหรับการทำงานในลักษณะ Eccentric contraction ต่อเนื่องเพื่อควบคุมให้มีมุม Hip adduction และมุม Knee abduction ที่เหมาะสมในขณะลงน้ำหนัก ซึ่งมุม Hip adduction และมุม Knee abduction ที่ไม่มีค่ามากเกินไป จะช่วยลดโอกาสการเกิดมุม Rearfoot eversion ที่มากเกินไปซึ่งจะนำมาซึ่งการลดโอกาสที่พังผืดฝ่าเท้าจะได้รับ Stress และ Tension ที่มากเกินไปตามมา จากเหตุผลดังกล่าวสามารถยืนยันได้จากผลการศึกษาค่ามุม Hip adduction และค่ามุม Knee abduction ที่มีค่าลดลงหลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ (มุม Hip adduction =  $2.898 \pm 2$  องศา และมุม Knee abduction =  $7.601 \pm 3.959$  องศา) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าทดสอบก่อนการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (มุม Hip adduction =  $4.574 \pm 1.748$  องศา และมุม Knee abduction =  $9.944 \pm 5.273$  องศา) หรืออาจกล่าวได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ส่งผลให้มีการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างในแนว

Frontal plane ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในขณะวิ่งทั้งในช่วง Terminal swing phase และช่วง Initial stance phase ทำให้ลดโอกาสการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในการวิ่งระยะไกลได้

ผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Schreiber R และ Louw Q ในปี 2011 ที่เปิดเผยว่าผลของการฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นเวลา 6 สัปดาห์ในนักวิ่งที่เป็นโรค Iliotibial band syndrome ทำให้มีค่ามุม Hip adduction ที่ลดลง โดยผู้วิจัยอธิบายว่าการฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อ Gluteus medius ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางคิเนมาติกส์ในแนว Frontal plane ของรยางค์ล่างขณะวิ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการลดค่ามุม Hip adduction ที่มากเกินไป ส่งผลให้ลดโอกาสการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติในแนว Frontal plane และทำให้ลดการบาดเจ็บที่เกิดจากมุม Hip adduction ที่มากเกินไปขณะวิ่งได้ (Q, 2011) นอกจากนี้การศึกษาของ Snyder และคณะในปี 2009 ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีแรงต้านในท่า Hip abduction ต่อการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่าง เผยว่าหลังจากการฝึกเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ค่ามุม Knee abduction ขณะวิ่งมีค่าน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามุม Knee abduction ก่อนการฝึก ผู้วิจัยอธิบายว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีแรงต้านซึ่งมีองค์ประกอบของการออกกำลังกายในท่า Hip abduction ส่งผลให้มุมการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ของรยางค์ล่างเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น ทำให้ลดโอกาสการบาดเจ็บที่อาจจะเกิดจากมุมการเคลื่อนไหวที่มากเกินไปของรยางค์ล่างในแนว Frontal plane ได้ (Kelli R. Snyder, 2009)

#### - กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

ผลการศึกษาเปิดเผยว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในช่วง Terminal swing phase หลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์แตกต่างจากก่อนออกกำลังกาย โดยเป็นไปในทิศทางที่มีการทำงานของกล้ามเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นหลังจากเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกาย นอกจากนี้พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีแนวโน้มของค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในช่วง Terminal swing phase ที่มากขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง จากโครงสร้างทางกายวิภาคศาสตร์และหลักการทางชีวกลศาสตร์ของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ที่มีการทำงานร่วมกับกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในการทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor โดยที่กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae จะทำหน้าที่คอยสนับสนุนและเสริมการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius เมื่อมี Load ที่มีปริมาณสูงทำให้เกิดท่า Hip adduction โดยในการวิ่งที่มีความเร็วเข้ามาเกี่ยวข้องถือเป็นฟังก์ชันที่มี Load สูงกว่าการเดิน เนื่องด้วยเวลาที่ถูกจำกัดในแต่ละ Phase จากความเร็วของการเคลื่อนที่ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการเดิน ทำให้กล้ามเนื้อต้องสร้างแรงในปริมาณมากในการรักษา

ความมั่นคงของกระดูกเชิงกรานในช่วง Terminal swing phase โดยที่ในช่วงเวลาดังกล่าวโครงสร้างของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในส่วนของ Posterolateral part จะทำหน้าที่สำคัญในการสนับสนุนและเป็นตัวช่วยกล้ามเนื้อ Gluteus medius สำหรับเสริมการออกแรงเพื่อรักษาความมั่นคงของกระดูกเชิงกรานและข้อสะโพก เพื่อให้มีมุมของกระดูกเชิงกรานและข้อสะโพกในแนว Frontal plane ที่เหมาะสมในขณะที่เท้าสัมผัสพื้น (Edmond B. Pare, 1981; C. A. C. Michele Fernandes Frigotto, Rodrigo Rabello dos Santos, and Rodrigo Rodrigues, 2019)

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากท่าออกกำลังกายของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะสำหรับท่า Short foot exercise with hip movement และท่า Hip movement with short foot exercise on unstable floor ที่มีการให้ความสำคัญกับการฝึกในขณะยืนด้วยขาข้างเดียว ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่สอดคล้องกับช่วง Single leg support ของการวิ่ง พร้อมกับมีการออกแรงในท่า Hip abduction ซึ่งเป็นการฝึกกล้ามเนื้อ Hip abductor ในที่นี้หมายถึงรวมถึงกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ด้วย จึงมีความเป็นไปได้ว่าท่าทางดังกล่าวอาจจะส่งผลให้การทำงานของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ที่เพิ่มมากขึ้นในช่วงที่กล้ามเนื้อ Gluteus medius ต้องทำงานที่มากขึ้น เพื่อช่วยในการรักษาความมั่นคงของข้อสะโพกในช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นช่วงเตรียมตัวให้เท้าสัมผัสพื้นด้วยมุมการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ที่มีความเหมาะสม ทั้งนี้เพื่อลดโอกาสการเกิดบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในขณะลงน้ำหนักของการวิ่งระยะไกล

### 3. เวลาที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างทำงาน (Timing of posterior hip and LE muscle activation)

#### - กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius

ผลการศึกษา Timing of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius เปิดเผยว่า หลังจากได้รับการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้อมี Offset time และ Duration of activation ที่แตกต่างกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยมีแนวโน้มว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมี Offset time ที่ช้ากว่า และ Duration of activation ที่นานกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้ออื่น

โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะประกอบด้วยท่าทางการฝึกที่มีการประยุกต์มาจากท่า Single leg heel raise เช่น ท่า Single leg end range tiptoe ท่า End range tiptoe marching เป็นต้น ซึ่งเน้นการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Gastrosoleus

ผ่านทางรูปแบบการฝึก Neuromuscular control ของทั้งรยางค์ล่าง โดยกล้ามเนื้อกลุ่มนี้มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมมุมการเคลื่อนไหวในท่า Ankle dorsiflexion/Plantar flexion แต่จากโครงสร้างตามหลักกายวิภาคศาสตร์กล้ามเนื้อ Gastrocnemius เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มที่มีความยาวกล้ามเนื้อผ่าน 2 ข้อต่อ คือข้อเข่าและข้อเท้า ทำให้กล้ามเนื้อ Gastrocnemius ยังมีหน้าที่ในการช่วยกล้ามเนื้อ Hamstring ในการทำ Knee flexion ด้วยการทำงานแบบ Concentric contraction และช่วยชะลอการเกิด Knee extension ผ่านการทำงานแบบ Eccentric contraction อย่างไรก็ตาม อ้างอิงจากหลักชีวกลศาสตร์การเคลื่อนไหว หมายความว่ารวมถึงการวิ่งด้วย กล้ามเนื้อ Gastrocnemius ยังมีหน้าที่สำคัญในการช่วยกล้ามเนื้อ Hamstring ในการควบคุมการเคลื่อนไหวและรักษาความมั่นคงของข้อเข่าในแนว Frontal plane ด้วยการทำงานแบบ Eccentric contraction ในขณะลงน้ำหนัก (Huerta, 2014; Jin Hyuck Lee, 2020)

ดังนั้นจากผลการศึกษาที่มีความเป็นไปได้ว่า การออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะช่วยให้อาการกล้ามเนื้อ Gastrocnemius มีการทำงานหลังจาก Heel strike ที่นานขึ้น ส่งผลให้มีค่า Offset time ที่ช้ากว่า และ Duration of activation ที่นานกว่า เพื่อช่วยในการควบคุมมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าให้มีมุม Ankle dorsiflexion ที่เหมาะสมและช่วยรักษาความมั่นคงของข้อเข่าในแนว Frontal plane โดยการควบคุม Valgus moment ของข้อเข่า ไม่ให้ข้อเข่ามีมุม Knee abduction ที่มากเกินไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของค่ามุม Ankle dorsiflexion และค่ามุม Knee abduction ที่มีค่าลดลงหลังจากการได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Ankle dorsiflexion =  $17.982 \pm 6.593$  องศา, Knee abduction =  $7.601 \pm 3.959$  องศา) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย (Ankle dorsiflexion =  $20.98 \pm 6.736$  องศา, Knee abduction =  $9.944 \pm 5.273$  องศา) ส่งผลให้ลดโอกาสการเกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า ขณะลงน้ำหนัก และลดโอกาสเกิดการอักเสบซ้ำๆ ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาชี้ว่ากล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius เท่านั้นที่มีนัยสำคัญทางสถิติหลังจากได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ส่วนกล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ก็มีค่าของ Offset time และค่า Duration time ที่มากขึ้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius แม้จะไม่เอื้อถึงระดับนัยสำคัญทางสถิติก็ตาม ซึ่งจากโครงสร้างทางกายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius พบว่ากล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีขนาดใหญ่กว่ากล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius ถึง 2 เท่า (Bryan L Riemann, 2011) และแน่นอนว่าขนาดกล้ามเนื้อที่ใหญ่กว่าก็จะออกแรงในการทำงานได้มากกว่า

เป็นผลให้กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มีค่า Offset time ที่ช้า และมีค่า Duration of activation ที่นานกว่าหลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์

สำหรับผลการศึกษา Timing of activation ของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ใน การศึกษานี้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Jin Hyuck Lee และคณะในปี 2020 ที่ศึกษาค่า Reaction time ของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ในคนที่เป็นโรครองช้ำ โดยพบว่าคนที่เป็นโรครองช้ำมีค่า Reaction time ของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ที่รวดเร็วกว่าคนที่ไม่เป็นโรครองช้ำ ผู้วิจัยอธิบาย ผลดังกล่าวว่า ในคนที่เป็นโรครองช้ำ กล้ามเนื้อ Gastrocnemius จะทำหน้าที่ตอบสนองอย่างรวดเร็ว เพื่อช่วยในการรักษาความมั่นคงของข้อเท้าในแนว Sagittal plane และข้อเท้าแนว Frontal plane ทั้งนี้เพื่อชดเชยการทำงานที่บกพร่องไปของกล้ามเนื้อส่วนต้นคือกล้ามเนื้อ Hamstring และกล้ามเนื้อ Quadriceps ในคนที่เป็นโรครองช้ำ ดังนั้นการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะของ การศึกษาปัจจุบัน ที่มีการประยุกต์ท่า Single leg heel raise เพื่อฝึกความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Gastrocnemius ผ่านการฝึกการควบคุมการเคลื่อนไหวของทั้งร่างกายส่งผลให้ กล้ามเนื้อ Gastrocnemius โดยเฉพาะส่วนของ Medial part มีค่า Offset time และ Duration of activation ที่มากขึ้น จึงส่งผลให้กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius ทำหน้าที่ในการควบคุมการ เคลื่อนไหวของข้อเท้าและข้อเข่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ลดโอกาสการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่า เท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำได้ (Jin Hyuck Lee, 2020)

#### - กล้ามเนื้อ Gluteus medius

ผลการศึกษาปัจจุบันเปิดเผยว่า Timing of gluteus medius activation หลังจากได้รับการ ออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์มีความแตกต่างกับก่อนได้รับออกกำลังกาย ทั้งค่า Onset time ค่า Offset time และค่า Duration of activation โดยกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มี ความจำเพาะมีค่า Onset time ที่เร็วขึ้น ค่า Offset time ช้าลง และมี Duration of activation ที่ นานขึ้น เมื่ออ้างอิงจากจุด Heel strike

ที่จุด Heel strike ซึ่งเป็นเวลาที่เท้าสัมผัสพื้นครั้งแรกของแต่ละก้าว การวางเท้าในตำแหน่งที่ เหมาะสม ทำให้ช่วยลด GRF ที่จะกระทำกลับมาที่ข้อต่อต่างๆ ของร่างกาย กล่าวคือ การไม่มีมุม การเคลื่อนไหวของเท้าที่มากเกินไป เช่น ไม่มีมุม Rearfoot eversion ที่มากเกินไป เป็นต้น จะช่วย ให้การเคลื่อนไหวเป็นไปอย่างราบรื่นและลด Stress ที่มากเกินไปต่อโครงสร้างของร่างกาย โดยใน บทบาทการควบคุมการวางเท้าเป็นการควบคุมการเคลื่อนไหวของทั้งร่างกายโดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ การควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนต้นของร่างกาย (Proximal control) คือที่ข้อสะโพก จะส่งผลต่อ มุมการเคลื่อนไหวและการวางเท้าสัมผัสพื้น กล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นกล้ามเนื้อสำคัญที่

ควบคุมมุมการเคลื่อนไหวของระดับกระดูกเชิงกรานและข้อสะโพกในขณะวางเท้าสัมผัสพื้น (Nili Steinberg, 2017) โดยเวลาที่เริ่มการทำงานก่อน Heel strike (Onset time) และเวลาที่กล้ามเนื้อลดการทำงานลงหลัง Heel strike (Offset time) ซึ่งทั้ง 2 จุดเวลาส่งผลต่อช่วงเวลาทั้งหมดในการทำงานของกล้ามเนื้อ (Duration of activation) ที่เกี่ยวข้องกับการวางเท้าให้สัมผัสพื้นด้วยตำแหน่งที่เหมาะสม ผนวกกับผลการศึกษาปัจจุบัน มีความเป็นไปได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ที่มีท่าทางการฝึก เช่น ท่า Short foot exercise with hip movement และท่า Hip movement with short foot exercise on unstable floor เป็นต้น ที่เน้นการฝึกกล้ามเนื้อ Hip abductor ซึ่งมีกล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นหนึ่งในองค์ประกอบด้วย โดยเป็นการฝึกในลักษณะ Neuromuscular control ในขณะยืนด้วยขาข้างเดียว อาจส่งผลให้กล้ามเนื้อ Gluteus medius มี Timing ของการทำงานของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายให้มีความเหมาะสมในขณะเท้าสัมผัสพื้น กล่าวคือ ควบคุมให้มีการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ ของร่างกายที่ไม่มากเกินไปในช่วงที่เท้าสัมผัสพื้น ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลการศึกษาในส่วนของข้อมูล Kinematics ของการศึกษาปัจจุบัน ที่พบว่าหลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบมีค่ามุม Pelvic upward rotation ( $2.901 \pm 1.901$  องศา) มุม Hip adduction ( $2.898 \pm 2$  องศา) และมุม Rearfoot eversion ( $9.986 \pm 4.111$  องศา) ที่ลดลงในช่วง Initial stance phase เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย (มุม Pelvic upward rotation =  $4.018 \pm 1.805$  องศา มุม Hip adduction  $4.574 \pm 1.748$  องศา และมุม Rearfoot eversion  $12.515 \pm 2.591$  องศา) ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะส่งผลให้กล้ามเนื้อ Gluteus medius ที่ Timing ของการทำงานที่ดีขึ้น ส่งผลให้ลดทั้งร่างกายของร่างกายมีการเคลื่อนไหวที่เหมาะสมขึ้น ทำให้ลดโอกาสการเกิด Stress ที่มากเกินไปและลดโอกาสเกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในขณะวิ่งระยะไกลได้

#### - กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae

จากผลการศึกษาเปิดเผยว่าหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มี Timing of activation ที่แตกต่างจากก่อนได้รับการออกกำลังกาย โดยที่มีค่า Onset time ที่เร็วขึ้น และมีช่วง Duration of activation ที่ยาวขึ้น จากหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ในขณะวิ่ง ซึ่งมีบทบาทคอยช่วยและเสริมการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต้นของร่างกาย (Proximal control) ในแนว Frontal plane เพื่อให้ส่วนต่างๆ ของร่างกายมีการเคลื่อนไหวด้วยองศาที่เหมาะสมในขณะ



ลงน้ำหนัก ทั้งนี้เพื่อลด GRF ที่จะกระทำกลับมาที่รยางค์ล่าง และลด Stress ที่มากเกินไปที่โครงสร้างต่างๆ ของรยางค์ล่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เท้า (Edmond B. Pare, 1981; C. A. C. Michele Fernandes Frigotto, Rodrigo Rabello dos Santos, and Rodrigo Rodrigues, 2019) ดังนั้นมีความเป็นไปได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ซึ่งให้ความสำคัญกับการฝึกในลักษณะ Neuromuscular control ของรยางค์ล่างขณะยืนด้วยขาข้างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับช่วง Single leg support ของท่าวิ่ง จะช่วยให้กล้ามเนื้อ Tensor fascia latae มี Onset time ที่เร็วขึ้นเพื่อเตรียมก่อนที่เท้าจะสัมผัสพื้น และมีช่วง Duration of activation ที่นานขึ้นเพื่อช่วยกล้ามเนื้อ Gluteus medius ในการรักษาความมั่นคงของระดับกระดูกเชิงกรานและข้อสะโพกในขณะลงน้ำหนัก ทั้งนี้เพื่อช่วยให้มีการสมมาตรของระดับกระดูกเชิงกราน มีมุม Hip adduction มุม Knee abduction และมุม Rearfoot eversion ที่ลดลง ซึ่งจะส่งผลให้มีการวางเท้าที่สัมผัสพื้นในช่วงลงน้ำหนักแต่ละก้าวของการวิ่งมีความเหมาะสม คือลดโอกาสการเกิด Stress ที่มากเกินไปที่มากกระทำที่พังผืดฝ่าเท้า และส่งผลต่อเนื่องให้ลดโอกาสเกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ

#### 4. ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า

จากผลการศึกษาเปิดเผยว่า ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในชั้นที่ 1 ทั้ง 3 มัด ได้แก่กล้ามเนื้อ Abductor hallucis กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis และกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi ที่วัดหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์มีความแตกต่างกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย และเป็นไปในทิศทางที่มีขนาดกล้ามเนื้อที่ใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตามสำหรับกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis และกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi ที่มีขนาดใหญ่กว่าก่อนได้รับการออกกำลังกาย และขนาดของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มีแนวโน้มที่ใหญ่ขึ้นหลังจากรอบ 8 สัปดาห์ของการออกกำลังกายทั้ง 2 โปรแกรม ซึ่งจากท่าทางการออกกำลังกายทั้ง 2 โปรแกรม ที่เป็นการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าที่เน้นให้มีการออกแรงของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเพื่อควบคุมการทำฟังก์ชันในการยกอุ้งเท้าทางด้านในให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้ามากกว่า 1 มัดกล้ามเนื้อ แน่นนอนว่าผลของการออกกำลังกายย่อมทำให้กล้ามเนื้อในฝ่าเท้ามีขนาดใหญ่ขึ้นทั้ง 2 กลุ่ม แต่เมื่อพิจารณาท่าออกกำลังกายในการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะซึ่งมีการออกแบบโดยการประยุกต์ท่า Short foot exercise มาฝึกในท่ายืน ทั้งในขณะยืนลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวและลงน้ำหนักด้วยขาทั้ง 2 ข้าง ท่าทางดังกล่าวนี้สอดคล้องกับฟังก์ชันของการวิ่งที่มีการลงน้ำหนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่ลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว ส่งผลให้กลุ่มที่

ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ใหญ่ขึ้นหลังจากการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ และมีแนวโน้มใหญ่กว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง

นอกจากนั้น การฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ด้วยท่าทางของการประยุกต์ท่า Short foot exercise มีความสอดคล้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าขณะ Single leg support ของการวิ่งมากกว่าการฝึกในท่า Towel curl exercise ทั้งนี้หากพิจารณาเปรียบเทียบการออกแรงเพื่อควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าสำหรับ 2 ท่าดังกล่าว มีการออกแรงของกล้ามเนื้อคนละลักษณะกัน โดยท่า Short foot exercise เป็นการออกแรงของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าที่พยายามจะยกอุ้งเท้าให้สูงขึ้นและค่อยๆ ปล่อยลงอย่างช้าๆ ในขณะที่เท้าติดพื้นและไม่มีการงอนิ้วเท้า (Without toe flexion) ซึ่งสอดคล้องกับการลงน้ำหนักในท่าวิ่งในช่วง Initial stance phase ส่วนของปลายเท้าออกแรงเพื่อพยุงและรักษาความมั่นคงของอุ้งเท้าโดยไม่มีการงอนิ้วเท้า ในขณะที่ท่า Towel curl exercise เป็นการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าให้มีการออกแรงเพื่อพยุงอุ้งเท้าโดยการท่าทางงอนิ้วเท้า จึงเป็นไปได้ว่าการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทั้ง 2 รูปแบบส่งผลให้มีขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าที่ใหญ่ขึ้น แต่การฝึกในท่า Short foot exercise ขณะยืนลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียวสำหรับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะดูเหมือนว่าจะส่งผลให้มีขนาดของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่มีขนาดใหญ่ขึ้นมากกว่าท่า Towel curl exercise และท่า Short foot exercise ขณะยืนลงน้ำหนักด้วยขาทั้ง 2 ข้างของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง อีกทั้งกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะไม่เพียงแต่มีขนาดกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้น 1 ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ยังส่งผลให้มีมุมของอุ้งเท้าที่ลดลง กล่าวคือมีความสูงของอุ้งเท้าที่มากกว่าในขณะที่วิ่ง หมายถึงเท้ามีความมั่นคงมากขึ้น ในขณะที่ลงน้ำหนัก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าที่ใหญ่ขึ้น ที่สะท้อนถึงความแข็งแรงที่มีมากขึ้น อาจส่งผลรวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหวของทั้งรยางค์ล่าง จึงทำให้ผลการศึกษาค่ามุม Rearfoot eversion มุม hip adduction มุม Pelvic upward rotation มีค่าน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง หรืออาจกล่าวได้ว่าการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงแค่เพียงกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรยางค์ล่างในขณะที่วิ่ง

จากผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องและสามารถยืนยันได้ด้วยการศึกษาของ Junga และคณะในปี 2011 ที่เปิดเผยถึงผลการศึกษาเปรียบเทียบระหว่าง Short foot exercise และ Towel curl exercise ต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis และมุมของอุ้งเท้าทางด้านใน ใน

กลุ่มตัวอย่างที่เป็นคนสุขภาพดี พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังภายในท่า Short foot exercise มีการทำงานของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ขณะฝึกที่มากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังภายในท่า Towel curl exercise ยิ่งไปกว่านั้น การออกกำลังภายในท่า Short foot exercise ในขณะยืนมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Abductor hallucis มากกว่าขณะนั่ง อีกทั้งผลการศึกษาดังกล่าวยังพบว่าหลังการออกกำลังกายต่อเนื่องเป็นเวลา 6 สัปดาห์ กลุ่มที่ออกกำลังภายในท่า Short foot exercise มีมุมของอุ้งเท้าทางด้านในน้อยกว่ากลุ่มที่ออกกำลังภายในท่า Towel curl exercise โดยมุมของอุ้งเท้าทางด้านในที่น้อยกว่าหมายความว่าความโค้งของอุ้งเท้ามี Deformation ที่น้อยกว่าขณะลงน้ำหนัก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการมีความสูงของอุ้งเท้าที่มากกว่าในขณะลงน้ำหนัก (Do-Young Junga, 2011) นอกจากนี้การศึกษาของ Sulowska และคณะในปี 2019 ที่ศึกษาการออกกำลังภายในท่า Short foot exercise ในนักวิ่งระยะไกลที่มีโครงสร้างเท้าปกติกับนักวิ่งระยะไกลที่มีภาวะเท้าแบน ที่ส่งผลต่อข้อมูลทาง Kinetic ของรยางค์ล่าง โดยพบว่าการออกกำลังภายในท่า Short foot exercise ส่งผลต่อ Performance ของนักวิ่งระยะไกลที่มีภาวะเท้าแบนในหลายค่า เช่น ค่า Peak torque ของกลุ่มกล้ามเนื้อ Knee flexor ค่า Power สูงสุดของการทดสอบ Running-based aerobic sprint test เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของ Performance ที่เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นว่า การออกกำลังภายในท่า Short foot exercise เป็นเวลา 6 สัปดาห์ส่งผลให้กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าทั้งกล้ามเนื้อ Abductor hallucis และกล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis มีความแข็งแรงมากขึ้น ทำให้เพิ่มความสามารถควบคุมการเกิด Pronation ของเท้าที่ลดน้อยลง ส่งผลให้โครงสร้างส่วนต้นของรยางค์ล่างทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น กล่าวคือมีการทำงานของกล้ามเนื้อของส่วนต้นของรยางค์ที่มากขึ้น และมีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ข้อสะโพก ที่เปลี่ยนแปลงในองศาที่เหมาะสม ทำให้ Performance ของนักวิ่งระยะไกลเป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น (A. M. Iwona Sulowska, Aukasz Oleksy, and Artur Stolarczyk, 2019)

## 5. ความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก

### - กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor

จากผลการศึกษาความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก เปิดเผยว่าหลังจาก 8 สัปดาห์ของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีค่า Hip muscle peak torque ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากท่าออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ซึ่งเป็นการฝึกในลักษณะยืนลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว ท่าทางดังกล่าวเป็นการฝึกกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor ให้มีการทำงานในลักษณะ

Eccentric contraction และลักษณะ Co-contraction กับกล้ามเนื้อกลุ่ม Hip adductor เพื่อรักษาความมั่นคงของข้อสะโพกและรอยางค์ให้อยู่ในองศาปกติในแนว Frontal plane นอกจากนี้ในท่า Short foot exercise with hip movement และท่า Hip movement with Short foot exercise on unstable floor ซึ่งเป็นการฝึกกล้ามเนื้อ Hip abductor ในลักษณะ Concentric contraction โดยใช้ Gravity และ Body weight เป็นแรงต้าน โดยที่ลักษณะของท่าทางการฝึกเหล่านี้เป็นการฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor ดังนั้น จึงทำให้หลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor มีความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น

ยิ่งไปกว่านั้น กล้ามเนื้อ Hip abductor มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของรอยางค์ล่างในแนว Frontal plane ในขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนที่รวมถึงการวิ่งด้วย ในช่วง Terminal swing phase และช่วง Initial stance phase กล้ามเนื้อ Hip abductor จะทำงานในลักษณะ Eccentric contraction เพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก ข้อเข่า ที่จะส่งผลต่อเนื่องถึงการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ในแนว Frontal plane ให้อยู่ในองศาที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้มี GRF ที่กระทำกลับมาที่ข้อต่อของรอยางค์ล่างให้น้อยที่สุด ทั้งนี้เพื่อป้องกัน Load ที่มากเกินไปที่รอยางค์ล่างซึ่งจะนำมาซึ่งอาการบาดเจ็บได้ (Paul E. Niemuth, 2005a) ดังนั้นการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor จึงไม่ได้เป็นเพียงการทำให้กล้ามเนื้อ Hip abductor มีความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น แต่ยังส่งผลควบคุมการเคลื่อนไหวของทั้งรอยางค์ล่างขณะวิ่งด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาปัจจุบันที่สามารถยืนยันได้ว่าหลังจากนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองข้ำได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ส่งผลให้ในช่วง Initial stance phase มีมุม Pelvic upward rotation มุม Hip adduction และมุม Rearfoot eversion ที่ลดลง รวมถึงมุม Knee abduction ที่มีค่าน้อยลงเช่นกันแม้จะไม่เอื้อถึงระดับนัยสำคัญก็ตาม

ผลการศึกษาของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่เพิ่มขึ้นดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาของ Snyder และคณะในปี 2019 ที่ศึกษาผลของการออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor แบบมีแรงต้านเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ต่อการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหวของรอยางค์ล่างในแนว Frontal plane ขณะวิ่ง ในผู้หญิงสุขภาพดี โดยพบว่าหลังการฝึก 6 สัปดาห์ผู้เข้าร่วมวิจัยมีมุม Knee abduction และมุม Rearfoot eversion ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทดสอบก่อนการฝึก โดยที่ผู้วิจัยอธิบายว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip abductor ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการควบคุมส่วนต้นของรอยางค์ล่างได้อย่างมี

ประสิทธิภาพมากขึ้นขณะวิ่ง ทำให้มุมการเคลื่อนไหวของทั้งรยางค์ล่างในแนว Frontal plane เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้น (Kelli R. Snyder, 2009)

#### - กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor

ผลการศึกษาเปิดเผยว่าหลังจาก 8 สัปดาห์ของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor มีค่า Hip muscle peak torque ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนได้รับการออกกำลังกาย เมื่อพิจารณาทำทางสำหรับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ในท่า Short foot exercise with hip movement ท่า Squat with short foot exercise on unstable floor และท่า Hip movement with short foot exercise on unstable floor ซึ่งเป็นการให้ความสำคัญกับการออกกำลังกายกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ในลักษณะของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันรวมอยู่ด้วย ดังนั้น จึงไม่เป็นที่น่าประหลาดใจที่หลังจากได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่งผลให้มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hip extensor ที่เพิ่มมากขึ้น แต่สิ่งที่น่าสนใจคือ ผลของความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของรยางค์ที่เปลี่ยนแปลงไปขณะวิ่งด้วย นั่นคือมีมุม Hip flexion ในช่วง Initial stance phase ที่ลดน้อยลง โดยกล้ามเนื้อกลุ่ม Hip extensor จะมีบทบาทสำคัญในช่วง Terminal swing phase และช่วง Initial stance phase ในการควบคุมมุม Hip flexion ให้เหมาะสมผ่านการทำงานแบบ Eccentric contraction ดังนั้นความแข็งแรงที่เพิ่มมากขึ้นของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor จึงเป็นการเพิ่มสมรรถภาพของการควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนต้นของรยางค์ล่างให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ในช่วงที่เท้าเตรียมสัมผัสพื้นและช่วงแรกที่เท้าสัมผัสพื้น ทั้งนี้เพื่อช่วยควบคุมตำแหน่งการวางเท้าที่สัมผัสพื้นให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม กล่าวคือเป็นการควบคุมไม่ให้มีมุมการเคลื่อนไหวที่มากเกินไป อันจะนำมาซึ่ง GRF ที่สูงและส่งผลให้เกิด Stress ที่สูงต่อโครงสร้างต่างๆ ของรยางค์ล่าง โดยที่มุม Hip flexion ที่เหมาะสมในช่วง Initial stance phase จะทำให้กล้ามเนื้อ Hip extensor สามารถสร้างแรงในการผลักเท้าออกจากพื้น (Propulsion) ในช่วง terminal stance phase ของการวิ่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wunderlich, 2005) นอกจากนี้ สำหรับท่าออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นการฝึกกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพก และกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมด้วย ส่งผลให้มีการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีในการเคลื่อนไหวแนว Sagittal plane ขณะวิ่ง ซึ่งสามารถยืนยันได้จากผลของความสูงของอุ้งเท้าที่เปลี่ยนแปลงน้อยลง และความสามารถในการคงรูปของเท้าที่เพิ่มสูงขึ้นในขณะลงน้ำหนัก หมายถึงมีการควบคุมไม่ให้เกิด Pronation ที่เท้าอย่างเหมาะสม ซึ่งเป็นการลด Stress และ Tension ที่พังผืดฝ่าเท้า และลดการอักเสบต่างๆ ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ

ผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Young-Mi Goo และคณะในปี 2016 ที่เปิดเผยว่าผลของการฝึกกล้ามเนื้อ Gluteus maximus ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อในกลุ่ม Hip extensor ร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ส่งผลให้ผลการทดสอบ Navicular drop test มีค่าที่ดีขึ้นและมีการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus maximus และกล้ามเนื้อ Abductor hallucis ที่มากขึ้นในช่วงเท้าเริ่มสัมผัสพื้นขณะเคลื่อนที่ ทำให้ลดโอกาสการบาดเจ็บจากมุมการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสมที่ร้ายแรงได้ (Young-Mi Goo, 2016)

## 6. ข้อมูลระดับความรู้สึกลปวด

ผลการศึกษาพบว่าทั้งคะแนน FFI และระดับ PPT หลังการออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีความแตกต่างกับก่อนการออกกำลังกาย โดยคะแนน FFI ของกลุ่มที่ออกกำลังกายแบบ ฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีค่าลดลงมากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง ส่วนระดับ PPT พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีแนวโน้มระดับ PPT ที่เพิ่มขึ้นกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง มีความเป็นไปได้ว่าผลจากการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อในฝ่าเท้ามีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อทำงานในการรักษาความมั่นคงของอุ้งเท้าได้ดีขึ้น ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงการทำงานของกล้ามเนื้อและรูปแบบทางคิเนมาติกส์ของรอยางค์กลางขณะวิ่ง จึงส่งผลให้ช่วยลดการเกิด Tension ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้า ทำให้ช่วยลดโอกาสการอักเสบที่เกิดขึ้นซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าโครงสร้างของรอยางค์กลางมีการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นในขณะวิ่ง ส่งผลให้มีการควบคุมการเคลื่อนไหวรอยางค์กลางในทิศทางที่ลดโอกาสการเกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ซึ่งเป็นการลดการอักเสบซ้ำๆ อีกทั้งทำให้กระบวนการอักเสบเข้าสู่ Healing process ที่สมบูรณ์มากขึ้น โดยการอักเสบที่ถูกกระตุ้นซ้ำๆ น้อยลงสอดคล้องกับความหนาของพังผืดฝ่าเท้าที่ลดลง ซึ่งจากผลการเก็บข้อมูลความหนาของพังผืดฝ่าเท้าหลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ( $4.338 \pm 0.283$  มิลลิเมตร) มีค่าน้อยกว่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้าที่ถูกเก็บข้อมูลก่อนได้รับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ( $4.424 \pm 0.319$  มิลลิเมตร) ทำให้นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำมีอาการปวดน้อยลง ทั้งอาการปวดก้าวแรกที่ลงน้ำหนัก หรืออาการปวดหลังทำกิจกรรมที่ลงน้ำหนักต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ จึงทำให้คะแนน FFI มีค่าที่ลดลง นอกจากนี้การอักเสบที่เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้นทำให้มีความสามารถในการต้านทานหรือทนต่อความไวต่อแรงกดที่พังผืดฝ่าเท้าได้มากขึ้น ทำให้ระดับ PPT มีค่ามากขึ้น

โดยที่ผลการศึกษาปัจจุบันสอดคล้องกับการศึกษาของ Kamonseki และคณะในปี 2016 ที่เปิดเผยว่าหลังจากการฝึกกล้ามเนื้อที่เท้าทั้งกล้ามเนื้อ Intrinsic และกล้ามเนื้อ Extrinsic ร่วมกับการฝึกกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกโดยเน้นที่กลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip external rotator เป็นเวลา 8 สัปดาห์ คนที่เป็นโรคข้ออักเสบเข่ามีอาการปวดลดลงจากการทดสอบ Visual analog scale แบบทดสอบ The minimally clinical important difference (MCID) และแบบทดสอบ The Foot and Ankle Outcome Score (FAOS) (Danilo H. Kamonseki, 2016) และการศึกษาของ Wearing และคณะในปี 2007 ที่เปิดเผยว่าอาการปวดของโรคข้ออักเสบเข่ามีความสัมพันธ์กับความหนาของพังผืดฝ่าเท้า โดยผู้วิจัยอธิบายว่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้าที่มากขึ้น ทำให้พังผืดฝ่าเท้ามีความสามารถในการทนต่อ Tensile load หรือ Stress ที่ทำให้เกิด Tension ได้น้อยลง (Scott C Wearing, 2007) จากผลการศึกษาปัจจุบันหลังการเข้าร่วมโปรแกรมออกกำลังกายเป็นเวลา 8 สัปดาห์ที่แสดงให้เห็นว่าความหนาของพังผืดฝ่าเท้ามีค่าลดลง เป็นไปได้ว่าทำให้พังผืดฝ่าเท้ามีความสามารถในการทนต่อ Tensile load ได้มากขึ้น ทำให้นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบเข่ามีระดับความรู้สึกรวดที่ลดลง ทั้งจากข้อมูลคะแนน FFI และระดับ PPT

## สรุปการศึกษาที่ 2

การศึกษาที่ 2 เป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise: SFE) ซึ่งเป็นโปรแกรมการออกกำลังกายที่ถูกออกแบบขึ้นมาจากการประยุกต์ทำ Single leg heel raise และทำ Short foot exercise โดยเน้นการออกกำลังกายตลอดทั้งร่างกายในรูปแบบของฟังก์ชันที่สอดคล้องกับท่าวิ่ง เปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบดั้งเดิมที่ใช้ในการฟื้นฟูโรคข้ออักเสบเข่า ผลการศึกษาเปิดเผยว่า หลังการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบเข่ามีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะในหลายด้าน ในทิศทางของการลดการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสมในแนว Frontal plane ขณะวิ่ง ได้แก่ มุมของอุ้งเท้า มุม Rearfoot eversion มุม Hip adduction ที่ลดลง และมุม Pelvic upward rotation ของขาข้างที่ลงน้ำหนักที่น้อยลง (สะท้อนถึงมุมการเกิด Hip drop ของขาข้างตรงข้ามที่ลดลง)

ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและร่างกายที่ควบคุมมุมการเคลื่อนไหวดังกล่าว โดยในช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นช่วงเตรียมตัวก่อนเท้าจะสัมผัสพื้น พบว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ที่มากขึ้น และในช่วง Initial stance phase ซึ่งเป็นช่วงที่เท้าสัมผัสพื้นในช่วง

ครั้งแรกของการลงน้ำหนัก พบว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius กล้ามเนื้อ Lateral gastrocnemius และกล้ามเนื้อ Gluteus medius ที่มากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับช่วงเวลาที่กล้ามเนื้อดังกล่าวมีการทำงานที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อช่วยในการควบคุมการเคลื่อนไหวให้เท้าสัมผัสพื้นอย่างเหมาะสม คือลด GRF ให้น้อยที่สุด โดยอ้างอิงจากจุดที่เท้าเริ่มสัมผัสพื้น (Heel strike) พบว่า กล้ามเนื้อ Medial gastrocnemius มี Offset time ที่ช้าลง มีช่วง Duration of activation ที่นานขึ้น และกล้ามเนื้อ Gluteus medius มี Onset time ที่เร็วขึ้น Offset time ที่ช้าลง และช่วง Duration of activation ที่นานขึ้น รวมถึงกล้ามเนื้อ Tensor fascia latae ที่มีค่า Onset time ที่เร็วขึ้น และช่วง Duration of activation ที่นานขึ้น

นอกจากนั้น จากผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ พบว่ากล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ทั้ง 3 มัด ได้แก่ กล้ามเนื้อ Abductor hallucis กล้ามเนื้อ Flexor digitorum brevis และกล้ามเนื้อ Abductor digiti minimi มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีความสูงของอุ้งเท้าที่สูงขึ้น และมุม Rearfoot eversion ที่ลดลงขณะวิ่ง รวมไปถึงมีความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip abductor และกลุ่มกล้ามเนื้อ Hip extensor ที่มากขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีการควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต้นของรยางค์ล่าง (Proximal control) ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ลดการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane และส่งผลต่อเนื่องให้ลดโอกาสการเกิด Stress ที่มากเกินไปและลดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ทำให้คะแนน FFI ในส่วนของระดับความรู้สึกปวดมีค่าลดลง และระดับ PPT ที่สูงขึ้น ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการทนต่อแรงกดที่กระตุ้นให้เกิดอาการปวดได้ดีขึ้น ในขณะที่ผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องซึ่งมักจะถูกแนะนำให้ใช้สำหรับการออกกำลังกายของโปรแกรมการฟื้นฟูโรครองช้ำ มีแนวโน้มของขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ทั้ง 3 มัดที่ใหญ่ขึ้น และค่าของการรับรู้ความรู้สึกปวดทั้งคะแนน FFI และระดับ PPT ที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตาม มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่น้อยกว่าผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ อีกทั้งผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องไม่ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างและการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างขณะวิ่ง รวมถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกิด Stress ที่มากเกินไปที่พังผืดฝ่าเท้าขณะวิ่ง

ดังนั้นการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะจึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่เหมาะสมสำหรับใช้ฟื้นฟูนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ ด้วยเหตุผลที่ว่าผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่เพียงแต่ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ที่ใหญ่ขึ้น



เท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการควบคุมการเคลื่อนไหวของเท้าขณะลงน้ำหนัก และมุมการเคลื่อนไหวของ ทั้งรยางค์ล่าง รวมไปถึงการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่างขณะวิ่ง ใน ทิศทางที่ลดความผิดปกติของการเคลื่อนไหวในแนว Frontal plane ยิ่งไปกว่านั้น ยังส่งผลต่อการ เพิ่มความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อที่ข้อสะโพกซึ่งช่วยในการควบคุมการเคลื่อนไหวรยางค์ล่างให้มี ความเหมาะสมขณะวิ่ง และนำมาซึ่งการลดโอกาสเกิดการอักเสบซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้าขณะวิ่งได้อย่างมี ประสิทธิภาพ

## ข้อเสนอแนะ

### ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยครั้งนี้

จากการศึกษาที่ 1 ทำให้ทราบว่านักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้ามีการทำงานของรยางค์ขณะ วิ่งที่แตกต่างไปจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้า ทั้งในประเด็นของมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ ล่าง การทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของข้อสะโพกและรยางค์ล่าง ในช่วง Terminal swing phase และช่วง Initial stance phase นอกจากนี้ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่า เท้าชั้นที่ 1 และความแข็งแรงของกลุ่มกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกที่มีค่าน้อยกว่านักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็น โรครองเท้า รวมไปถึงระดับความรู้สึกปวดที่มีค่าแตกต่างจากนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองเท้าอย่าง ชัดเจน และจากการศึกษาที่ 2 ทำให้ทราบว่าผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ส่งผลให้คุณลักษณะดังกล่าวข้างต้น (ในการศึกษาที่ 1) ของนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า เปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ช่วยทำให้มีการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างที่ลดโอกาสเกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ทั้งนี้ จากผลการวิจัยครั้งนี้ยังคงต้องมีการพิจารณาอีกหลายประเด็นเกี่ยวกับการนำ ผลการวิจัยไปใช้ในการฝึกนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า ซึ่งผู้วิจัยได้อธิบายไว้ในส่วนของข้อ เสนอจากการวิจัยครั้งนี้

1. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ สามารถนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการ ฟื้นฟูนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้าได้ โดยผู้ป่วยควรผ่านการตรวจประเมินอาการของโรครองเท้า โดยแพทย์หรือนักกายภาพบำบัดก่อน เพื่อพิจารณาถึงระดับของความหนักที่เหมาะสมในการใช้ โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะสำหรับการฟื้นฟูโรครองเท้าเป็นรายบุคคล

2. นักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้าที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มี ความจำเพาะในการฟื้นฟูโรครองเท้า ควรทำการฝึกต่อเนื่องอย่างน้อยเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ตามผลของ การศึกษานี้ ทั้งนี้เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ

ต่อการลดปัจจัยที่นำมาซึ่งการพัฒนาความรุนแรงของโรคข้ออักเสบ ลดอาการปวดของโรคข้ออักเสบ รวมถึงลดภาวะแทรกซ้อนที่จะตามมาจากรโรคข้ออักเสบ

อย่างไรก็ตาม ยังมีอีกหลายประเด็นที่ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญที่สามารถนำไปขยายผลเพื่อทำการศึกษาต่อไปในอนาคต ทั้งนี้ เพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่จะนำไปใช้ในการรักษาโรคข้ออักเสบในนักวิ่งระยะไกลต่อไป ประเด็นต่างๆ ได้แก่

### ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. นอกจากช่วง Terminal swing phase ซึ่งเป็นการเตรียมตัวของรยางค์ล่างก่อนการวางเท้าสัมผัสพื้น และช่วง Initial stance phase ซึ่งเป็นช่วงที่เท้าตอบสนองต่อแรง GRF ที่กระทำกลับมาที่รยางค์ล่างของการวิ่ง ซึ่งส่งผลต่อการบาดเจ็บซ้ำๆ ที่พังผืดฝ่าเท้า ยังมีช่วงอื่นๆ ของการวิ่งที่อาจจะส่งผลต่อการบาดเจ็บซ้ำๆ ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบ ได้แก่ช่วง Terminal stance phase ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับ Windlass mechanism ที่อาจจะส่งผลต่อ Tension ของพังผืดฝ่าเท้า และช่วง Initial swing phase ซึ่งอาจจะส่งผลต่อเนื่องไปสู่ช่วง Terminal swing phase ดังนั้น การศึกษาในช่วงอื่นๆ ของการวิ่งเพิ่มเติมอาจทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบที่ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การรักษา ฟันฟู โรคข้ออักเสบในนักวิ่งระยะไกลมีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไปในอนาคต อย่างไรก็ตามการศึกษาศึกษาที่ครบทุก Phase ของ Running gait อาจต้องใช้ Force plate ที่มีจำนวนมากกว่า 2 แผ่นบน Walkway เพื่อระบุ Phase ต่างๆ ที่แน่นอนได้ จากการอ้างอิงถึง Stride length

2. เนื่องจากการศึกษานี้ ทำการศึกษานาฬิกาของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นต้นที่มีโครงสร้างติดกับพังผืดฝ่าเท้าโดยตรง แต่กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่อยู่ลึกเข้าไป ได้แก่ ชั้นที่ 2 ชั้นที่ 3 หรือชั้นที่ 4 อาจมีความแตกต่างกันในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรคข้ออักเสบและไม่เป็นโรคข้ออักเสบ และอาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพองอู่เท้าขณะเคลื่อนไหว ดังนั้นการศึกษาต่อไป หากมีการศึกษากล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นลึกลงไปกว่านี้ อาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการฟื้นฟูโรคข้ออักเสบในนักวิ่งระยะไกลที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการศึกษากล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ลงไปกว่านี้อาจต้องใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีระดับสูงขึ้นไปเพื่อความแม่นยำของผลการศึกษา เช่น MRI เป็นต้น

3. การศึกษาปัจจุบันเป็นการศึกษาผลของการออกกำลังกายในลักษณะของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่เน้นให้มีการออกกำลังกายทั้งรยางค์ล่างของร่างกายโดยเฉพาะที่ข้อสะโพกและเท้า แต่จากโปรแกรมการฟื้นฟูโรคข้ออักเสบ วิธีการฟื้นฟูโรคข้ออักเสบที่มักจะถูกเพิ่มเติมเข้าไปด้วยคือการยืดกล้ามเนื้อ ดังนั้น การศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อตลอดทั้งรยางค์ล่างเพื่อเปรียบเทียบกับผลการ

กำลังกายแบบฟังก์ชัน หรือการผสมกันทั้งการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันกับการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 2 อย่าง จึงเป็นประเด็นที่สำคัญ และอาจจะทำให้ได้รับข้อมูลจากผลการศึกษาที่เป็นประโยชน์เพื่อนำไปพัฒนาโปรแกรมการฟื้นฟูโรครองช้ำในนักวิ่งระยะไกลต่อไป

4. การศึกษาปัจจุบันเป็นการศึกษาปัจจัยภายใน (Intrinsic factors) ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยภายนอก (Extrinsic factors) ที่สำคัญสำหรับนักวิ่งระยะไกลอีกประการหนึ่งคือ รองเท้า ดังนั้นการศึกษาลักษณะของรองเท้าวิ่งที่ถูกแนะนำว่าช่วยลดแรงปฏิกิริยาที่เท้า เช่น รองเท้าที่ส่วนเสริมของส้นเท้าสูงกว่าส่วนปลายเท้า รองเท้าที่มีแผ่นรองเสริมอุ้งเท้าสูงๆ เป็นต้น เปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบฟังก์ชัน หรือผสมทั้งเรื่องของรองเท้าและการออกกำลังกายแบบฟังก์ชัน ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของรอยางค์กลางขณะวิ่ง อาจจะทำให้ได้ทราบถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ที่จะนำมาพัฒนาโปรแกรมการฟื้นฟูโรครองช้ำในนักวิ่งระยะไกลให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นต่อไป

#### ข้อจำกัดในการวิจัย

1. การศึกษานี้ทำการทดสอบในขณะวิ่งด้วยเท้าเปล่า ด้วยเหตุผลที่ต้องการศึกษามุมการเคลื่อนไหวของกระดูกเท้าโดยใช้ Motion analysis และ Reflective markers สำหรับค่า LA angle ค่า LA stiffness และค่า Rearfoot eversion อย่างไรก็ตามอาจไม่สามารถอ้างอิงได้อย่างสมบูรณ์กับการเคลื่อนไหวของเท้าในขณะวิ่งแบบสวมรองเท้า

2. การศึกษานี้ทำการวัดขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าชั้นที่ 1 ซึ่งอ้างอิงถึงความสามารถในออกแรงของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าเพื่อทำหน้าที่ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของอุ้งเท้าขณะวิ่ง อย่างไรก็ตาม ไม่ได้ทำการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าโดยตรง ทั้งนี้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความสามารถในการออกแรงของกล้ามเนื้อเพื่อควบคุมการทำงานที่ปกติของอุ้งเท้าในขณะวิ่งเช่นกัน

## บรรณานุกรม

### ภาษาไทย

- จิราพร ทรงพระและ ธวัชชัย สีนเธาว์. (2561). ประสิทธิภาพของถุงเท้ายืดฝ่าเท้าเพื่อลดอาการปวดสันเท้าของพยาบาลในโรงพยาบาลวชิรพยาบาล. วารสารลำปางเวชสาร, 39(2), 7.
- ชัชวาลย์ (2563). ผลของการนวดแผนไทยและกายภาพบำบัดต่ออาการปวดสันเท้าที่สัมพันธ์กับจุดกดเจ็บใบบนกล้ามเนื้อน่อง วารสารการประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา แห่งชาติครั้งที่ 21, 13.
- ธนาศุภกรกุล (2562). แนวทางการรักษาโรครองเท้า. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา, 14(1), 8.

### ภาษาอังกฤษ

- Adam Semciw., R. N., Tania Pizzari. (2016). Running related gluteus medius function in health and injury : A systematic review with meta-anlysis. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 30, 98-110.
- Adebisi Bisi-Balogun, M. C., and Frank Mayer. (2016). Reliability of Various Measurement Stations for Determining Plantar Fascia Thickness and Echogenicity. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 6(15), 1-11.
- Ahmed Radwan, M. W., Lee Applequist, Erin Bolowsky, Heather Klingensmith, and Isaac Virag. (2016). Ultrasonography, An Effective Tool in Diagnosing Plantar Fasciitis : A Systematic Review of Diagnostic Trials. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 11(5), 663-671.
- Alexandre Dias Lopes, L. C. H. J., Simon S. Yeung<sup>3</sup> and Leonardo Oliveira Pena Costa. (2012). What are the Main Running-Related Musculoskeletal Injuries? . *Journal of Sports Medicine*, 42(10), 891-905.
- Amy P. Trammell, A. N., and Holly Pilson. (2020). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Tensor Fasciae Latae Muscle. . *StatPearls*, 5.
- Ana Paula Ribeiro., S. M. A. J., Roberto Casanova Dinato., Vitor Daniel Tessutti., Isabel Camargo Neves Sacco. (2015). Dynamic Pattern of Force and Loading Rate in Runner with Unilateral Plantar Fasciitis: A Cross-Sectional Study. *PloS ONE*, 10(9), 1-9.

- Andrew R. Chapman, B. V., Peter Blanch, Joanna J. Knox, and Paul W. Hodges. (2006). Leg muscle recruitment in highly trained cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 47(2), 115–124.
- Angin S, S. I. (2020). Ankle and foot complex. *Comparative Kinesiology of The Humab Body*, 29.
- Anthony G Schache, T. W. D., Peter D Blanch, Nicholas A T Brown, and Marcus G Pandy. (2012). Mechanics of the human hamstring muscles during sprinting. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44(4), 12.
- Becky L. Heinert, T. W. K., John F. Greany, and Dennis C. Fater. (2008). Hip Abductor Weakness and Lower Extremity Kinematics During Running. *Journal of Sport Rehabilitation*, 17(3), 14.
- Benjamin K. Buchanan., D. K. (2018). Plantar Fasciitis. *StatPearls*.
- Bryan L Riemann, G. K. L., Jayme D Eitner, and Robert G LeFavi. (2011). Medial and Lateral Gastrocnemius Activation Differences During Heel-Raise Exercise with Three Different Foot Positions. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(3), 6.
- Chan CW, R. A. (1994). Foot Biomechanics during Walking and Running. *Mayo Foundation for Medical Education and Research*, 69(-), 14. doi:10.1016/s0025-6196(12)61642-5
- Chang R, R. P., Van Emmerik RE, Hamill J. (2014). Multi-segment Foot Kinematics and Ground Reaction Forces during Gait of Individuals With Plantar Fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 47, 2571-2577. doi:10.1016/j.jbiomech.2014.06.003
- Cheunga RT, S. L., Mok NW, Ng GY. (2016). Intrinsic foot muscle volume in experienced runners with and without chronic plantar fasciitis. *Journal of Science and medicine in Sport*, 19(9), 3. doi:10.1016/j.jsams.2015.11.004
- Christopher Bramah, S. J. P., Niamh Gill, and Lee Herrington,. (2018). Is There a Pathological Gait Associated With Common Soft Tissue Running Injuries? *The American Jornal of Sports Medicine*, 46(12), 9.
- Clare E. Milner, J. H., Irene S. Davis. (2010). Distinct Hip and Rearfoot Kinematics in Female Runners With a History of Tibial Stress Fracture. *Journal of Orthopaedics*

*and Sports Physical Therapy, 40(2), 8.*

- Dai Sugimoto, C. G. M., Davis R. Mullineaux, Thomas G. Palmer, and Timothy E. Hewett. . (2014). Comparison of Isokinetic Hip Abduction and Adduction Peak Torques and Ratio Between Sexes. *Clinical Journal of Sports Medicine, 24(5), 422-428.*
- Danilo H. Kamonseki, G. A. G., Liu C. Yi, and Imperio Lombardi Júnior. (2016). Effect of stretching with and without muscle strengthening exercises for the foot and hip in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled single-blind clinical trial. *Manual Therapy, 23, 7.*
- David M. Lindsay, M. E. M., Ron C. Lowe, and Terry I. Kane. (1992). Comparison of Isokinetic Internal and External Hip Rotation Torques Using Different Testing Positions. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 16(1), 43-50.*
- Davis, R. W. W. a. I. S. (2011). The Effect of a Hip-Strengthening Program on Mechanics During Running and During a Single-Leg Squat. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 41(9), 8.*
- Denise De Garceau, D. D., Susan Mais Requejo, and David B. Thordarson. (2003). The Association Between Diagnosis of Plantar Fasciitis and Windlass Test Results. *Foot & Ankle International, 24(3), 251-255.*
- Do-Young Junga, M.-H. K., Eun-Kyung Kohc, Oh-Yun Kwond, Heon-Seock Cynne, and Won-Hwee Lee. (2011). A comparison in the muscle activity of the abductor hallucis and the medially longitudinal arch angle during toe curl and short foot exercises. *Journal of Physical Therapy in Sport, 12(1), 6.*
- Edmond B. Pare, J. T. S., and Jeffrey M. Schwartz. (1981). Functional Differentiation within the Tensor Fasciae Latae. *The Journal of Bone and Joint Surgery, 63-A(9), 15.*
- Elizabeth S. Chumanov, C. M. W., Max P. Michalski, and Bryan C. Heiderscheit. (2012). Changes in Muscle Activation Patterns when Running Step Rate is Increased. *Gait and Posture, 36(2), 231-235.*
- F., F. (2014). G\*Power version 3.1.9.2. .  
<https://www.psycho.uniduesseldorf.de/abteilungen/aap/gpower3/>.

- Foundation, T. T. H. P. (2018). <http://www.wingnaidee.com/สสส-thai-health-promotion-foundation/>.
- Holowka NB, W. I., Lieberman DE. (2018). Foot strength and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally- vs.conventionally-shod populations. *Scientific Reports*, 89(1), 12.
- Huerta, J. P. (2014). The Effect of the Gastrocnemius on the Plantar Fascia. *Foot and Ankle Clinics of North America*, 19(4), 18.
- Institute for Population and Social research, M. U. (2018). <http://www.ipsr.mahidol.ac.th/ipsrbeta/th/Index.aspx>.
- Irene S. Davis, C. E. M., and Joseph Hamill. (2004). Prospective Study of Structural and Biomechanical Factors associated with the Development of Plantar Fasciitis in Female Runners. *Proceeding of the American Society of Biomechanics annual conference 2004*.
- Iwona Sulowska, A. M., Aukasz Oleksy, and Artur Stolarczyk. (2019). The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on the Lower Extremity Muscle Strength and Power in Proximal Segments of the Kinematic Chain in Long-Distance Runners. *Biomed Research International*, 11.
- Iwona Sulowska, L. O., Anna Mika, Dorota Bylina, and Jarosław Soltan. (2016). The Influence of Plantar Short Foot Muscle Exercises on Foot Posture and Fundamental Movement Patterns in Long-Distance Runners, a Non-Randomized, Non-Blinded Clinical Trial. *Plose One*, 11(6), 11.
- J Miller., Z. R. (2018). Plantar Fasciitis. <http://physiowork.com.au/injuries-condition-1/plantar-fasciitis>. Retrieved from <http://physiowork.com.au/injuries-condition-1/plantar-fasciitis>
- James Harty, K. S., Gary O'Toole, and Michael M. Stephens. (2005). The Role of Hamstring Tightness in Plantar Fasciitis. *Foot & Ankle International*, 26(12), 5.
- Jeffery A. Taylor-Haas, J. A. H., Christopher A. Di Cesare, Kathryn C. Hickey Lucas, Nathaniel A. Bates, Gregory D. Myer, and Kevin R. Ford. (2014). Reduced Hip Strength Is Associated with Increase Hip Motion During Running in Young Adult and Adolescent Male Long-Distance Runners. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 9(4), 456-467.

- Ji-Ping Zhou, J.-F., Ya-Nan Feng, Chun-Long Liu, Pan Su, Su-Hong Shen, and Zhi-Jie Zhang. (2020). Modulation in the elastic properties of gastrocnemius muscle heads in individuals with plantar fasciitis and its relationship with pain. *Scientific Reports*, 10(1), 8.
- Jin Hyuck Lee, H. W. J., and Woo Young Jang. (2020). A prospective study of the muscle strength and reaction time of the quadriceps, hamstring, and gastrocnemius muscles in patients with plantar fasciitis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 21(1), 7.
- Johansen, S. J. C. a. S. M. (2010). Navicular Drop Test. *Hogeschool van Amsterdam*.
- Jones EJ, B. P., Woods AK ,Green JM. (2008). Cross-Sectional Area and Muscular Strength. *Journal of Sports Medicine*, 38(12), 8.
- Kanehisa H, I. S., Fukunaga T. (1997). Force-velocity relationships and fatigability of strength and endurance-trained subjects. *international journal of sports medicine*, 18, 7.
- Kazunori Okamura, K. F., Sadaaki Okia, Takeya Onoa, Satoshi Tanakaa, and Shusaku Kanaia. (2020). Effects of plantar intrinsic foot muscle strengthening exercise on static and dynamic foot kinematics: A pilot randomized controlled single-blind trial in individuals with pes planus. . *Gait & Posture*, 75(40-45).
- Kelli R. Snyder, J. E. E., Kristian M. O'Connor, Kyle T. Ebersole. (2009). Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clinical Biomechanics*, 24, 26-34.
- Kim, E.-K. K. a. J. S. (2016). The effects of short foot exercises and arch support insoles on improvement in the medial longitudinal arch and dynamic balance of flexible flatfoot patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 38(11), 4.
- Lauri Stenroth, E. S., Jamie S. McPhee, Marco V. Narici, Helena Gapeyeva, Mati Pääsuke, Yoann Barnouin, Jean-Yves Hogrel, Gillian Butler-Browne, Astrid Bijlsma, Carel G. M. Meskers, Andrea B. Maier, Taija Finni, and Sarianna Sipilä. (2015). Plantarflexor Muscle–Tendon Properties are Associated With Mobility in Healthy Older Adults *Journals of Gerontology : Medical Sciences*, 70(8), 7.
- Lori A. Bolgla, T. R. M. (2004). Plantar Fasciitis and the Windlass Mechanism: A Biomechanical Link to Clinical Practice. *Journal of Athletic Training*, 39(1), 77–82.



- M. S. Rathleff, C. M. M., U. Fredberg, S. Kaalund, K. B. Andersen, T. T. Jensen, S. Aaskov, J. L. Olesen. (2015). High-load strength training improves outcome in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled trial with 12-month follow-up. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 292-300.
- M. S. Rathleff, C. M. M., U. Fredberg, S. Kaalund, K. B. Andersen, T. T. Jensen, S. Aaskov, J. L. Olesen. (2014). High-load strength training improves outcome in patients with plantar fasciitis: A randomized controlled trial with 12-month follow-up. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(3), 10.
- M.B.I. Raez, M. S. H., and F. Mohd-Yasin. (2006). Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online*, 8(1), 15.
- Maarten Afschrift, L. P., Wouter Aerts, Robert van Deursen, Ilse Jonkers, and Friedl DeGroot. (2018). Modulation of gluteus medius activity reflects the potential of the muscle to meet the mechanical demands during perturbed walking. *Scientific Reports*, 8(1), 11.
- Marcelo Camargo Saad, R. M., Lilian Ramiro Felicio, and Debora Bevilaqua-Grossi (2014). Braking and propulsive impulses in individuals with patellofemoral pain syndrome when walking up and down stairs. *Motriz Rio Claro*, 20(4), 42-447.
- Masharawi, B. S. a. Y. (2016). Pain Threshold Tests in Patients With Heel Pain Syndrome. *Foot & Ankle International*, 37(7), 7.
- Melinda Franettovich, A. C., and Bill Vicenzino. (2008). Tape That Increases Medial Longitudinal Arch Height Also Reduces Leg Muscle Activity : A Preliminary Study. *Clinical Sciences*, 40(4), 593-600.
- Melinda M. Franettovich Smith, C. H., Narelle Wyndow, Kay M. Crosley, and Mark W. Creaby. (2014). Neuromotor Control of Gluteal Muscles in Runners with Achilles Tendinopathy. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(3), 594-599.
- Michele Fernandes Frigotto, C. A. C., Rodrigo Rabello dos Santos, and Rodrigo Rodrigues. (2019). Gluteus Medius and Tensor Fascia Latae muscle activation levels during multi-joint strengthening exercises. 25(3), 7.
- Michele Fernandes Frigotto, C. A. C., Rodrigo Rabello dos Santos, Rodrigo Rodrigues. (2019). Gluteus Medius and Tensor Fascia Latae muscle activation levels during

- multi-joint strengthening exercises. *Motriz: Revista de Educacao Fisica*, 25(3).
- Natasha Amy May Sparks Flack, H. D. N., and Stephanie Jane Woodley. (2012). A Review of the Anatomy of the Hip Abductor Muscles, Gluteus Medius, Gluteus Minimus, and Tensor Fascia Lata. *Clinical Anatomy*, 25(6), 12.
- Ngenomeulu T. Nakalas., A. S., Nick P. Saragas., Paulo. N. F. Ferrao. . (2018). Association Between Plantar Fasciitis and Isolated Gastrocnemius Tightness. . *Foot and Ankle International*, 39(3), 271-277.
- Nicholas B. Holowka, I. J. W. D. E. L. (2018). Foot strength and stiffness are related to footwear use in a comparison of minimally- vs.conventionally-shod populations. *Scientific Reports*, 89(1), 1-11.
- Nick Ball., J. S. (2013). Electromyography normalization methods for high-velocity muscle actions : review and recommendations. *Journal of Applied Biomechanics*, 29, 600-608.
- Nili Steinberg, G. D., Martin Dunlop and James Edmund Gaida. (2017). The relationship of hip muscle performance to leg, ankle and foot injuries: a systematic review. *The Physician and Sportsmedicine*, 45(1), 49-63.
- Paul E. Niemuth, R. J. J., Marcella J. Myers, and Thomas J. Thieman. (2005a). Hip Muscle Weakness and Overuse Injuries in Recreational Runners. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15(1), 8.
- Paul E. Niemuth, R. J. J., Marcella J. Myers, and Thomas J. Thieman. (2005b). Hip Muscle Weakness and Overuse Injuries in Recreational Runners. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 15(1), 8.
- Pavinee Harutaichun, S. B., and Praneet Pensri. (2018). Predictors of plantar fasciitis in Thai novice conscripts after 10-week military training: A prospective study. *Physical Therapy in Sports*, 35, 29-35.
- Penelope J. Latey, J. B., Elizabeth J. Nightingale, Jillian L. Clarke, and Claire E. Hiller. (2018). Reliability and correlates of cross-sectional area of abductor hallucis and the medial belly of the flexor hallucis brevis measured by ultrasound. *Jornal of Foot and Ankle Research*, 11(28), 11.
- Phoomchai Engkananuwat., R. K., Nitima Purepong. . (2018). Effectiveness of the Simultaneous Stretching of the Achilles Tendon and Plantar Fascia in Individuals

- With Plantar Fasciitis. *Foot and Ankle International*, 39(1), 75-82.
- Pitchanart Srimakarat, A. J., Siriporn Janchai, and Natthiya Tantisiriwat. (2018a). Reliability and Validity of Foot Function Index Thai Version [FFI-TH]. *Journal of The Medical Association of Thailand*, 101(2), 8.
- Pitchanart Srimakarat, A. J., Siriporn Janchai, and Natthiya Tantisiriwat. (2018b). Reliability and Validity of Foot Function Index Thai Version [FFI-TH]. *Journal of The Medical Association of Thailand*, 101(2), 253-260.
- Powers, H.-L. T. a. C. M. (2016). Hip-Extensor Strength, Trunk Posture, and Use of the Knee-Extensor Muscles During Running. *Journal of Athletic Training*, 51(7), 6.
- Q, S. R. a. L. (2011). The Effect of Gluteus Medius Training on Hip Kinematics in a Runner with Iliotibial Band Syndrome. *Journal of Physiotherapy*, 67(2), 6.
- R, D. (1985). Normal Biomechanics of the Foot and Ankle. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 7(3), 5.
- Reed Ferber, A. H., and Karen D Kendall. (2009). Suspected Mechanisms in the Cause of Overuse Running Injuries: A Clinical Review. *Journal os Sports Health*, 1(3), 5.
- Ribeiro AP, J. S., Dinato RC, Tessutti VD, Sacco IC. (2015). Dynamic Pattern of Force and Loading Rate in Runner with Unilateral Plantar Fasciitis: A Cross-Sectional Study. *PLoS ONE*, 10(9), 1-9. doi:10.1371/journal.pone.0136971
- Richmond, M. I. H. a. F. J. (1993). In-series fiber architecture in long human muscles. *International Journal of Morphology*, 216(1), 11.
- Ryan Chang., P. R., Richard E.A. Van Emmerik., Joseph Hamill. (2014). Multi-segment Foot Kinematics and Ground Reaction Forces during Gait of Individuals With Plantar Fasciitis. *Journal of Biomechanics*, 47, 2571-2577.
- Scott C Wearing, J. E. S., Patrick M Sullivan, Bede Yates, Stephen R Urry, and Philip Dubois. (2007). Plantar Fasciitis: Are Pain and Fascial Thickness Associated With Arch Shape and Loading? *Physical Therapy and Rehabilitation Journal*, 87(8), 7.
- Scott C. Wearing, J. E. S., Stephen R. Urry, Ewald M. Hennig & Andrew P. Hills (2006). The Pathomechanics of Plantar Fasciitis. *Journal of Sports Medicine*, 36(7), 27.
- Seung Don Yoo., H. S. K., Jong Ha Lee., Dong Hwan Yun., Dong Hwan Kim., Jinmann Chon., Seung Ha Lee., Yoo Jin Han., Yun Soo Soh., Yong Kim., Seonyoung Han., Woojin Lee., Young Rok Han. (2017). Biomechanical Parameters in Plantar

- Fasciitis Measured by Gait Analysis System With Pressure Sensore. . *Annals of Rehabilitation Medicine*, 41(6), 979-989.
- Sheila A. Dugan, K. P. B. (2005). Biomechanics and Analysis of Running Gait. *Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Clinic of North America*, 16(3), 19.
- Shing, W. T. (2009). A Multidisciplinary Approach to Long Distance Running Training.
- Smith MF, C. N., Vicenzino B. (2019). 2019 Sports Medicine Australia Conference: Oral presentations: Intrinsic foot muscle atrophy in individuals with chronic plantar heel pain: a cross-sectional investigation using ultrasound imaging. *Journal of Science and medicine in Sport*, 22(S2).
- Thor F. Besier., D. G. L., Timothy R. Ackland. (2002). Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35(1), 119-127.
- Tina L. Claiborne, M. K. T., and Danny M. Pincivero. (2009). Test-retest Reliability of Cardinal Plane Isokinetic Hip Torque and EMG. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19, 345-352.
- Tom Hogervorst., E. E. V. (2014). Evolution of The Human Hip. Part 2 : Muscling The Double Extension. . *Journal of Hip Preservation Surgery*, 2(1), 3-14.
- Tracy A. Dierks, K. T. M., Joseph Hamill, and Irene S. Davis. (2008). Proximal and Distal Influences on Hip and Knee Kinematics in Runners With Patellofemoral Pain During a Prolonged Run. *Journal of Orthopaedics and Sports Physical Therapy*, 38(8), 9.
- Vargas, N. K. a. O. O. O. (2011). Kinetic chains: a review of the concept and its clinical applications. *The American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 3, 739-745.
- Warren, B. L. (1990). Plantar Fasciitis in Runners Treatment and Prevention. *Journal of Sports Medicine*, 10(5), 8.
- Wearing SC, S. J., Yates B, Sullivan PM, Urry SR, Dubois P. (2004). Sagittal Movement of the Medial Longitudinal Arch Is Unchanged in Plantar Fasciitis. *journal of the American College of Sports Medicine*, 36(10), 7.
- Wunderlich, A. T. a. R. E. (2005). Biomechanics of Running and Walking. *Journal of Physical Medicine and Rehabilitation Clinic of North America*, 16(3), 19.

- Yolanda Aranda Bolivar, P. V. M., and Juan Polo Padillo. (2013). Relationship Between Tightness of the Posterior Muscles of the Lower Limb and Plantar Fasciitis. *American Orthopaedic Foot and Ankle Society*, 34(1), 7.
- Yolanda Aranda Bolívar., P. V. M., and Juan Polo Padillo. (2013). Relationship Between Tightness of the Posterior Muscles of the Lower Limb and Plantar Fasciitis. . *Foot and Ankle International*, 34(1), 42-48.
- Young-Mi Goo, T.-H. K., and Jin-Yong Lim. (2016). The effects of gluteus maximus and abductor hallucis strengthening exercises for four weeks on navicular drop and lower extremity muscle activity during gait with flatfoot. *The Journal of Physical Therapy Science*, 28(3), 5.
- YS, W. (2007). Influence of the Abductor Hallucis Muscle on the Medial Arch of the Foot: A Kinematic and Anatomical Cadaver Study. *Journal of Foot and Ankle International*, 28(5), 4.
- Yu-Chi Huang, L.-Y. W., Her-Cherng Wang, Kai-Lan Chang, Chau-Peng Leong. (2004). The Relationship between the Flexible Flatfoot and Plantar Fasciitis: Ultrasonographic Evaluation. *Chang Gung Medical Journal*, 27(6), 6.
- Yuta Koshino., T. I., Masanori Yamanaka., Yuya Ezawa., Takumi Okunuki., Takumi Kobayashi., Mina Samukawa., Hiroshi Saito., Harukazu Tohyama. (2015). Kinematics and muscle activities of the lower limb during a side-cutting task in subjects with chronic ankle instability. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy*, 24(4), 1071-1080.
- Zdenek Svoboda, M. J., Patrik Kutilek, and Eva Janurova. (2016). Relationships Between Movements of the Lower Limb Joints and the Pelvis in Open and Closed Kinematic Chains During a Gait Cycle. *Journal of Human Kinetics*, 51, 7.

ภาคผนวก ก

เอกสารรับรองโครงการวิจัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## ส่วนที่ 1 ใบรับรองโครงการวิจัย

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. 181/2563

## ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 103.1/63 : ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลง  
ของรูปแบบทางคินเนติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของร่างกายในนัก  
วิ่งระยะไกลที่เป็นโรคอ้วน

ผู้วิจัยหลัก : นายวรงค์ คงทอง

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, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย  
ในคน (มกคจ.) 2560, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัย  
เรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม ศาสตราจารย์ ดร. นพ. ปรีดา หัตถ์วิเศษ  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา หัตถ์วิเศษ)  
ประธาน

ลงนาม พินิติ ธีระ: กช/น  
(รองศาสตราจารย์ ดร. นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)  
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 4 สิงหาคม 2563

วันหมดอายุ : 3 สิงหาคม 2564

## เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

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

## เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการวิจัยที่ระมัดระวัง หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงาน  
ความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ในยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย  
(ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. หากยุติโครงการวิจัยก่อนกำหนดต้องแจ้งคณะกรรมการฯ ภายใน 2 สัปดาห์พร้อมคำชี้แจง
8. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 01-15) และบทความผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับ  
โครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทความผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น
9. โครงการวิจัยที่มีหลายระยะ จะรับรองโครงการเป็นระยะ เมื่อดำเนินการวิจัยในระยะแรกเสร็จสิ้นแล้ว ให้ดำเนินการส่งรายงานความก้าวหน้า พร้อม  
โครงการวิจัยและเอกสารที่เกี่ยวข้องในระยะถัดไป
10. คณะกรรมการฯ สงวนสิทธิ์ในการตรวจเยี่ยมเพื่อติดตามการดำเนินการวิจัย
11. สำหรับโครงการวิจัยจากภายนอก ผู้บริหารส่วนงาน กำกับการดำเนินการวิจัย

ส่วนที่ 2 เอกสารสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย  
สำหรับการศึกษาที่ 1 กลุ่มที่เป็นโรครองช้ำ

1

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
(สำหรับกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ - การศึกษาที่ 1)

**ชื่อโครงการวิจัย :** ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำ (Effects of Specific Functional Exercise on Changes of Lower Extremity Kinematic Pattern and Muscle Activity in Long Distance Runners With Plantar Fasciitis)

**ชื่อผู้วิจัย :** นายวรพงษ์ คงทอง

**ตำแหน่ง :** นิสิตดุขภูบัณฑิต/นักกายภาพบำบัด

**สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) :** แขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/ ศูนย์ฝึกมุลนิธิตะกร้อแห่งประเทศไทย สมาคมกีฬาตะกร้อแห่งประเทศไทย

**(ที่บ้าน) :** 200/1 ซอยพหลโยธิน 40 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กทม

**โทรศัพท์มือถือ :** 083-0168925 **E-mail :** [adductor\\_magnus@hotmail.com](mailto:adductor_magnus@hotmail.com)

**เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย**

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัยหลักหรือผู้ช่วยวิจัยซึ่งจะเป็นผู้ที่สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

รายละเอียดของโครงการวิจัย (การศึกษาที่ 1) มีดังนี้

**1.รูปแบบและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย**

**การศึกษาที่ 1 :** เป็นการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้าง และการทำงานของรยางค์ล่าง ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำและไม่เป็นโรครองช้ำ โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษา คือ เพื่อศึกษารูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่าง รวมถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองช้ำ

**2.คุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัย**

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล ดังนี้



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1/63  
วันที่รับรอง... - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... - 3 ส.ค. 2564



1.1 มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon อย่างน้อย 5 ครั้งต่อปี มาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

1.2 มีการวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ  $11.7 \pm 0.6$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Pace  $5.13 \pm 1.4$  นาทีต่อกิโลเมตร หรือ Pace ตั้งแต่ 3.73 ถึง 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร) ในการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งระยะไกลระยะ 10 กิโลเมตรครั้งล่าสุด

1.3 มีการฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

1.4 มีรูปแบบการวิ่งลงน้ำหนักที่ส้นเท้า (Rearfoot strike) หรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike)

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพต่อไปนี้

2.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องมีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ( $18.5 - 22.9 \text{ kg/m}^2$ )

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่มีภาวะการเกิดแคลเซียมที่ส้นเท้า (Heel calcification) หรือกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur)

2.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่เป็นโรคหรือมีอาการใดๆ ที่เข้าขณะเข้าร่วมงานวิจัย เช่น เล็บขบ ตาปลา เป็นต้น

2.4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการมีกระดูกหักที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.5 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการผ่าตัดที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.6 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีความบกพร่องทางระบบประสาท ทั้งระบบประสาทรับความรู้สึก และระบบประสาทสั่งการ

2.7 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

3.1 ต้องไม่ใช่ผู้ที่มีลักษณะของโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

- มีภาวะเท้าแบน (Pes Planus/flat feet) ประเภท Structural flat feet

- มีภาวะอุ้งเท้าสูง (Pes Cavus/high arch)

- มีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน (Hallux valgus)

- มีภาวะเข่าบิดหมุนเข้าด้านในหรือเข่าน็อก (Valgus knee)

- มีภาวะเข่าบิดหมุนออกทางด้านนอกหรือเข่าโก่ง (Varus knee)

3.2 มีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยไม่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากการมีความผิดปกติของข้อต่อ



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63  
วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

- 3.3 มีความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีคุณสมบัติเกี่ยวกับประวัติโรคข้อเท้า ดังนี้
- 4.1 มีประวัติเป็นโรคข้อเท้าที่ฝ่าเท้าข้างใดข้างหนึ่ง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด
- 4.2 ไม่มีประวัติเป็นโรคข้อเท้าที่ฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด
- 4.3 มีอาการและอาการแสดงของโรคข้อเท้าซึ่งโดยมีนักกายภาพบำบัดเป็นผู้ตรวจประเมินก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ดังนี้
- ปวดบริเวณสันเท้าและฝ่าเท้าทางด้านใน ขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ก้าวแรกหลังจากตื่นนอนในตอนเช้า และ/หรือ ก้าวแรกหลังจากนั่งเป็นเวลานาน อย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือน โดยต้องมีระดับความรู้สึkpวด (VAS) อย่างน้อยระดับ 3 ขึ้นไป
  - มีจุดกดเจ็บ (Tenderness) บริเวณสันเท้า และ/หรือ อุ้งเท้าทางด้านใน
  - มีผลการทดสอบ Windlass test เป็นบวก
  - มีผลการทดสอบ Navicular Drop test เป็นบวก
  - จุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร โดยการตรวจวินิจฉัยด้วย Diagnostic ultrasound
- 4.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับการรักษาโรคข้อเท้า ดังนี้
- ต้องไม่รับประทานยาต้านการอักเสบใดๆ อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
  - ต้องไม่เข้าร่วมในโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดใดๆ เกี่ยวกับโรคข้อเท้ามาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
  - ต้องไม่เคยรักษาโรคข้อเท้าโดยวิธีการฉีดสเตียรอยด์เพื่อลดอาการปวดที่พังผืดฝ่าเท้า
5. เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาในกลุ่มที่เป็นโรคข้อเท้า (PF inclusion criteria)
- 5.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี และเป็นโรคข้อเท้า
- 5.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย
6. เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)
- 6.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการบาดเจ็บใดๆ ที่รยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง ขณะเข้าร่วมงานวิจัย
- 6.2 ผู้ที่มีความผิดปกติในเรื่องระบบการทรงตัว ขณะเข้าร่วมงานวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63  
วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

- 6.3 ผู้ที่มีอาการปวด, ชา, หรือไม่สบายขณะเก็บข้อมูลงานวิจัย  
 6.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน  
 6.5 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ขอลงตัวออกจากงานวิจัย

### 3.การคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

สำหรับการคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัยจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ที่ห้องปฏิบัติการกลางแขนงวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 13 โดยการคัดกรองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การตอบแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลคุณสมบัติการวิ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และข้อมูลเกี่ยวกับโรคประจำตัวและการรักษา

2. การตรวจประเมินอาการโรคประจำตัว และความผิดปกติของร่างกายสร้างโดยนักกายภาพบำบัด

สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง จะได้รับผลการตรวจประเมินอาการของโรคประจำตัวและความผิดปกติของโครงสร้างของร่างกายสร้าง (ในส่วนของขั้นตอนการคัดกรอง) โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถขอคำแนะนำสำหรับการรักษาต่อไปจากผู้วิจัย (นักกายภาพบำบัด) ได้

สำหรับผู้ผ่านการคัดกรองเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย ท่านต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยอย่างเคร่งครัด

4.ขั้นตอนการวิจัย (ขอความร่วมมือให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยทุกขั้นตอนอย่างเคร่งครัด)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยกรอกแบบประเมินตัวชี้วัดการทำงานของเท้า (Foot Function Index : FFI)
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปยังห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasound diagnosis) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยนอนคว่ำบนเตียงสำหรับตรวจประเมิน ผู้วิจัยทำการตรวจวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้า ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ด้วยเครื่อง Diagnostic ultrasound
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการวัดระดับความรู้สึกรู้สึกปวดจากระดับความทนต่อแรงกด (Pressure Pain Threshold : PPT score) ด้วยเครื่อง Pressure algometer ซึ่งทำการวัดโดยผู้วิจัย
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของสะโพกและขา, มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก, และแรงปฏิกิริยาที่กระทำที่เท้าขณะวิ่ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้
  - ผู้วิจัยจะติด EMG electrode ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่องให้แก่ผู้วิจัยจำนวน 7 จุด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที แล้ววิ่งด้วยความเร็วมากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้เป็นระยะทาง 15 เมตร 1 รอบ

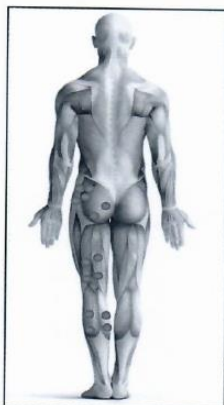


เลขที่โครงการวิจัย 103-1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

5



รูปแสดงการติด Surface EMG electrodes ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่อง

- ผู้วิจัยติด Marker ที่ปุ่มกระดูกข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และติดกลุ่ม Marker ที่หน้าแข้งทางด้านนอกทั้ง 2 ข้าง ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยยืนนิ่งเป็นเวลา 30 วินาทีบนแผ่นตรวจวัดแรงกด (Force plate) เพื่อวัดมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และชั่งน้ำหนักของผู้เข้าร่วมวิจัย



รูปแสดงการติด Retro-reflective marker ที่เท้า ข้อเท้าและเข่า

- ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกซ้อมวิ่งด้วยเทปเปล้า (ซึ่งยังคงมี EMG electrode และ Marker ติดอยู่) บนทางวิ่งยาว 25 เมตร ซึ่งมีแผ่น Force plate อยู่กึ่งกลางของความยาวของทางวิ่ง เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยคุ้นชินกับการฝึกวิ่ง ฝึก 10 นาที จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งจริงเพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อด้านหลังของสะโพกและขา และมุมการเคลื่อนไหวขณะวิ่งของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก โดยวิ่งเป็นจำนวน 5 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 1 นาที



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63  
วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... 3. ส.ค. 2564



- ผู้วิจัยทำการถอด EMG electrode และ Marker ออกจากร่างกายของผู้วิจัยและทำความสะอาดผิวหนังบริเวณดังกล่าวด้วยแอลกอฮอล์

6. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปที่ห้องปฏิบัติการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer โดยผู้วิจัยอธิบายวิธีการออกแรงต้านการทำงานของเครื่อง Isokinetic dynamometer เพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกออกแรงต้านเครื่อง Isokinetic dynamometer ในทิศทางต่างๆ 6 ทิศทางจนคุ้นชิน จากนั้นพักเป็นเวลา 10 นาที และเริ่มทำการออกแรงต้านเพื่อเก็บข้อมูลจริงในทิศทางละ 5 รอบ จนครบทุกทิศทาง โดยพักระหว่างรอบ 3 นาที และพักระหว่างการเปลี่ยนท่าทางในการทดสอบ 10 นาที จากนั้นให้ผู้วิจัยทำการ Cool down และพักผ่อนหย่อนใจ และสิ้นสุดการเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย



(a)



(b)



(c)

รูปแสดงการเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า (a) Hip abduction (b) Hip extension

(c) Hip external rotation

โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ภายในวันเดียวกัน) ซึ่งการเก็บข้อมูลอาจครอบคลุมถึงเวลาอาหารเที่ยง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอาหารและน้ำดื่มไว้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยด้วย

#### 5. การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลนี้อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวตน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในส่วนของการเผยแพร่ผลงานวิจัย จะนำเสนอข้อมูลเป็นภาพรวมเท่านั้น ชื่อและที่อยู่ของท่านจะได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยหากจำเป็นต้องเปิดเผยผลการวิจัยรายบุคคล จะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลของท่านจะถูกทำลาย และหากมีการศึกษาต่อยอดที่จำเป็นต้องนำข้อมูลของท่านมาใช้ในงานวิจัยต่อเนื่อง ทางผู้วิจัยจะขอความยินยอมจากท่านอีกครั้ง

#### 6. ความเสี่ยง อันตราย และความไม่สะดวกสบายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1 | 63

วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564

7

1. ท่านอาจจะต้องใช้เวลาในการเดินทางและเวลาในการปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

2. ท่านอาจได้รับการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุในขั้นตอนการเก็บข้อมูลโดยการวิ่ง และการออกแรงต้านเพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกได้ เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้วิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น และหากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ หากท่านได้รับบาดเจ็บระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย ทางผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำท่านส่งโรงพยาบาล รวมถึงรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลจากอาการบาดเจ็บที่ได้รับระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย

3. หากท่านมีอาการระคายเคือง คัน หรืออาการแพ้เจลหรือเทปสำหรับติด EMG electrode และ Marker ที่ผิวหนัง ท่านควรรีบแจ้งผู้วิจัยทันที เพื่อยุติการทดลอง และถอดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตามร่างกายท่าน รวมถึงรีบทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่เกิดอาการแพ้ทันที

#### 7. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับผลประโยชน์ส่วนบุคคลใดๆ จากการเข้าร่วมโครงการวิจัย แต่ผลจากการวิจัยที่มีท่านเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย จะทำให้ท่านซึ่งเป็นนักวิจัยระยะไกลที่เป็นโครงการซ้ำได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อของร่างกาย ค่ามุมการเคลื่อนไหวของร่างกายค่าต่างๆ รวมทั้งได้ทราบขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ต่อไปในการวางแผนการรักษาฟื้นฟูโรคข้อเท้า และการซ้อมวิ่งของท่านให้ได้สอดคล้องกัน โดยไม่ทำให้อาการของโรคข้อเท้ามาเป็นอุปสรรคในการวิ่งของท่าน

#### 8. การแสดงความขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการเป็นผู้ร่วมงานวิจัย 500 บาท

#### 9. การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องให้เหตุผล และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่าน

หากท่านมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากท่านได้รับการปฏิบัติไม่ตรงกับข้อมูลดังกล่าว ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: [eccu@chula.ac.th](mailto:eccu@chula.ac.th)



เลขที่โครงการวิจัย... 103. 1 / 63  
วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
 จึงลงนามยินยอม เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้วิจัยหลัก

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่...../...../.....



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

ส่วนที่ 3 เอกสารสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย  
สำหรับการศึกษาที่ 1 กลุ่มที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ

1

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
(สำหรับกลุ่มนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ - การศึกษาที่ 1)

ชื่อโครงการวิจัย : ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทางคินเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ (Effects of Specific Functional Exercise on Changes of Lower Extremity Kinematic Pattern and Muscle Activity in Long Distance Runners With Plantar Fasciitis)

ชื่อผู้วิจัย : นายวรพงษ์ คงทอง

ตำแหน่ง : นิสิตดุสิตบัณฑิต/นักกายภาพบำบัด

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) : แขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/ ศูนย์ฝึกภูมุนิธิตะก้อแห่งประเทศไทย สมาคมกีฬาตะก้อแห่งประเทศไทย

(ที่บ้าน) : 200/1 ซอยพหลโยธิน 40 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กทม

โทรศัพท์มือถือ : 083-0168925 E-mail : [adductor\\_magnus@hotmail.com](mailto:adductor_magnus@hotmail.com)

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัยหลักหรือผู้ช่วยวิจัยซึ่งจะเป็นผู้ที่สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

รายละเอียดของโครงการวิจัย (การศึกษาที่ 1) มีดังนี้

1. รูปแบบและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การศึกษาที่ 1 : เป็นการศึกษาเปรียบเทียบโครงสร้าง และการทำงานของรยางค์ล่าง ในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำและไม่เป็นโรครองซ้ำ โดยมีวัตถุประสงค์การศึกษา คือ เพื่อศึกษารูปแบบทางคินเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่าง รวมถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำและนักวิ่งระยะไกลที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ

2. คุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล ดังนี้

1.1 มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon อย่างน้อย 5 ครั้งต่อปี มาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

1.2 มีการวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ  $11.7 \pm 0.6$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Pace  $5.13 \pm 1.4$  นาทีต่อกิโลเมตร หรือ Pace ตั้งแต่ 3.73 ถึง 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร) ในการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งระยะไกลระยะ 10 กิโลเมตรครั้งล่าสุด

1.3 มีการฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1163

วันที่รับรอง. 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ. 3 ส.ค. 2564



- 1.4 มีรูปแบบการวิ่งลงน้ำหนักที่ส้นเท้า (Rearfoot strike) หรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike)
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพต่อไปนี้
- 2.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องมีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ (18.5 – 22.9 kg/m<sup>2</sup>)
  - 2.2 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีภาวะการเกิดแคลเซียมที่ส้นเท้า (Heel calcification) หรือกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur)
  - 2.3 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคหรือมีอาการใดๆ ที่ทำขณะเข้าร่วมงานวิจัย เช่น เล็บขบ ตาปลา เป็นต้น
  - 2.4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการมีกระดูกหักที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง
  - 2.5 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการผ่าตัดที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง
  - 2.6 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีความบกพร่องทางระบบประสาท ทั้งระบบประสาทรับความรู้สึก และระบบประสาทสั่งการ
  - 2.7 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้
- 3.1 ต้องไม่เป็นผู้ที่มีลักษณะของโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้
    - มีภาวะเท้าแบน (Pes Planus/flat feet) ประเภท Structural flat feet
    - มีภาวะอุ้งเท้าสูง (Pes Cavus/high arch)
    - มีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน (Hallux valgus)
    - มีภาวะเข้าบิดหมุนเข้าด้านในหรือเข้าน็อก (Valgus knee)
    - มีภาวะเข้าบิดหมุนออกทางด้านนอกหรือเข้าโค้ง (Varus knee)
  - 3.2 มีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยไม่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากการมีความผิดปกติของข้อต่อ
  - 3.3 มีความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร
4. เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาในกลุ่มที่ไม่เป็นโรครองซ้ำ (No PF Inclusion Criteria)
- 4.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี และไม่เป็นโรครองซ้ำ
  - 4.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย
5. เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)
- 5.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการบาดเจ็บใดๆ ที่รยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง ขณะเข้าร่วมงานวิจัย
  - 5.2 ผู้ที่มีความผิดปกติในเรื่องระบบการทรงตัว ขณะเข้าร่วมงานวิจัย
  - 5.3 ผู้ที่มีอาการปวด, ชา, หรือไม่สบายขณะเก็บข้อมูลงานวิจัย
  - 5.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

### 5.5 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ขอลถอนตัวออกจากงานวิจัย

#### 3.การคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

สำหรับการคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัยจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ที่ห้องปฏิบัติการกลางแขนงวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 13 โดยการคัดกรองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การตอบแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลคุณสมบัติการวิ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และข้อมูลเกี่ยวกับโรคประจำตัวและการรักษา

2. การตรวจประเมินอาการโรคประจำตัว และความผิดปกติของร่างกายคั่งค้างโดยนักกายภาพบำบัด

สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง จะได้ทราบผลการตรวจประเมินอาการของโรคประจำตัวและความผิดปกติของโครงสร้างของร่างกายคั่งค้าง (ในส่วนของขั้นตอนการคัดกรอง) โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถขอคำแนะนำสำหรับการรักษาต่อไปจากผู้วิจัย (นักกายภาพบำบัด) ได้

สำหรับผู้ผ่านการคัดกรองเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย ท่านต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยอย่างเคร่งครัด

#### 4.ขั้นตอนการวิจัย (ขอความร่วมมือให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยทุกขั้นตอนอย่างเคร่งครัด)

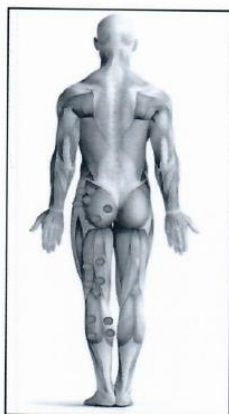
1. ผู้เข้าร่วมวิจัยกรอกแบบประเมินตัวชี้วัดการทำงานของเท้า (Foot Function Index : FFI)
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปยังห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasound diagnosis) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยนอนคว่ำบนเตียงสำหรับตรวจประเมิน ผู้วิจัยทำการตรวจวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้า ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ด้วยเครื่อง Diagnostic ultrasound
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการวัดระดับความรู้สึกปวดจากระดับความทนต่อแรงกด (Pressure Pain Threshold : PPT score) ด้วยเครื่อง Pressure algometer ซึ่งทำการวัดโดยผู้วิจัย
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของสะโพกและขา, มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก, และแรงปฏิกิริยาที่กระทำที่เท้าขณะวิ่ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้
  - ผู้วิจัยจะติด EMG electrode ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่องให้แก่ผู้วิจัยจำนวน 7 จุด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 แล้ววิ่งด้วยความเร็วมากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้เป็นระยะทาง 15 เมตร 1 รอบ



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63

วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564



รูปแสดงการติด Surface EMG electrodes ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่อง

- ผู้วิจัยติด Marker ที่ปุ่มกระดูกข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และติดกลุ่ม Marker ที่หน้าแข้งทางด้านนอกทั้ง 2 ข้าง ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยยืนนิ่งเป็นเวลา 30 วินาทีบนแผ่นตรวจวัดแรงกด (Force plate) เพื่อวัดมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และชั่งน้ำหนักของผู้เข้าร่วมวิจัย



รูปแสดงการติด Retro-reflective marker ที่เท้า ข้อเท้าและเข่า

- ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกซ้อมวิ่งด้วยเท้าเปล่า (ซึ่งยังคงมี EMG electrode และ Marker ติดอยู่) บนทางวิ่งยาว 25 เมตร ซึ่งมีแผ่น Force plate อยู่กึ่งกลางของความยาวของทางวิ่ง เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยขึ้นกับการฝึกวิ่ง พัก 10 นาที จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งจริงเพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อด้านหลังของสะโพกและขา และมุมการเคลื่อนไหวขณะวิ่งของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก โดยวิ่งเป็นจำนวน 5 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 1 นาที

- ผู้วิจัยทำการถอด EMG electrode และ Marker ออกจากร่างกายของผู้วิจัยและทำความสะอาดผิวบริเวณดังกล่าวด้วยแอลกอฮอล์



เลขที่โครงการวิจัย... 103-1/63

วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564



6. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปที่ห้องปฏิบัติการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer โดยผู้วิจัยอธิบายวิธีการออกแรงด้านการทำงานของเครื่อง Isokinetic dynamometer เพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกออกแรงด้านเครื่อง Isokinetic dynamometer ในทิศทางต่างๆ 6 ทิศทางจนคุ้นชิน จากนั้นพักเป็นเวลา 10 นาที และเริ่มทำการออกแรงด้านเพื่อเก็บข้อมูลจริงในทิศทางละ 5 รอบ โดยพักระหว่าง 3 นาที จนครบทุกทิศทาง โดยพักระหว่างรอบ 3 นาที และพักระหว่างการเปลี่ยนท่าทางในการทดสอบ 10 นาที จากนั้นให้ผู้วิจัยทำการ Cool down และพักผ่อน หายเหนื่อย และสิ้นสุดการเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย



(a)



(b)



(c)

รูปแสดงการเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า (a) Hip abduction (b) Hip extension  
(c) Hip external rotation

โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ภายในวันเดียวกัน) ซึ่งการเก็บข้อมูลอาจครอบคลุมถึงเวลาอาหารเที่ยง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอาหารและน้ำดื่มไว้ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยด้วย

#### 5. การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลที่สามารถนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในส่วนของ การเผยแพร่ผลงานวิจัย จะนำเสนอข้อมูลเป็นภาพรวมเท่านั้น ชื่อและที่อยู่ของท่านจะได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยหากจำเป็นต้องเปิดเผยผลการวิจัยรายบุคคล จะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลของท่านจะถูกทำลาย และหากมีการศึกษาต่อยอดที่จำเป็นต้องนำ ข้อมูลของท่านมาใช้ในงานวิจัยต่อเนื่อง ทางผู้วิจัยจะขอความยินยอมจากท่านอีกครั้ง

#### 6. ความเสี่ยง อันตราย และความไม่สะดวกสบายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัย

1. ท่านอาจจะต้องใช้เวลาในการเดินทางและเวลาในการปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

2. ท่านอาจได้รับการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุในขั้นตอนการเก็บข้อมูลโดยการวิ่ง และการออกแรงด้านเพื่อ วัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกได้ เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้วิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิด ความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น และหากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมใน



เลขที่โครงการวิจัย... 103. 1 / 63  
วันที่รับรอง... 4. ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... 3. ส.ค. 2564

โครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา นอกจากนั้น หากท่านได้รับบาดเจ็บระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย ทางผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำท่านส่งโรงพยาบาล รวมถึงรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลจากอากรบาดเจ็บที่ได้รับระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย

3. หากท่านมีอาการระคายเคือง คัน หรืออาการแพ้เจลหรือเทปสำหรับติด EMG electrode และ Marker ที่ผิวหนัง ท่านควรรีบแจ้งผู้วิจัยทันที เพื่อยุติการทรมานทดลอง และถอดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตามร่างกายท่าน รวมถึงรีบทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่เกิดอาการแพ้ทันที

7. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับผลประโยชน์ส่วนบุคคลใดๆ จากการเข้าร่วมโครงการวิจัย แต่ผลจากการวิจัยที่มีท่านเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย จะทำให้ท่านซึ่งเป็นนักวิ่งระยะไกลได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่าง มุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างขณะวิ่ง รวมทั้งได้ทราบขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ต่อไปในการกำหนดแผนการซ้อมวิ่งของท่านให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

8. การแสดงความขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการเป็นผู้ร่วมงานวิจัย 500 บาท

9. การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องให้เหตุผล และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่าน

หากท่านมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากท่านได้รับการปฏิบัติไม่ตรงกับข้อมูลดังกล่าว ท่านสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202, 0-2218-3049 E-mail: [eccu@chula.ac.th](mailto:eccu@chula.ac.th)



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63

วันที่รับรอง... - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... - 3 ส.ค. 2564

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
จึงลงนามยินยอม เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้วิจัยหลัก

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

วันที่...../...../.....



เลขที่โครงการวิจัย. 103. 1/63  
วันที่รับรอง. - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ. - 3 ส.ค. 2564

ส่วนที่ 4 เอกสารสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย  
สำหรับการศึกษาที่ 2 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ

1

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
(สำหรับกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ - การศึกษาที่ 2)

ชื่อโครงการวิจัย : ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ (Effects of Specific Functional Exercise on Changes of Lower Extremity Kinematic Pattern and Muscle Activity in Long Distance Runners With Plantar Fasciitis)

ชื่อผู้วิจัย : นายวรพงษ์ คงทอง

ตำแหน่ง : นิสิตดุขุภักดิ์บัณฑิต/นักกายภาพบำบัด

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) : แขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/ ศูนย์ฝึกมุมนิธิตะกร้อแห่งประเทศไทย สมาคมกีฬาตะกร้อแห่งประเทศไทย

(ที่บ้าน) : 200/1 ซอยพลโยธิน 40 ถนนพลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กทม

โทรศัพท์มือถือ : 083-0168925 E-mail : [adductor\\_magnus@hotmail.com](mailto:adductor_magnus@hotmail.com)

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัยหลักหรือผู้ช่วยวิจัยซึ่งจะเป็นผู้ที่สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

รายละเอียดของโครงการวิจัย มีดังนี้

1.รูปแบบและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

การศึกษาที่ 2 : เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกาย 2 โปรแกรมที่มีต่อโครงสร้างและการทำงานของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ โดยโปรแกรมแรกเป็นโปรแกรมที่ออกแบบและประยุกต์ทำทางที่ใช้ในการรักษาโรครองซ้ำให้สอดคล้องท่าทางการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้การวิ่ง คือโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise) ส่วนอีกโปรแกรมเป็นโปรแกรมแบบดั้งเดิม (Conventional program) ที่ใช้การฝึกที่เพื่อรักษาฟื้นฟูโรครองซ้ำ คือโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้ออ่อนน่อง (Intrinsic foot muscle exercise-related calf muscle) ซึ่งการศึกษาที่ 2 มีวัตถุประสงค์ คือเพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้ออ่อนน่องต่อรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่าง รวมถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ

2.คุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 - 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล ดังนี้



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564



1.1 มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon อย่างน้อย 5 ครั้งต่อปี มาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

1.2 มีการวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ  $11.7 \pm 0.6$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Pace  $5.13 \pm 1.4$  นาทีต่อกิโลเมตร หรือ Pace ตั้งแต่ 3.73 ถึง 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร) ในการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งระยะไกลระยะ 10 กิโลเมตรครั้งล่าสุด

1.3 มีการฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

1.4 มีรูปแบบการวิ่งลงน้ำหนักที่ส้นเท้า (Rearfoot strike) หรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike)

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพต่อไปนี้

2.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องมีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ( $18.5 - 22.9 \text{ kg/m}^2$ )

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่มีภาวะการเกิดแคลเซียมที่ส้นเท้า (Heel calcification) หรือกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur)

2.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่เป็นโรคหรือมีอาการใดๆ ที่ให้ขณะเข้าร่วมงานวิจัย เช่น เล็บขบ ตาปลา เป็นต้น

2.4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการมีกระดูกหักที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.5 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการผ่าตัดที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.6 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีความบกพร่องทางระบบประสาท ทั้งระบบประสาทรับความรู้สึก และระบบประสาทสั่งการ

2.7 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

3.1 ต้องเป็นผู้ที่มีลักษณะของโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

- มีภาวะเท้าแบน (Pes Planus/flat feet) ประเภท Structural flat feet
- มีภาวะอุ้งเท้าสูง (Pes Cavus/high arch)
- มีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน (Hallux valgus)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนเข้าด้านในหรือเข่าหนีศ (Valgus knee)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนออกทางด้านนอกหรือเข่าโก่ง (Varus knee)

3.2 ไม่มีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยไม่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากการมีความผิดปกติของข้อต่อ

3.3 มีความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร

4. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีคุณสมบัติเกี่ยวกับประวัติโรครองเท้า ดังนี้

4.1 มีประวัติเป็นโรครองเท้าที่ฝ่าเท้าข้างใดข้างหนึ่ง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63  
วันที่รับรอง... - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... - 3 ส.ค. 2564



4.2 ไม่มีประวัติเป็นโรครองขี้ที่ฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

4.3 มีอาการและอาการแสดงของโรครองขี้ซึ่งโดยมีนักกายภาพบำบัดเป็นผู้ตรวจประเมินก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ดังนี้

- ปวดบริเวณสันเท้าและฝ่าเท้าทางด้านใน ขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ก้าวแรกหลังจากตื่นนอนในตอนเช้า และ/หรือ ก้าวแรกหลังจากนั่งเป็นเวลานาน อย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือน โดยต้องมีระดับความรู้สึkpวด (VAS) อย่างน้อยระดับ 3 ขึ้นไป

- มีจุดกดเจ็บ (Tenderness) บริเวณสันเท้า และ/หรือ อึ่งเท้าทางด้านใน
- มีผลการทดสอบ Windlass test เป็นบวก
- มีผลการทดสอบ Navicular Drop test เป็นบวก
- จุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร โดยการตรวจวินิจฉัยด้วย

Diagnostic ultrasound

4.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับการรักษาโรครองขี้ ดังนี้

- ต้องไม่รับประทานยาต้านการอักเสบใดๆ อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
- ต้องไม่เข้าร่วมในโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดใดๆ เกี่ยวกับโรครองขี้มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย
- ต้องไม่เคยรักษาโรครองขี้โดยวิธีการฉีดยาเพื่อลดอาการปวดที่พังผืดฝ่าเท้า

5. เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาในกลุ่มที่เป็นโรครองขี้ (PF inclusion criteria)

5.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี และเป็นโรครองขี้

5.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย

6. เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)

6.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการบาดเจ็บใดๆ ที่รยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง ขณะเข้าร่วมงานวิจัย

6.2 ผู้ที่มีความผิดปกติในเรื่องระบบการทรงตัว ขณะเข้าร่วมงานวิจัย

6.3 ผู้ที่มีอาการปวด, ชา, หรือไม่สบายขณะเก็บข้อมูลงานวิจัย

6.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน

6.5 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ขอลอนตัวออกจากงานวิจัย

### 3.การคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

สำหรับการคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัยจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ที่ห้องปฏิบัติการกลางแขนงวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 13 โดยการคัดกรองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การตอบแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลคุณสมบัติการวิ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และข้อมูลเกี่ยวกับโรครองขี้และการรักษา



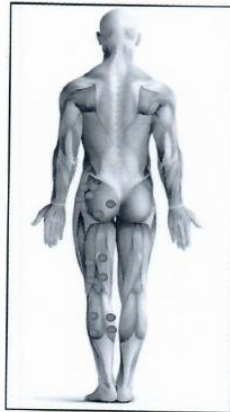
เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63  
วันที่รับรอง... - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... - 3 ส.ค. 2564

2. การตรวจประเมินอาการโรคข้ออักเสบ และความผิดปกติของรยางค์ล่างโดยนักกายภาพบำบัด สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง จะได้ทราบผลการตรวจประเมินอาการของโรคข้ออักเสบและความผิดปกติของโครงสร้างของรยางค์ล่าง (ในส่วนของขั้นตอนการคัดกรอง) โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถขอคำแนะนำสำหรับการรักษาต่อไปจากผู้วิจัย (นักกายภาพบำบัด) ได้

สำหรับผู้ที่ผ่านการคัดกรองเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย ท่านต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยอย่างเคร่งครัด

4. ขั้นตอนการวิจัย (ขอความร่วมมือให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยทุกขั้นตอนอย่างเคร่งครัด)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยกรอกแบบประเมินตัวชี้วัดการทำงานของเท้า (Foot Function Index : FFI)
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปยังห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasound diagnosis) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยนอนคว่ำบนเตียงสำหรับตรวจประเมิน ผู้วิจัยทำการตรวจวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้า ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ด้วยเครื่อง Diagnostic ultrasound
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการวัดระดับความรู้สึกปวดจากระดับความทนต่อแรงกด (Pressure Pain Threshold : PPT score) ด้วยเครื่อง Pressure algometer ซึ่งทำการวัดโดยผู้วิจัย
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของสะโพกและขา, มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก, และแรงปฏิกิริยาที่กระทำที่เท้าขณะวิ่ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้
  - ผู้วิจัยจะติด EMG electrode ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่องให้แก่ผู้วิจัยจำนวน 7 จุด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที แล้ววิ่งด้วยความเร็วมากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้เป็นระยะทาง 15 เมตร 1 รอบ



รูปแสดงการติด Surface EMG electrodes ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่อง

- ผู้วิจัยติด Marker ที่ปุ่มกระดูกข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และติดกลุ่ม Marker ที่หน้าแข้งทางด้านนอกทั้ง 2 ข้าง ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยยืนนิ่งเป็นเวลา 30 วินาทีบนแผ่น



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1 / 63

วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564

ตรวจวัดแรงกด (Force plate) เพื่อวัดมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และช่วงน้ำหนักของผู้เข้าร่วมวิจัย



รูปแสดงการติด Retro-reflective marker ที่เท้า ข้อเท้าและเข่า

- ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกซ้อมวิ่งด้วยเท้าเปล่า (ซึ่งยังคงมี EMG electrode และ Marker ติดอยู่) บนทางวิ่งยาว 25 เมตร ซึ่งมีแผ่น Force plate อยู่กึ่งกลางของความยาวของทางวิ่ง เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยคุ้นชินกับการฝึกวิ่ง พัก 10 นาที จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งจริงเพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อด้านหลังของสะโพกและเข่า และมุมการเคลื่อนไหวขณะวิ่งของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก โดยวิ่งเป็นจำนวน 5 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 1 นาที

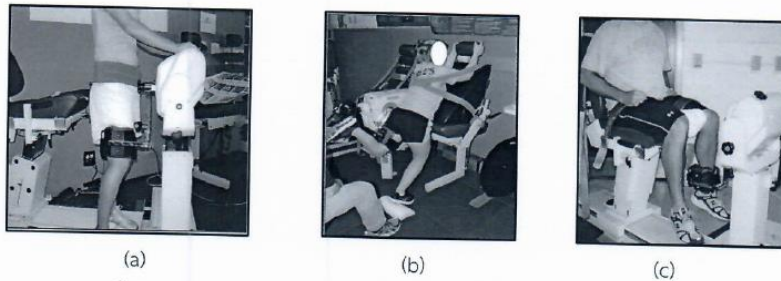
- ผู้วิจัยทำการถอด EMG electrode และ Marker ออกจากร่างกายของผู้วิจัยและทำความสะอาดผิวบริเวณดังกล่าวด้วยแอลกอฮอล์

6. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปที่ห้องปฏิบัติการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer โดยผู้วิจัยอธิบายวิธีการออกแรงต้านการทำงานของเครื่อง Isokinetic dynamometer เพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกออกแรงต้านเครื่อง Isokinetic dynamometer ในทิศทางต่างๆ 6 ทิศทางจนคุ้นชิน จากนั้นพักเป็นเวลา 10 นาที และเริ่มทำการออกแรงต้านเพื่อเก็บข้อมูลจริงในทิศทางละ 5 รอบ จนครบทุกทิศทาง โดยพักระหว่างรอบ 3 นาที และพักระหว่างการเปลี่ยนท่าทางในการทดสอบ 10 นาที จากนั้นให้ผู้วิจัยทำการ Cool down และพักจนหายเหนื่อย และสิ้นสุดการเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1/63  
วันที่รับรอง. - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ. - 3 ส.ค. 2564





รูปแสดงการเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า (a) Hip abduction (b) Hip extension  
(c) Hip external rotation

โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ภายในวันเดียวกัน) ซึ่งการเก็บข้อมูลอาจครอบคลุมถึงเวลาอาหารเที่ยง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอาหารและน้ำดื่มไว้ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยด้วย

7. ผู้วิจัยสอนท่าทางในการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ฝึกวันเว้นวัน โดยโปรแกรมการฝึกเป็นดังนี้

1. การฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง ประกอบด้วย การเพิ่ม และ/หรือปรับเปลี่ยนท่าทางและความหนักในการฝึก โดยจะฝึกวิธีนี้ในวันแรกของสัปดาห์ที่ 1, 3, 5, 7

2. การฝึกด้วยตนเองที่บ้าน ประกอบด้วย เอกสารคำอธิบาย ท่าทาง ความหนัก จำนวนครั้งในการฝึก และตารางบันทึกการฝึก (Record chart) โดยผู้วิจัยจะทำการติดตามการฝึก รวมถึงซักถามปัญหา และตอบข้อสงสัยของผู้เข้าร่วมวิจัยทางโทรศัพท์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

8. เมื่อครบ 8 สัปดาห์ของการออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับมาที่ห้องปฏิบัติการกลางแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกายอีกครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลในครั้งที่ 2 (หลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายครบ 8 สัปดาห์) โดยปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยในข้อ 1 - 6 เหมือนการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1

#### 5. การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลนี้อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในส่วนของ การเผยแพร่ผลงานวิจัย จะนำเสนอข้อมูลเป็นภาพรวมเท่านั้น ชื่อและที่อยู่ของท่านจะได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยหากจำเป็นต้องเปิดเผยผลการวิจัยรายบุคคล จะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลของท่านจะถูกทำลาย และหากมีการศึกษาต่อยอดที่จำเป็นต้องนำ ข้อมูลของท่านมาใช้ในงานวิจัยต่อเนื่อง ทางผู้วิจัยจะขอความยินยอมจากท่านอีกครั้ง

#### 6. ความเสี่ยง อันตราย และความไม่สะดวกสบายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัย

1. ท่านอาจจะต้องใช้เวลาในการเดินทางและเวลาในการปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1/63  
วันที่รับรอง. 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ. 3 ส.ค. 2564

2. ท่านอาจได้รับการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุในขั้นตอนการเก็บข้อมูลโดยการวิ่ง และการออกแรงด้านเพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกได้ เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้วิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น และหากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ หากท่านได้รับบาดเจ็บระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย ทางผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำท่านส่งโรงพยาบาล รวมถึงรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลจากอาการบาดเจ็บที่ได้รับระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย

3. หากท่านมีอาการระคายเคือง คัน หรืออาการแพ้เจลหรือเทปสำหรับติด EMG electrode และ Marker ที่ผิวหนัง ท่านควรรีบแจ้งผู้วิจัยทันที เพื่อยุติการทาบทดลอง และถอดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตามร่างกายท่าน รวมถึงรีบทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่เกิดอาการแพ้ทันที

4. สำหรับการออกกำลังกายด้วยตนเอง ขอความร่วมมือให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำและวิธีการออกกำลังกายอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้หากท่านรู้สึกผิดปกติ เช่น ปวด หรือขา เป็นต้น ที่ขาทั้งสองข้างขณะทำการออกกำลังกายให้ท่านหยุดทำการฝึก และรีบติดต่อผู้วิจัยในทันที

#### 7.ประโยชน์ที่จะได้รับการเข้าร่วมโครงการวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับผลประโยชน์ส่วนบุคคลใดๆ จากการเข้าร่วมโครงการวิจัย แต่ผลจากการวิจัยที่มีท่านเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย จะทำให้ท่านซึ่งเป็นนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองช้ำได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่าง มุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ล่างขณะวิ่ง ขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า และผลจากการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ท่านได้รับที่ส่งผลต่อโรครองช้ำ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ต่อไปในการวางแผนการรักษาฟื้นฟูโรครองช้ำ และการซ่อมวงของเท้าให้สอดคล้องกัน โดยไม่ทำให้อาการของโรครองช้ำมาเป็นอุปสรรคในการวิ่งของท่าน

#### 8.การแสดงความขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการเป็นผู้ร่วมงานวิจัย สำหรับการเก็บข้อมูลก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายจำนวน 2 ครั้ง เป็นจำนวนเงิน 500 บาทต่อครั้ง และสำหรับการปรับเปลี่ยน/เพิ่มเติมท่าทางของโปรแกรมการออกกำลังกายจำนวน 3 ครั้ง เป็นจำนวนเงิน 300 บาทต่อครั้ง

#### 9.การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องให้เหตุผล และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่าน

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



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1/63  
วันที่รับรอง... - 4. ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... - 3. ส.ค. 2564

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
จึงลงนามยินยอม เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ.....  
(.....)

ผู้วิจัยหลัก

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....  
(.....)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....  
(.....)

พยาน

วันที่...../...../.....



เลขที่โครงการวิจัย 108.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564



ส่วนที่ 5 เอกสารสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือยินยอมเข้าร่วมวิจัย  
 สำหรับการศึกษาที่ 2 กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับ  
 กล้ามเนื้อน่อง

1

เอกสารข้อมูลสำหรับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและหนังสือแสดงยินยอมเข้าร่วมการวิจัย  
 (สำหรับกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง - การศึกษาที่ 2)

ชื่อโครงการวิจัย : ผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะต่อการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบทางคินเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของร่างกายคนในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า (Effects of Specific Functional Exercise on Changes of Lower Extremity Kinematic Pattern and Muscle Activity in Long Distance Runners With Plantar Fasciitis)

ชื่อผู้วิจัย : นายวรพงษ์ คงทอง

ตำแหน่ง : นิสิตดุขภูบัณฑิต/นักกายภาพบำบัด

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) : แขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกาย คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย/ ศูนย์ฝึกมุสลินิธิศาสตร์แห่งประเทศไทย สมาคมกีฬาตะกร้อแห่งประเทศไทย

(ที่บ้าน) : 200/1 ซอยพลโยธิน 40 ถนนพลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กทม

โทรศัพท์มือถือ : 083-0168925 E-mail : [adductor\\_magnus@hotmail.com](mailto:adductor_magnus@hotmail.com)

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย ก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัยหลักหรือผู้ช่วยวิจัยซึ่งจะเป็นผู้ที่สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

รายละเอียดของโครงการวิจัย มีดังนี้

1. รูปแบบและวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย แบ่งเป็นการศึกษาย่อย 2 การศึกษา ได้แก่

การศึกษาที่ 2 : เป็นการศึกษาเปรียบเทียบผลของโปรแกรมการออกกำลังกาย 2 โปรแกรมที่มีต่อโครงสร้างและการทำงานของร่างกายคนในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า โดยโปรแกรมแรกเป็นโปรแกรมที่ออกแบบและประยุกต์ทำทางที่ใช้ในการรักษาโรครองเท้าให้สอดคล้องทำทางการทำงานของกล้ามเนื้อที่ใช้การวิ่ง คือโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (Specific functional exercise) ส่วนอีกโปรแกรมเป็นโปรแกรมแบบดั้งเดิม (Conventional program) ที่ใช้การฝึกเพื่อรักษาพื้นฟูโรครองเท้า คือโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง (Intrinsic foot muscle exercise-related calf muscle) ซึ่งการศึกษาที่ 2 มีวัตถุประสงค์ คือเพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อรูปแบบทางคินเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของร่างกายคน รวมถึงขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า

2. คุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 - 59 ปี ที่มีคุณสมบัติเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล ดังนี้



เลขที่โครงการวิจัย..... 103. 1/63  
 วันที่รับรอง..... 4 ส.ค. 2563  
 วันหมดอายุ..... 3 ส.ค. 2564

1.1 มีประสบการณ์เข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระยะไกลในระดับ Mini marathon ระดับ Half marathon หรือระดับ Marathon อย่างน้อย 5 ครั้งต่อปี มาเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

1.2 มีการวิ่งด้วยความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ  $11.7 \pm 0.6$  กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Pace  $5.13 \pm 1.4$  นาทีต่อกิโลเมตร หรือ Pace ตั้งแต่ 3.73 ถึง 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร) ในการเข้าร่วมการแข่งขันวิ่งระยะไกลระยะ 10 กิโลเมตรครั้งล่าสุด

1.3 มีการฝึกซ้อมวิ่งอย่างน้อย 20 กิโลเมตรต่อสัปดาห์มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

1.4 มีรูปแบบการวิ่งลงน้ำหนักที่ส้นเท้า (Rearfoot strike) หรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike)

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับสุขภาพต่อไปนี้

2.1 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องมีดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติ ( $18.5 - 22.9 \text{ kg/m}^2$ )

2.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่มีภาวะการเกิดแคลเซียมที่ส้นเท้า (Heel calcification) หรือกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur)

2.3 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องไม่เป็นโรคหรือมีอาการใดๆ ที่เข้าขณะเข้าร่วมงานวิจัย เช่น เล็บขบ ตาปลา เป็นต้น

2.4 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการมีกระดูกหักที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.5 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีประวัติเกี่ยวกับการผ่าตัดที่รยางค์ล่างทั้ง 2 ข้าง

2.6 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่มีความบกพร่องทางระบบประสาท ทั้งระบบประสาทรับความรู้สึก และระบบประสาทสั่งการ

2.7 ผู้เข้าร่วมงานวิจัยต้องไม่เป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีคุณลักษณะโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

3.1 ต้องไม่เป็นผู้ที่มีลักษณะของโครงสร้างของรยางค์ล่าง ดังต่อไปนี้

- มีภาวะเท้าแบน (Pes Planus/flat feet) ประเภท Structural flat feet
- มีภาวะอุ้งเท้าสูง (Pes Cavus/high arch)
- มีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน (Hallux valgus)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนเข้าด้านในหรือเข่าหนี้อ (Valgus knee)
- มีภาวะเข่าบิดหมุนออกทางด้านนอกหรือเข่าโก่ง (Varus knee)

3.2 ไม่มีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก อยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยไม่ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากการมีความผิดปกติของข้อต่อ

3.3 มีความยาวขาทั้งสองข้างต่างกันไม่เกิน 1 เซนติเมตร

4. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีคุณสมบัติเกี่ยวกับประวัติโรครองเท้า ดังนี้

4.1 มีประวัติเป็นโรครองเท้าที่ฝ่าเท้าข้างใดข้างหนึ่ง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564



4.2 ไม่มีประวัติเป็นโรครองขี้ที่ฝ่าเท้าทั้ง 2 ข้าง อย่างน้อย 1 ปี ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย โดยได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์หรือนักกายภาพบำบัด

4.3 มีอาการและอาการแสดงของโรครองขี้ซึ่งโดยมีนักกายภาพบำบัดเป็นผู้ตรวจประเมินก่อนเข้าร่วมงานวิจัย ดังนี้

- ปวดบริเวณสันเท้าและฝ่าเท้าทางด้านใน ขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ก้าวแรกหลังจากตื่นนอนในตอนเช้า และ/หรือ ก้าวแรกหลังจากนั่งเป็นเวลานาน อย่างน้อย 5 ครั้งต่อเดือน โดยต้องมีระดับความรู้สึกปวด (VAS) อย่างน้อยระดับ 3 ขึ้นไป

- มีจุดกดเจ็บ (Tenderness) บริเวณสันเท้า และ/หรือ อู้งเท้าทางด้านใน

- มีผลการทดสอบ Windlass test เป็นบวก

- มีผลการทดสอบ Navicular Drop test เป็นบวก

- จุดเกาะต้นของพังผืดฝ่าเท้าหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร โดยการตรวจวินิจฉัยด้วย

Diagnostic ultrasound

4.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องมีประวัติเกี่ยวกับการรักษาโรครองขี้ ดังนี้

- ต้องไม่รับประทานยาต้านการอักเสบใดๆ อย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

- ต้องไม่เข้าร่วมในโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดใดๆ เกี่ยวกับโรครองขี้มาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือน ก่อนเข้าร่วมงานวิจัย

- ต้องไม่เคยรักษาโรครองขี้โดยวิธีการฉีดสเตียรอยด์เพื่อลดอาการปวดที่พังผืดฝ่าเท้า

5. เกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาในกลุ่มที่เป็นโรครองขี้ (PF inclusion criteria)

5.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักวิ่งระยะไกล เพศชาย อายุ 21 – 59 ปี และเป็นโรครองขี้

5.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยมีความสมัครใจยินยอมเข้าร่วมในการศึกษาวิจัยและได้ลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยก่อนจะเข้าร่วมงานวิจัย

6. เกณฑ์การคัดเลือกออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)

6.1 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มีการบาดเจ็บใดๆ ที่รยางค์ล่างข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง ขณะเข้าร่วมงานวิจัย

6.2 ผู้ที่มีความผิดปกติในเรื่องระบบการทรงตัว ขณะเข้าร่วมงานวิจัย

6.3 ผู้ที่มีอาการปวด, ชา, หรือไม่สบายขณะเก็บข้อมูลงานวิจัย

6.4 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ไม่สามารถปฏิบัติตามวิธีการเก็บข้อมูลของงานวิจัยได้ครบทุกขั้นตอน

6.5 ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ขอลอนตัวออกจากงานวิจัย

### 3.การคัดกรองผู้เข้าร่วมวิจัย

สำหรับการคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัยจะใช้เวลาประมาณ 30 นาที ที่ห้องปฏิบัติการกลางแขนงวิชา สรีรวิทยาการออกกำลังกาย ชั้น 10 อาคารจุฬาพัฒน์ 13 โดยการคัดกรองประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1. การตอบแบบสอบถามซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ข้อมูลส่วนตัว ข้อมูลคุณสมบัติการวิ่ง ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพ และข้อมูลเกี่ยวกับโรครองขี้และการรักษา



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

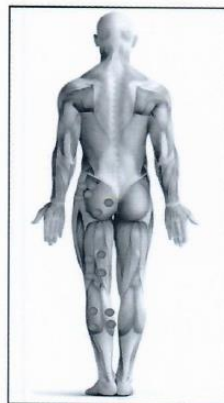
2. การตรวจประเมินอาการโรคองศา และความผิดปกติของรยางค์ล่างโดยนักกายภาพบำบัด สำหรับผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง จะได้ทราบผลการตรวจประเมินอาการของโรคองศาและความผิดปกติของโครงสร้างของรยางค์ล่าง (ในส่วนของขั้นตอนการคัดกรอง) โดยไม่มีค่าใช้จ่าย และสามารถขอคำแนะนำสำหรับการรักษาต่อไปจากผู้วิจัย (นักกายภาพบำบัด) ได้

สำหรับผู้ผ่านการคัดกรองเป็นผู้เข้าร่วมงานวิจัย ท่านต้องปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยอย่างเคร่งครัด

4. ขั้นตอนการวิจัย (ขอความร่วมมือให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยทุกขั้นตอนอย่างเคร่งครัด)

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยกรอกแบบประเมินตัวชี้วัดการทำงานของเท้า (Foot Function Index : FFI)
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปยังห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่สูง (Ultrasound diagnosis) โดยผู้เข้าร่วมวิจัยนอนคว่ำบนเตียงสำหรับตรวจประเมิน ผู้วิจัยทำการตรวจวัดความหนาของพังผืดฝ่าเท้า ขนาดของกล้ามเนื้อฝ่าเท้า ด้วยเครื่อง Diagnostic ultrasound
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการวัดระดับความรู้สึกปวดจากระดับความหนืดต่อแรงกด (Pressure Pain Threshold : PPT score) ด้วยเครื่อง Pressure algometer ซึ่งทำการวัดโดยผู้วิจัย
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปห้องปฏิบัติการสำหรับการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวและชีวกลศาสตร์ ชั้น 1 อาคาร 10 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อทางด้านหลังของสะโพกและขา, มุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก, และแรงปฏิกิริยาที่กระทำที่เท้าขณะวิ่ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- ผู้วิจัยจะติด EMG electrode ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่องให้ผู้วิจัยจำนวน 7 จุด จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย อบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 10 นาที แล้ววิ่งด้วยความเร็วมากที่สุดที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถทำได้เป็นระยะทาง 15 เมตร 1 รอบ



รูปแสดงการติด Surface EMG electrodes ที่กล้ามเนื้อทางด้านหลังสะโพก ขา และน่อง

- ผู้วิจัยติด Marker ที่ปุ่มกระดูกข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า และติดกลุ่ม Marker ที่หน้าแข้งทางด้านนอกทั้ง 2 ข้าง ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัย จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยยืนนิ่งเป็นเวลา 30 วินาทีบนแผ่น



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63  
วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564

5

ตรวจวัดแรงกด (Force plate) เพื่อวัดมุมของข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพก และชั่งน้ำหนักของผู้เข้าร่วมวิจัย



รูปแสดงการติด Retro-reflective marker ที่เท้า ข้อเท้าและเข่า

- ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกซ้อมวิ่งด้วยเท้าเปล่า (ซึ่งยังคงมี EMG electrode และ Marker ติดอยู่) บนทางวิ่งยาว 25 เมตร ซึ่งมีแผ่น Force plate อยู่กึ่งกลางของความยาวของทางวิ่ง เมื่อผู้เข้าร่วมวิจัยคุ้นชินกับการฝึกวิ่ง พัก 10 นาที จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยวิ่งจริงเพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อด้านหลังของสะโพกและขา และมุมการเคลื่อนไหวขณะวิ่งของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพก โดยวิ่งเป็นจำนวน 5 รอบ โดยพักระหว่างรอบ 1 นาที

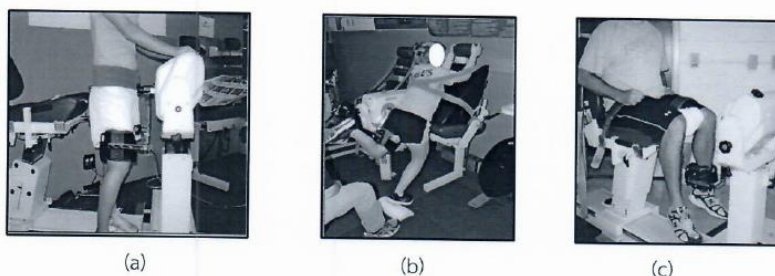
- ผู้วิจัยทำการถอด EMG electrode และ Marker ออกจากร่างกายของผู้วิจัยและทำความสะอาดผิวหนังบริเวณดังกล่าวด้วยแอลกอฮอล์

6. ผู้เข้าร่วมวิจัยย้ายไปที่ห้องปฏิบัติการวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ชั้น 1 อาคารจุฬาพัฒน์ 8 เพื่อเก็บข้อมูลการทำงานของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer โดยผู้วิจัยอธิบายวิธีการออกแรงด้านการทำงานของเครื่อง Isokinetic dynamometer เพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพก และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยฝึกออกแรงด้านเครื่อง Isokinetic dynamometer ในทิศทางต่างๆ 6 ทิศทางจนคุ้นชิน จากนั้นพักเป็นเวลา 10 นาที และเริ่มทำการออกแรงด้านเพื่อเก็บข้อมูลจริงในทิศทางละ 5 รอบ จนครบทุกทิศทาง โดยพักระหว่างรอบ 3 นาที และพักระหว่างการเปลี่ยนท่าทางในการทดสอบ 10 นาที จากนั้นให้ผู้วิจัยทำการ Cool down และพักจนหายเหนื่อย และสิ้นสุดการเก็บข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63  
วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564





รูปแสดงการเก็บข้อมูล Hip muscle peak torque ในท่า (a) Hip abduction (b) Hip extension  
(c) Hip external rotation

โดยผู้วิจัยใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทุกขั้นตอนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง (ภายในวันเดียวกัน) ซึ่งการเก็บข้อมูลอาจครอบคลุมถึงเวลาอาหารเที่ยง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้จัดเตรียมอาหารและน้ำดื่มไว้ให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยด้วย

7. ผู้วิจัยสอนท่าทางในการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อท้อง ทำการฝึกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วัน ฝึกวันเว้นวัน โดยโปรแกรมการฝึกเป็นดังนี้

1. การฝึกกับผู้วิจัยโดยตรง ประกอบด้วย การเพิ่ม และ/หรือปรับเปลี่ยนท่าทางและความหนักในการฝึก โดยจะฝึกวิธีนี้ในวันแรกของสัปดาห์ที่ 1, 3, 5, 7

2. การฝึกด้วยตนเองที่บ้าน ประกอบด้วย เอกสารคำอธิบาย ท่าทาง ความหนัก จำนวนครั้งในการฝึก และตารางบันทึกการฝึก (Record chart) โดยผู้วิจัยจะทำการติดตามการฝึก รวมถึงซักถามปัญหา และตอบข้อสงสัยของผู้เข้าร่วมวิจัยทางโทรศัพท์สัปดาห์ละ 2 ครั้ง

8. เมื่อครบ 8 สัปดาห์ของการออกกำลังกายตามโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อท้อง ผู้เข้าร่วมวิจัยกลับมาที่ห้องปฏิบัติการกลางแขนงวิชาสรีรวิทยาการออกกำลังกายอีกครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลในครั้งที่ 2 (หลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายครบ 8 สัปดาห์) โดยปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยในข้อ 1 - 6 เหมือนการเก็บข้อมูลในครั้งที่ 1

#### 5. การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลที่อาจนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในส่วนของ การเผยแพร่ผลงานวิจัย จะนำเสนอข้อมูลเป็นภาพรวมเท่านั้น ชื่อและที่อยู่ของท่านจะได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยหากจำเป็นต้องเปิดเผยผลการวิจัยรายบุคคล จะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

เมื่อเสร็จสิ้นโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลของท่านจะถูกทำลาย และหากมีการศึกษาต่อยอดที่จำเป็นต้องนำข้อมูลของท่านมาใช้ในการงานวิจัยต่อเนื่อง ทางผู้วิจัยจะขอความยินยอมจากท่านอีกครั้ง

#### 6. ความเสี่ยง อันตราย และความไม่สะดวกสบายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมวิจัย

1. ท่านอาจจะต้องใช้เวลาในการเดินทางและเวลาในการปฏิบัติตามขั้นตอนการวิจัยเป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63  
วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564

2. ท่านอาจได้รับการบาดเจ็บหรืออุบัติเหตุในขั้นตอนการเก็บข้อมูลโดยการวิ่ง และการออกแรงต้านเพื่อวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรอบข้อสะโพกได้ เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้วิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น และหากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้วิจัยได้ตลอดเวลา นอกจากนี้ หากท่านได้รับบาดเจ็บระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย ทางผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้น และนำท่านส่งโรงพยาบาล รวมถึงรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลจากอาการบาดเจ็บที่ได้รับระหว่างเข้าร่วมงานวิจัย

3. หากท่านมีอาการระคายเคือง คัน หรืออาการแพ้เจลหรือเทปสำหรับติด EMG electrode และ Marker ที่ผิวหนัง ท่านควรรีบแจ้งผู้วิจัยทันที เพื่อยุติการทาบทดลอง และถอดอุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตามร่างกายท่าน รวมถึงรีบทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่เกิดอาการแพ้ทันที

4. สำหรับการออกกำลังกายด้วยตนเอง ขอความร่วมมือให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำและวิธีการออกกำลังกายอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้หากท่านรู้สึกผิดปกติ เช่น ปวด หรือขา เป็นต้น ที่ขาทั้งสองข้างขณะทำการออกกำลังกายให้ท่านหยุดทำการฝึก และรีบติดต่อผู้วิจัยในทันที

#### 7. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการเข้าร่วมโครงการวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับผลประโยชน์ส่วนบุคคลใดๆ จากการเข้าร่วมโครงการวิจัย แต่ผลจากการวิจัยที่มีท่านเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัย จะทำให้ท่านซึ่งเป็นนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองขาได้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของกล้ามเนื้อของร่างกาย ค่ามุมการเคลื่อนไหวของร่างกายช่วงข้อมอง ขนาคของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า และผลจากการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่ท่านได้รับที่ส่งผลต่อโรครองขา ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ต่อไปในการวางแผนการรักษาฟื้นฟูโรครองขา และการซ้อมวิ่งของท่านให้ได้สอดคล้องกัน โดยไม่ทำให้อาการของโรครองขาแย่เป็นอุปสรรคในการวิ่งของท่าน

#### 8. การแสดงความขอบคุณผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการเป็นผู้ร่วมงานวิจัย สำหรับการเก็บข้อมูลก่อนและหลังได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายจำนวน 2 ครั้ง เป็นจำนวนเงิน 500 บาทต่อครั้ง และสำหรับการปรับเปลี่ยน/เพิ่มเติมท่าทางของโปรแกรมการออกกำลังกายจำนวน 3 ครั้ง เป็นจำนวนเงิน 300 บาทต่อครั้ง

#### 9. การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา โดยไม่ต้องให้เหตุผล และจะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อท่าน

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



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63  
วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัย และเข้าใจข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทุกประการแล้ว  
จึงลงนามยินยอม เข้าร่วมการวิจัยนี้ด้วยความสมัครใจ และได้รับเอกสารไว้ 1 ชุดแล้ว

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้วิจัยหลัก

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เข้าร่วมการวิจัย

วันที่...../...../.....

ลงชื่อ.....

(.....)

พยาน

วันที่...../...../.....



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63

วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

## ส่วนที่ 6 แบบคัดกรองคุณสมบัติผู้เข้าร่วมวิจัย

กลุ่ม \_\_\_\_\_  
ลำดับที่ \_\_\_\_\_

**ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว**

อายุ \_\_\_\_\_ ปี  
น้ำหนัก \_\_\_\_\_ กิโลกรัม ส่วนสูง \_\_\_\_\_ เซนติเมตร  
BMI \_\_\_\_\_ กิโลกรัม/เซนติเมตร<sup>2</sup>

**ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการวิ่งระยะไกล**

โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย  ลงใน  หรือเติมข้อความในช่องว่าง (ถ้ามี)

1. ท่านได้เข้าร่วมรายการการแข่งขันวิ่งมาแล้วเป็นเวลากี่ปี

น้อยกว่า 1 ปี  1 – 3 ปี  
 3 – 5 ปี  5 – 7 ปี  
 7 – 9 ปี  มากกว่า 9 ปี

2. ท่านเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งโดยเฉลี่ยกี่ครั้งต่อปี

1 – 4 ครั้ง  5 – 8 ครั้ง  
 9 – 12 ครั้ง  มากกว่า 12 ครั้ง

3. ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระดับ Fun run (5k) กี่ครั้ง


1 – 4 ครั้ง  5 – 8 ครั้ง  
 9 – 12 ครั้ง  มากกว่า 12 ครั้ง  
 ไม่ได้เข้าร่วม

4. ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระดับ Minimarathon (10.5k) กี่ครั้ง

1 – 4 ครั้ง  5 – 8 ครั้ง  
 9 – 12 ครั้ง  มากกว่า 12 ครั้ง  
 ไม่ได้เข้าร่วม

5. ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระดับ Half marathon (21k) กี่ครั้ง

1 – 4 ครั้ง  5 – 8 ครั้ง  
 9 – 12 ครั้ง  มากกว่า 12 ครั้ง


 เลขที่โครงการวิจัย 103.1 / 63  
 วันที่รับรอง... - 4 ส.ค. 2563  
 วันหมดอายุ... - 3 ส.ค. 2564



6. ในการเข้าร่วมรายการแข่งขันวิ่งระดับ Minimarathon ครั้งล่าสุด (หรือ 10.5k แรก สำหรับรายการแข่งขันระดับ Half marathon หรือ Full marathon) ท่านวิ่งด้วย Pace เท่าไหร่

- น้อยกว่า 3.73 นาทีต่อกิโลเมตร  3.73 – 6.53 นาทีต่อกิโลเมตร  
 6.54 – 9.34 นาทีต่อกิโลเมตร  มากกว่า 9.34 นาทีต่อกิโลเมตร

7. ใน 1 สัปดาห์ ทำฝึกซ้อมวิ่งโดยเฉลี่ยกี่กิโลเมตร

- น้อยกว่า 10 กิโลเมตร  10 – 19 กิโลเมตร  
 20 – 29 กิโลเมตร  30 – 39 กิโลเมตร  
 40 – 49 กิโลเมตร  50 – 59 กิโลเมตร  
 ตั้งแต่ 60 กิโลเมตรขึ้นไป

8. ลักษณะการวิ่ง (Running Pattern) ของท่านเป็นแบบใดในการวิ่งระยะไกล ตั้งแต่ 10.5k ขึ้นไป

- วิ่งลงน้ำหนักส่วนปลายเท้า (Forefoot strike)  
 วิ่งน้ำหนักเต็มเท้าหรือตรงกลางเท้า (Midfoot strike)  
 วิ่งลงน้ำหนักส่วนส้นเท้า (Rearfoot strike)

### ส่วนที่ 3 ข้อมูลทั่วไปทางด้านสุขภาพ

1. ท่านมีภาวะแคลเซียมเกาะที่ฝ่าเท้า (Heel calcification) หรือภาวะกระดูกงอกที่ส้นเท้า (Heel spur) หรือไม่  
 ไม่มี  มี  ไม่ทราบเนื่องจากไม่เคยตรวจ

2. ภายใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านได้รับการบาดเจ็บใดๆ ที่สะโพกและขา หรือไม่

- ไม่ได้รับการบาดเจ็บใดๆ  
 ได้รับการบาดเจ็บ ระบุการบาดเจ็บที่ได้รับ.....

3. ท่านเคยมีประวัติกระดูกหักที่สะโพกและขา หรือไม่

- ไม่มี  มี ระบุตำแหน่ง.....



เลขที่โครงการวิจัย..... 103.1/63  
 วันที่รับรอง..... 4 ส.ค. 2563  
 วันหมดอายุ..... 3 ส.ค. 2564



4. ท่านมีประวัติการผ่าตัดที่สะโพกและขาหรือไม่

ไม่มี  มี ระบุตำแหน่ง.....

5. ท่านมีความบกพร่องหรือความผิดปกติเกี่ยวกับการรับรู้ความรู้สึกหรือไม่ (การรับรู้ความรู้สึกปวด การรับรู้ความรู้สึกร้อน)

ไม่มี  มี ระบุตำแหน่ง.....

6. ท่านมีความบกพร่องหรือความผิดปกติเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อ หรือการเคลื่อนไหวร่างกายหรือไม่

ไม่มี  มี ระบุตำแหน่ง.....

7. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

ไม่มี  มี ระบุตำแหน่ง.....

#### ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของขาและเท้า

1. ท่านมีภาวะเท้าแบน (flat feet) หรือไม่

ไม่มี  มี  ไม่ทราบ

2. ท่านมีภาวะอุ้งเท้าสูง (High arch) หรือไม่

ไม่มี  มี  ไม่ทราบ

3. ท่านมีภาวะนิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าด้านใน - นิ้วหัวแม่มือโป่งเท้าบิดเข้าหานิ้วชี้เท้าข้างเดียวกัน (Hallux valgus) หรือไม่

ไม่มี  มี  ไม่ทราบ

4. ท่านมีภาวะเข่าบิดหมุนเข้าด้านใน - เข่าน็อก (Valgus knee/Knock knee) หรือไม่

ไม่มี  มี  ไม่ทราบ

5. ท่านมีภาวะเข่าบิดหมุนออกทางด้านนอก - เข่าโก่ง (Varus knee/Bow leg) หรือไม่

ไม่มี  มี  ไม่ทราบ

6. ท่านมีอาการไม่สามารถขยับข้อต่อที่ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว (หรือได้เท่ากันทั้งสองข้าง) เนื่องจากอาการปวดในข้อต่อ หรือไม่

ไม่มี  มี



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1/63

วันที่รับรอง. - 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ. - 3 ส.ค. 2564

7. ท่านมีความซาทั้ง 2 ข้างเท่ากันหรือไม่

ไม่เท่ากัน

เท่ากัน

ไม่ทราบ

#### ส่วนที่ 5 ข้อมูลเกี่ยวกับการเป็นโรครองขี้

1. ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา ท่านเป็นโรครองขี้หรือไม่

เป็น

ไม่เป็น (ถ้าไม่เป็นโรครองขี้ไม่ต้องตอบแบบสอบถามในข้อถัดจากข้อนี้)

2. ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา ท่านมีประวัติเป็นโรครองขี้ที่เท้าข้างใด

ซ้ายซ้าย

ซ้ายขวา

ทั้ง 2 ข้าง

3. ท่านมีอาการปวดบริเวณสันเท้าหรือฝ่าเท้าทางด้านใน ขณะลงน้ำหนักก้าวแรกหลังจากไม่ได้ลงน้ำหนักมาเป็นเวลานาน ได้แก่ ก้าวแรกหลังจากตื่นนอนในตอนเช้า และ/หรือ ก้าวแรกหลังจากนั่งเป็นเวลานาน หรือไม่

มี

ไม่มี

4. จากข้อ 3 ท่านมีระดับอาการปวดอยู่ในช่วงใด (0 คือไม่ปวดเลย 10 คือปวดมากที่สุดจนทนไม่ไหว)

1 - 2

3 - 4

5 - 6

7 - 8

9 - 10

5. จากข้อ 3 ท่านมีอาการปวดเฉลี่ยกี่ครั้งต่อเดือน

1 - 4

5 - 8

9 - 12

มากกว่า 12 ครั้งต่อเดือน

#### ส่วนที่ 6 ข้อมูลเกี่ยวกับการรักษาโรครองขี้

1. ภายใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านได้รับประทานยาต้านการอักเสบหรือยาลดอาการปวดหรือไม่

ไม่ได้รับประทานยา

รับประทานยา ระบุ.....

2. ภายใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านได้เข้าร่วมโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัดหรือไม่

ไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัด

ได้เข้าร่วมโปรแกรมการฟื้นฟูทางกายภาพบำบัด

3. ภายใน 1 เดือนที่ผ่านมา ท่านได้รับการฝังเข็มเพื่อลดอาการปวดจากโรครองขี้หรือไม่

ไม่ได้เข้ารับการฝังเข็ม

ได้เข้ารับการฝังเข็ม



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63

วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563

วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564

4. ท่านเคยเข้ารับการรักษาโรครองช้างด้วยการฉีดยาลดปวดหรือยาสแตียรอยด์ที่พึงฉีดฝ่าเท้าหรือไม่
- ไม่เคยเข้ารับการรักษาดังกล่าว  เคยเข้ารับการรักษาดังกล่าว

---

ขอบคุณครับ



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63  
วันที่รับรอง... 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ... 3 ส.ค. 2564

## ส่วนที่ 7 Foot function index ตัวชี้วัดการทำงานของเท้า

### Foot Function Index ตัวชี้วัดการทำงานของเท้า

แบบสอบถามนี้สร้างขึ้นเพื่อประเมินว่าความเจ็บปวดเท้าของท่านส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของท่านอย่างไร ขอให้ท่านให้คะแนนจาก 0 (ไม่ปวดเลย หรือ ไม่ลำบากเลย หรือ ไม่เคยเลย) ถึง 9 (ปวดมากที่สุด หรือ ลำบากมากจนทำไม่ได้ หรือ ตลอดเวลา) โดยทำเครื่องหมาย (□) ลงในช่อง □ ซึ่งบอกความเจ็บปวดเท้าของท่านได้ตรงที่สุดในรอบสัปดาห์ที่ผ่านมา

กรุณาตอบคำถามทุกข้อ หากท่านไม่สามารถตอบข้อใดได้ให้ทำเครื่องหมาย (□) ในช่อง □ ไม่สามารถตอบได้

ระดับความปวด: ท่านเจ็บปวดเท้ามากแค่ไหน

1. เมื่อมีอาการปวดรุนแรงมากที่สุด

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

2. ในตอนเช้า

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

3. เมื่อเดินเท้าเปล่า

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

4. เมื่อยืนเท้าเปล่า

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

5. ขณะสวมรองเท้าเดิน

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

6. ขณะยืนโดยสวมรองเท้า

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

7. เมื่อเดินโดยใช้อุปกรณ์ช่วยที่เท้า(เช่น แผ่นเสริมพื้นรองเท้า)

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

8. เมื่อยืนโดยใช้อุปกรณ์ช่วยที่เท้า(เช่น แผ่นเสริมพื้นรองเท้า)

ไม่ปวดเลย 

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

 ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้



เลขที่โครงการวิจัย. 103.1/63  
วันที่รับรอง. - 4 ส.ค. 2563  
วันหมดอายุ. - 3 ส.ค. 2564

9. ในตอนเย็น  
 ไม่ปวดเลย           ปวดมากที่สุด  ไม่สามารถตอบได้

ระดับความลำบากในการทำสิ่งต่างๆ: ท่านทำสิ่งเหล่านี้ได้อย่างลำบากมากเพียงใด

10. ขณะเดินภายในบ้าน  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

11. ขณะเดินข้างนอกบ้าน  
 ไม่ลำบาก           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

12. เมื่อเดินในระยะทาง 500 เมตร  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

13. ขณะเดินขึ้นบันได  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

14. ขณะเดินลงบันได  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

15. ขณะยืนเขย่งปลายเท้า  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

16. เมื่อลุกจากเก้าอี้  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

17. ขณะเดินขึ้นฟุตบอล  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้

18. ขณะเดินเร็วๆ  
 ไม่ลำบากเลย           ลำบากมากจนทำไม่ได้  ไม่สามารถตอบได้



เลขที่โครงการวิจัย... 103.1/63  
 วันที่รับรอง... - 4 ส.ค. 2563  
 วันหมดอายุ... - 3 ส.ค. 2564

## ระดับข้อจำกัดในการทำสิ่งต่างๆ: ท่านทำสิ่งเหล่านี้บ่อยเพียงใด

19. ต้องอยู่บ้านทั้งวัน เพราะมีปัญหาเรื่องเท้า  
 ไม่เคยเลย           ตลอดเวลา  ไม่สามารถตอบได้
20. ต้องอยู่แต่บนเตียง เพราะมีปัญหาเรื่องเท้า  
 ไม่เคยเลย           ตลอดเวลา  ไม่สามารถตอบได้
21. ไม่สามารถทำกิจกรรมใดๆได้ เพราะมีปัญหาเรื่องเท้า  
 ไม่เคยเลย           ตลอดเวลา  ไม่สามารถตอบได้
22. ต้องใช้เครื่องช่วยเดิน(ไม้เท้า วอล์คเกอร์ ไม้ค้ำยัน หรืออื่น ๆ) เมื่อเดินภายในบ้าน  
 ไม่เคยเลย           ตลอดเวลา  ไม่สามารถตอบได้
23. ต้องใช้เครื่องช่วยเดิน(ไม้เท้า วอล์คเกอร์ ไม้ค้ำยัน หรืออื่น ๆ) เมื่อเดินข้างนอกบ้าน  
 ไม่เคยเลย           ตลอดเวลา  ไม่สามารถตอบได้



เลขที่โครงการวิจัย 103.1/63  
 วันที่รับรอง - 4 ส.ค. 2563  
 วันหมดอายุ - 3 ส.ค. 2564

## ภาคผนวก ข

แบบบันทึกและคำอธิบายการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ













ท่าที่ 1 : Single Leg Heel Raise :

ท่าเตรียม : ยืนด้วยขาข้างเดียว (ขาข้างที่ต้องการฝึก) หันหน้าเข้าหาฝาผนังหรือรั้ว

วิธีการฝึก : มือแตะฝาผนังหรือรั้วเพื่อช่วยเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่าขณะฝึก เขย่งเท้าขึ้นสุด ค้างไว้ 5 วินาที (นับ 1 ถึง 5) จากนั้นค่อยๆ กลับสู่ท่าเตรียมอย่างช้าๆ นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน : - สัปดาห์ที่ 1 ทำ 10 ครั้งต่อเซต  
- สัปดาห์ที่ 2 ทำ 12 ครั้งต่อเซต

ท่า 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Single Leg Heel Raise

ท่าที่ 2 : Arch Building Gait :

ท่าเตรียม : ยืนโดยขาทั้งสองข้างไม่อยู่ในระดับเดียวกัน และลงน้ำหนักไปที่ขาที่อยู่ข้างหน้า ส่วนขาอีกข้าง เท้าอยู่ในลักษณะเปิดส้นเท้าขึ้นเพื่อถ่ายน้ำหนักไปที่ขาที่รับน้ำหนักเยอะกว่าที่อยู่ข้างหน้า (ขาอีกข้างยังคงสัมผัสพื้นไม่ยกขึ้นจากพื้น)

วิธีการฝึก : ขยूमเท้าโดยออกแรงดึงโคนนิ้วเท้าเข้ามาหาส้นเท้า (โดยมาให้นิ้วเท้างอหรือจิกพื้น) ทำให้อุ้งเท้าทางด้านใน (ฝั่งนิ้วโป้ง) สูงขึ้นหรือเกิดเป็นโค้งของอุ้งเท้าชัดเจน ออกแรงค้างไว้ 10 วินาที (นับ 1 ถึง 10) จากนั้นปล่อยเท้าข้างที่ขยूमเท้าลงสู่ท่าเริ่มต้น และก้าว

ขาอีกข้างหนึ่งไปข้างหน้า พร้อมทั้งน้ำหนักไปที่เท้าอยู่ข้างหน้า โดยให้เท้าที่อยู่ด้านหลังเปิด  
ส้นเท้าขึ้น นับเป็น 1 ครั้ง (1ก้าว)

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 1 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต)

- สัปดาห์ที่ 2 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต)

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้า  
และเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Arch Building Gait

ท่าที่ 3 : Single Leg Heel Raise with Toe Dorsiflexion :

ท่าเตรียม : ยืนหน้าเข้าหาฝาผนังหรือรั้วด้วยขาข้างเดียว (ขาข้างที่ต้องการฝึก) บน  
ผ้าหรือยางยืดที่มีวนเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเล็ก เพื่อให้ปลายเท้า (ส่วนของนิ้วเท้า) กระทบ  
ขึ้น ยืนหน้าเข้าหาฝาผนังหรือรั้ว

วิธีการฝึก : มือแตะฝาผนังหรือรั้วเพื่อช่วยเพิ่มความมั่นคงในการทรงท่าขณะฝึก  
เขย่งเท้าขึ้นสุด ค้างไว้ 5 วินาที (นับ 1 ถึง 5) จากนั้นค่อยๆ กลับสู่ท่าเตรียมอย่างช้าๆ  
นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 3 ทำ 10 ครั้งต่อเซต

- สัปดาห์ที่ 4 ทำ 12 ครั้งต่อเซต

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้า  
และเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Single Leg Heel Raise with Toe Dorsiflexion

ท่าที่ 4 : Short Foot Exercise with Hip Movement :

ท่าเตรียม : ยืนลงน้ำหนักที่ขาทั้ง 2 ข้างเท่าๆ กัน โดยเท้าทั้ง 2 ข้างสวมเข้าไปในยางยืดที่เป็นวง มือทั้งสองข้างจับที่สะโพก

วิธีการฝึก : ยกขาข้างหนึ่งขึ้น ลงน้ำหนักไปที่ขาอีกข้าง ในลักษณะยืนลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว จากนั้นขยุ้มเท้าข้างที่ลงน้ำหนัก โดยการออกแรงดึงโคนนิ้วเข้ามาหาสันเท้า (โดยมาให้นิ้วเท้างอหรือจิกพื้น) ทำให้อุ้งเท้าทางด้านใน (ฝั่งนิ้วโป้ง) สูงขึ้นหรือเกิดเป็นโค้งของอุ้งเท้าชัดเจน ขาอีกข้างที่ไม่สัมผัสพื้น ยกขึ้นไปทางข้างหน้าในลักษณะงอสะโพก 90 องศา พร้อมงอเข่า 90 องศา โดยออกแรงต้านกับยางยืดที่สวมอยู่ที่เท้า จากนั้นเหยียดสะโพกและเข่าออก กลับมาขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก (แต่ไม่ลงน้ำหนัก) แล้วกางขาไปทางด้านข้าง โดยไม่งอเข่า ซึ่งยังคงออกแรงต้านกับยางยืดที่สวมอยู่ที่เท้า และดึงขากลับมาสู่ท่าที่ขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก (แต่ไม่ลงน้ำหนัก) จากนั้นเหยียดขาไปทางด้านหลังโดยเหยียดเข่าตรง (ไม่งอเข่า) ซึ่งยังคงออกแรงต้านกับยางยืดที่สวมอยู่ที่เท้า จากนั้นดึงขากลับมาสู่ท่าที่ขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก และลงน้ำหนักที่เท้าทั้งสองข้างเท่าๆ กัน นับเป็น 1 ครั้ง แล้วสลับไปยืนลงน้ำหนักที่ขาอีกข้างหนึ่งพร้อมกับยกขาข้างตรงข้ามออกแรงต้านยางยืดในทิศทางไปข้างหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง

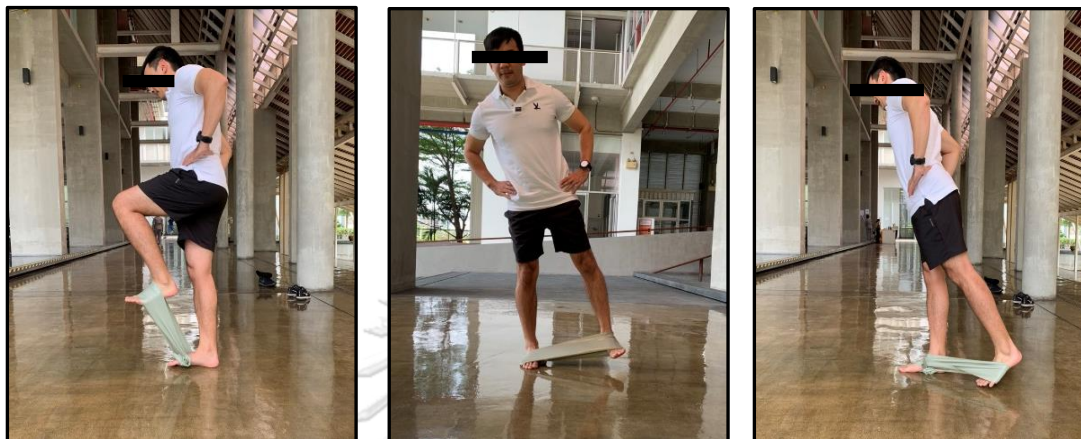
จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 3 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต)
- สัปดาห์ที่ 4 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต)



ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)

ท่าที่ 5 : Single Leg End Range Tiptoe :



รูปแสดงการฝึกในท่า Short Foot Exercise with Hip Movement

ท่าเตรียม : ยืนด้วยขาข้างเดียว (ขาข้างที่ต้องการฝึก) หันหน้าเข้าหาฝาผนังหรือรั้ว

วิธีการฝึก : โน้มตัวเข้าหาฝาผนังหรือรั้ว โดยมือแตะฝาผนังหรือรั้ว พร้อมกับเขย่งเท้าข้างหนึ่งขึ้นสูงสุด และยกเท้าอีกข้างขึ้นจากพื้นไปข้างหน้าโดยงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา พร้อมถ่ายน้ำหนักทางด้านหน้า ค้างไว้ 5 วินาที (นับ 1 ถึง 5) จากนั้นถ่ายน้ำหนักลงมาเย็นเต็มเท้าเหมือนท่าเตรียม นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 5 ทำ 10 ครั้งต่อเซต

- สัปดาห์ที่ 6 ทำ 12 ครั้งต่อเซต

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Single Leg End Range Tiptoe

ท่าที่ 6 : Squat with Short Foot Exercise on unstable floor :

ท่าเตรียม : ยืนลงน้ำหนักที่ขาทั้ง 2 ข้าง บนพื้นที่เป็นช่องว่างตรงกลางเท้า โดยให้ปลายเท้าและส้นเท้าสัมผัสพื้น และตรงกลางเท้าไม่สัมผัสพื้น (ใช้รองเท้า 2 คู่ วางรองเท้าแต่ละคู่ให้ห่างกันโดยมีช่องว่างตรง และยืนบนรองเท้าในแนวตั้งฉากกับความยาวของรองเท้า ดังรูปแสดงการฝึกในท่า Squat with Short Foot Exercise on Unstable Floor)

วิธีการฝึก : แขนทั้ง 2 ข้างยกไปข้างหน้าระดับไหล่ในลักษณะคว่ำมือลง จากนั้นขยับอุ้งเท้าให้อุ้งเท้าทางด้านในสูงขึ้น พร้อมกับย่อตัวลงโดยให้ข้อสะโพกงอ 90 องศา ข้อเข่างอ 90 องศา จากนั้นเหยียดเข่า เหยียดสะโพกขึ้นสุด นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 5 ทำ 10 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 6 ทำ 12 ครั้งต่อเซต

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Squat with Short Foot Exercise on Unstable Floor

ท่าที่ 7 : End Range Tiptoe Marching :

ท่าเตรียม : ยืนลงน้ำหนักที่ขาทั้ง 2 ข้าง หันหน้าเข้าหาฝาผนังหรือรั้ว

วิธีการฝึก : โน้มตัวเข้าหาฝาผนังหรือรั้ว โดยมือแตะฝาผนังหรือรั้ว พร้อมกับเขย่งเท้าข้างหนึ่งขึ้นสุด และยกเท้าอีกข้างขึ้นจากพื้นโดยงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา พร้อมถ่ายน้ำหนักทางด้านหน้า จากนั้นวางเท้าข้างที่ยกขึ้นจากพื้นลงสู่พื้นโดยลงน้ำหนักที่ปลายเท้า (ในลักษณะเขย่งเท้า) นับเป็น 1 ครั้ง จากนั้นทำสลับข้าง โดยยกเท้าอีกข้างหนึ่งขึ้นจากพื้นโดยงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา พร้อมถ่ายน้ำหนักทางด้านหน้า (ในลักษณะการชอยเท้า แต่เป็นการชอยเท้าที่ลงน้ำหนักที่ปลายเท้าและโน้มตัวไปทางด้านหน้าโดยการแตะฝาผนังหรือรั้ว)

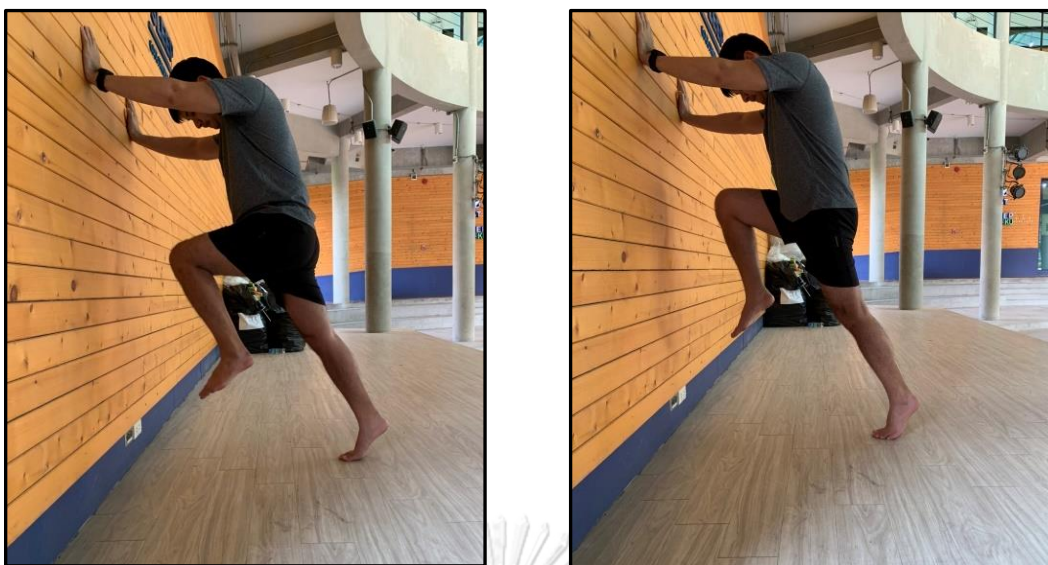
จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 7 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต)

- สัปดาห์ที่ 8 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต)

ทำ 3 เซต/รอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)





รูปแสดงการฝึกในท่า End Range Tiptoe Marching

ท่าที่ 8 : Hip Movement with Short Foot Exercise on Unstable Floor :

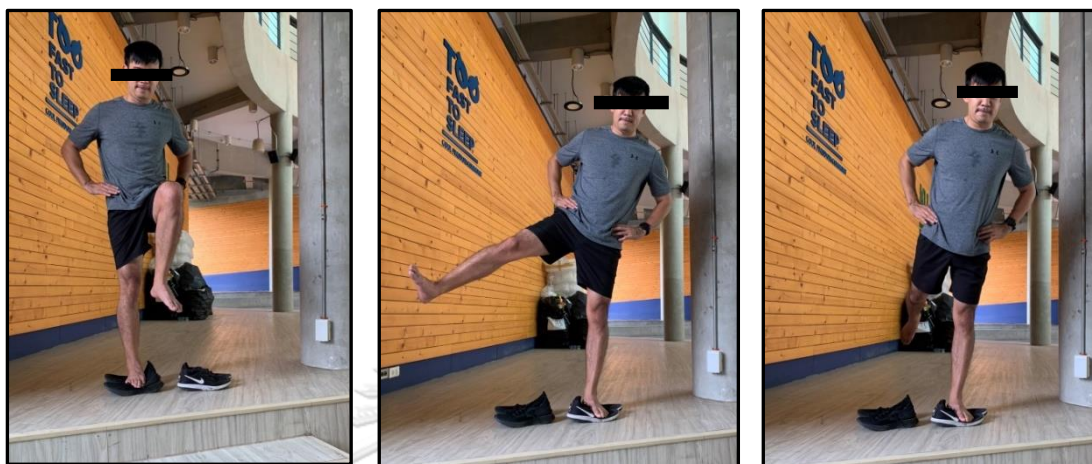
ท่าเตรียม : ยืนลงน้ำหนักที่เท้าทั้ง 2 ข้าง โดยยืนบนพื้นที่เป็นช่องว่างตรงกลางเท้า ปล่อยให้ปลายเท้าและส้นเท้าสัมผัสพื้น และตรงกลางเท้าไม่สัมผัสพื้น (ใช้รองเท้า 2 คู่ วางรองเท้าแต่ละคู่ห่างกันระดับความกว้างของไหล่ และวางรองเท้าแต่ละข้างให้ห่างกันในระดับความยาวเท้าโดยมีช่องว่างตรง และยืนบนส่วนของส้นรองเท้าโดยให้ส้นเท้าและปลายเท้าวางอยู่บนรองเท้า ดังรูปแสดงการฝึกในท่า Hip movement with Short Foot Exercise on Unstable Floor)

วิธีการฝึก : ยกขาข้างหนึ่งขึ้น ถ่ายน้ำหนักไปที่ขาอีกข้าง ในลักษณะยืนด้วยขาข้างเดียว จากนั้นขยับเท้าข้างที่ลงน้ำหนัก โดยการออกแรงดึงโคนนิ้วเข้ามาหาส้นเท้า (โดยมาให้ นิ้วเท้างอหรือจิกพื้น) ทำให้อุ้งเท้าทางด้านใน (ฝั่งนิ้วโป้ง) สูงขึ้นหรือเกิดเป็นโค้งของอุ้งเท้าชัดเจน ขาอีกข้างที่ไม่สัมผัสพื้น ยกขึ้นไปทางข้างหน้าในลักษณะงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา จากนั้นเหยียดสะโพกและเข่าออก มาขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก (แต่ไม่ลงน้ำหนัก) จากนั้นกางขาไปทางด้านข้าง และดึงขากลับมาสู่ท่าที่ขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก และเหยียดขาไปทางด้านหลังโดยเหยียดเข่าตรง (ไม่งอเข่า) จากนั้นดึงขากลับมาสู่ท่าที่ขนานกับขาข้างที่ลงน้ำหนัก แล้วลงน้ำหนักที่เท้าทั้งสองข้างเท่าๆ กัน นับเป็น 1 ครั้ง แล้วทำสลับข้าง โดยยืนลงน้ำหนักที่ขาอีกข้างหนึ่งพร้อมกับยกขาข้างตรงข้ามไปในทิศทางไปข้างหน้า ด้านข้าง และด้านหลัง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 7 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต)

- สัปดาห์ที่ 8 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต)
- ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Hip Movement with Short Foot Exercise on Unstable Floor

สรุปหลักการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ เป็นรายสัปดาห์ ดังนี้

- สัปดาห์ที่ 1 - ฝึกท่าที่ 1 ทำ 10 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 2 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 2 - ฝึกท่าที่ 1 ทำ 12 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 2 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 3 - ฝึกท่าที่ 3 ทำ 10 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 4 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 4 - ฝึกท่าที่ 3 ทำ 12 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 4 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 5 - ฝึกท่าที่ 5 ทำ 10 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 6 ทำ 10 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 6 - ฝึกท่าที่ 5 ทำ 12 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 6 ทำ 12 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 7 - ฝึกท่าที่ 7 ทำ 20 ครั้ง/เซต และท่าที่ 8 ทำ 20 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 10 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 8 - ฝึกท่าที่ 7 ทำ 24 ครั้งต่อเซต และท่าที่ 8 ทำ 24 ครั้งต่อเซต (ข้างละ 12 ครั้งต่อเซต) ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

**ภาคผนวก ค**

การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย

(โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ)

โดยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index ; IOC)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย โดยวิธีการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

### (Item-objective congruence index: IOC)

#### 1. คำชี้แจงสำหรับแบบประเมินโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ

แบบประเมินชุดนี้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาถึงความเหมาะสมด้านองค์ประกอบของเครื่องมือวิจัย ในส่วนของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. วัตถุประสงค์หลัก เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อรูปแบบทางคิเนมาติกส์และการทำงานของกล้ามเนื้อของรยางค์ล่างในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ

2. วัตถุประสงค์รอง เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะและการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่องต่อขนาดของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองซ้ำ

#### 2. เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ

+1 หมายถึง เห็นด้วยว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา





#### 3. การประเมินโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ





- ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง +1 เมื่อท่านเห็นว่าเนื้อหาข้อนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษาหรือตรงตามเนื้อหา

- ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง 0 เมื่อท่านเห็นว่าเนื้อหาข้อนั้นไม่อาจตัดสินได้ว่าสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษาหรือตรงตามเนื้อหา

- ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง -1 เมื่อท่านเห็นว่าเนื้อหาข้อนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การศึกษาหรือตรงตามเนื้อหา

ในกรณีที่ท่านมีความเห็นหรือมีข้อเสนอแนะในการแก้ไข ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง หรือพัฒนาเนื้อหาแต่ละข้อ โปรดให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมในช่องข้อเสนอแนะ หรือให้ข้อเสนอแนะโดยตรงต่อผู้วิจัย จักเป็นพระคุณยิ่ง

เนื้อหา	คะแนนที่ให้			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
<p>1. ความเหมาะสมของท่าออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ</p> <p>1.1 ท่า Single Leg Heel Raise (ท่าเขย่งเท้าขวาเดียว)</p> 				
<p>1.2 ท่า Arch building Gait (ท่าเดินรุ่มอู้งเท้า)</p> 				
<p>1.3 ท่า Single Leg Heel Raise with Toe Dorsiflexion (ท่าเขย่งเท้าขวาเดียวขณะกระดกนิ้วเท้าขึ้น)</p> 				
<p>1.4 ท่า Short Foot Exercise with Hip Movement (ทำยืนเหยียบยางยืดรุ่มอู้งเท้าและยกขาอีกข้างด้านยางยืดในทิศทางต่างๆ)</p> 				

เนื้อหา	คะแนนที่ได้			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
1.5 ทำ Single Leg End Range Tiptoe (ท่าเขย่งเท้าขาเดียวโน้มตัวไปข้างหน้า) 				
1.6 ทำ Squat with Short Foot Exercise on Unstable Floor (ท่าสควอตบนพื้นที่ไม่เสถียรส้นเท้า) 				
1.7 ทำ End Range Tiptoe Marching (ท่าเขย่งเท้า) 				
1.8 ทำ Hip Movement with Short Foot Exercise on Unstable Floor (ท่าจุ่มอุ้งเท้าบนพื้นที่ไม่เสถียรส้นเท้าพร้อมยกขาอีกข้างในทิศทางต่างๆ) 				



เนื้อหา	คะแนนที่ให้			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
2. ความเหมาะสมของจำนวนท่าของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (จำนวน 8 ท่า)				
3. ความเหมาะสมของรูปแบบของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะโดยมีการเปลี่ยนท่าที่มีพัฒนาการความยากเพิ่มขึ้นทุก 2 สัปดาห์ : - สัปดาห์ที่ 1 - 2 ใช้ท่าที่ 1.1 และ 1.2 - สัปดาห์ที่ 3 - 4 ใช้ท่าที่ 1.3 และ 1.4 - สัปดาห์ที่ 5 - 6 ใช้ท่าที่ 1.5 และ 1.6 - สัปดาห์ที่ 7 - 8 ใช้ท่าที่ 1.7 และ 1.8				
4. ความเหมาะสมของจำนวนครั้งต่อเซต : - สัปดาห์ที่ 1,3,5,7 ทำ 10 ครั้งต่อเซต - สัปดาห์ที่ 2,4,6,8 ทำ 12 ครั้งต่อเซต				
5. ความเหมาะสมของจำนวนเซตต่อรอบ : 3 เซตต่อรอบ				
6. ความเหมาะสมของระยะเวลาพักระหว่างเซต : 1 นาที				
7. ความเหมาะสมของจำนวนรอบต่อวัน : 2 รอบต่อวัน (เช้าและเย็น)				
8. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกด้วยโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์				
9. ความเหมาะสมของท่าออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะในด้านความสอดคล้องกับการฝึกกล้ามเนื้อในท่าและกล้ามเนื้อทางด้านหลังของร่างกาย				
10. ความเหมาะสมของท่าออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะในด้านความสอดคล้องกับการฝึกกล้ามเนื้อทางด้านหลังของร่างกายที่มีความสำคัญในการวิ่ง				

เนื้อหา	คะแนนที่ให้			ข้อเสนอแนะ
	+1	0	-1	
11. ความเหมาะสมของท่าออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะในด้านความสอดคล้องกับการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในคนที่เป็นโรครองเท้า				
12. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ฝึกนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

( )

...../...../.....



## คะแนน IOC จากผู้ทรงคุณวุฒิ

เนื้อหา	คะแนน					รวม
	ผู้ทรง 1	ผู้ทรง 2	ผู้ทรง 3	ผู้ทรง 4	ผู้ทรง 5	
1. ความเหมาะสมของท่าออกกำลังกายแบบ ฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ						
1.1 ท่า Single Leg Heel Raise (ท่าเขย่งเท้าขวาเดียว)	1	1	1	1	1	1
1.2 ท่า Arch building Gait (ท่าเดินรุ่มอู้งเท้า)	1	1	1	1	1	1
1.3 ท่า Single Leg Heel Raise with Toe Dorsiflexion (ท่าเขย่งเท้าขวาเดียวขณะกระดก นิ้วเท้าขึ้น)	1	1	1	1	1	1
1.4 ท่า Short Foot Exercise with Hip Movement (ทำยืนเหยียบยางยืดรุ่มอู้งเท้าและยกขาอีกข้างด้าน ยางยืดในทิศทางต่างๆ)	0	1	1	1	1	0.8
1.5 ท่า Single Leg End Range Tiptoe (ท่าเขย่งเท้า ขวาเดียวโน้มตัวไปข้างหน้า)	1	1	1	1	1	1
1.6 ท่า Squat with Short Foot Exercise on Unstable Floor (ท่าสควอตบนพื้นที่ไม่สัมผัสอู้งเท้า)	1	1	1	1	1	1
1.7 ท่า End Range Tiptoe Marching (ท่าเขย่งย่ำเท้า)	1	1	1	1	1	1
1.8 ท่า Hip Movement with Short Foot Exercise on Unstable Floor (ท่ารุ่มอู้งเท้าบนพื้นที่ไม่สัมผัสอู้งเท้าพร้อมยกขาอีกข้างในทิศทางต่างๆ)	0	1	1	1	1	0.8
2. ความเหมาะสมของจำนวนท่าของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังก์ชันที่มีความจำเพาะ (จำนวน 8 ท่า)	1	1	1	1	1	1

เนื้อหา	คะแนน					รวม
	ผู้ทรง 1	ผู้ทรง 2	ผู้ทรง 3	ผู้ทรง 4	ผู้ทรง 5	
3. ความเหมาะสมของรูปแบบของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังกซ์ที่มีความจำเพาะโดยมีการเปลี่ยนท่าที่มีพัฒนาการความยากเพิ่มขึ้นทุก 2 สัปดาห์ : - สัปดาห์ที่ 1 – 2 ใช้ท่าที่ 1.1 และ 1.2 - สัปดาห์ที่ 3 – 4 ใช้ท่าที่ 1.3 และ 1.4 - สัปดาห์ที่ 5 – 6 ใช้ท่าที่ 1.5 และ 1.6 - สัปดาห์ที่ 7 – 8 ใช้ท่าที่ 1.7 และ 1.8	1	1	1	1	1	1
4. ความเหมาะสมของจำนวนครั้งต่อเซต : - สัปดาห์ที่ 1,3,5,7 ทำ 10 ครั้งต่อเซต - สัปดาห์ที่ 2,4,6,8 ทำ 12 ครั้งต่อเซต	1	1	1	1	1	1
5. ความเหมาะสมของจำนวนเซตต่อรอบ : 3 เซตต่อรอบ	0	1	1	1	1	0.8
6. ความเหมาะสมของระยะเวลาพักระหว่างเซต : 1 นาที	1	1	1	1	1	1
7. ความเหมาะสมของจำนวนรอบต่อวัน : 2 รอบต่อวัน (เช้าและเย็น)	1	1	1	-1	1	0.6
8. ความเหมาะสมของระยะเวลาในการฝึกด้วยโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังกซ์ที่มีความจำเพาะเป็นเวลา 8 สัปดาห์	1	1	1	1	1	1
9. ความเหมาะสมของท่าออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังกซ์ที่มีความจำเพาะในด้านความสอดคล้องกับการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและกล้ามเนื้อทางด้านหลังของรยางค์ล่าง	1	1	1	1	1	1

เนื้อหา	คะแนน				
	ผู้ทรง 1	ผู้ทรง 2	ผู้ทรง 3	ผู้ทรง 4	ผู้ทรง 5
10. ความเหมาะสมของทำออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังกซ์ที่มีความจำเพาะในด้านความสอดคล้องกับการฝึกกล้ามเนื้อทางด้านหลังของร่างกายที่มีความสำคัญในการวิ่ง	1	1	1	1	1
11. ความเหมาะสมของทำออกกำลังกายของโปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังกซ์ที่มีความจำเพาะในด้านความสอดคล้องกับการฝึกกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าในคนที่ เป็นโรครองเท้า	1	1	1	1	1
12. โปรแกรมการออกกำลังกายแบบฟังกซ์ที่มีความจำเพาะมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ฝึกนักวิ่งระยะไกลที่เป็นโรครองเท้า	1	1	1	1	1
คะแนน IOC จากผู้ทรงคุณวุฒิรายบุคคล	16/19 = 0.84	19/19 = 1	19/19 = 1	18/19 = 0.95	19/19 = 1
คะแนน IOC	0.96				



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

หมายเหตุ ผู้ทรง 1 – อ.ดร.ภก.ภาวิณี หฤทัยชื่น

ผู้ทรง 2 – รศ.นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์

ผู้ทรง 3 – พญ. ทิมภพร วิฑูรพงศ์

ผู้ทรง 4 – ผศ.น.สพ.ดร. วีระศักดิ์ ฟุ้งเฟื่อง

ผู้ทรง 5 – ภก.ปรารธนา เนมีย์

## ภาคผนวก ง

แบบบันทึกและคำอธิบายการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝาเท้าร่วมกับกล้ามเนื้ออง







## คำอธิบายท่าออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง

### ท่าที่ 1 : Towel Curl exercise :

ท่าเตรียม : นั่งบนเก้าอี้โดยขาทั้งสองข้างวางบนผ้าขนหนูซึ่งวางอยู่บนพื้น (นั่งในลักษณะงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา) มือทั้งสองข้างวางบนต้นขาด้านหน้า

วิธีการฝึก : ชยุ่มเท้าโดยพยายามใช้นิ้วเท้าหนีบหรือคีบ จับผ้าขนหนูขึ้นมาให้อุ้งเท้าทางด้านในสูงขึ้น โดยส้นเท้ายังคงวางติดพื้น (ไม่ยกเท้าขึ้นจากพื้น) ค้างไว้ 10 วินาที (นับ 1 ถึง 10) แล้วปล่อยผ้าขนหนูออกจากเท้า กลับสู่ท่าเตรียม นับเป็น 1 ครั้ง

### จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 1 ทำ 8 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 2 ทำ 10 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 3 ทำ 12 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 4 ทำ 15 ครั้งต่อเซต

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Towel Curl exercise

### ท่าที่ 2 : Seat Heel Raise :

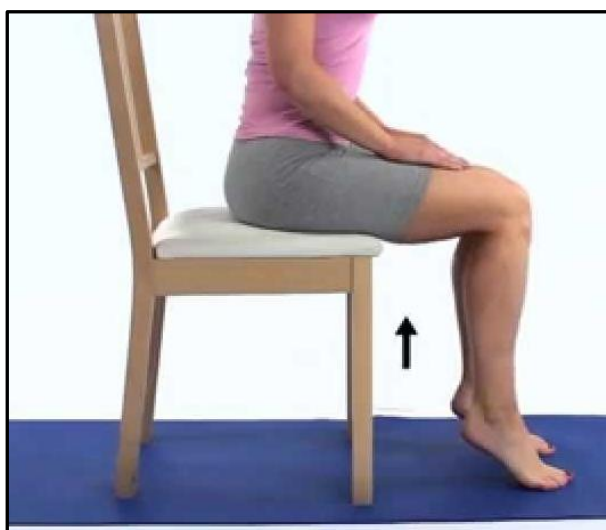
ท่าเตรียม : นั่งบนเก้าอี้โดยขาทั้งสองข้างวางบนพื้น (นั่งในลักษณะงอสะโพก 90 องศา งอเข่า 90 องศา) มือทั้งสองข้างวางบนต้นขาด้านหน้า

วิธีการฝึก : เขย่งเท้าทั้ง 2 ข้างขึ้นสุด ค้างไว้ 10 วินาที (นับ 1 ถึง 10) แล้วปล่อยกลับสู่ท่าเตรียม นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 1 ทำ 8 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 2 ทำ 10 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 3 ทำ 12 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 4 ทำ 15 ครั้งต่อเซต

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Seated Heel Raise

ท่าที่ 3 : Short Foot exercise :

ท่าเตรียม : ยืนโดยลงน้ำหนักที่เท้าทั้งสองข้าง มือทั้ง 2 ข้างวางที่สะโพก

วิธีการฝึก : ขย่มเท้าทั้ง 2 ข้างโดยออกแรงดึงโคนนิ้วเข้ามาหาส้นเท้า (โดยมาให้ นิ้วเท้างอหรือจิกพื้น) ทำให้อุ้งเท้าทางด้านใน (ฝั่งนิ้วโป้ง) สูงขึ้นหรือเห็นอุ้งเท้าทางด้านในชัดขึ้น ทำค้างไว้ 10 วินาที (นับ 1 ถึง 10) จากนั้นปล่อยเท้าที่ขย่มลงสู่ท่าเริ่มต้น นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 5 ทำ 8 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 6 ทำ 10 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 7 ทำ 12 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 8 ทำ 15 ครั้งต่อเซต



ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Short Foot exercise

ท่าที่ 4 : Double Leg Heel Raise :

ท่าเตรียม : ยืนโดยลงน้ำหนักที่เท้าทั้งสองข้าง มือทั้ง 2 ข้างวางที่สะโพก

วิธีการฝึก : เขย่งเท้าทั้ง 2 ข้างขึ้นสุด ค้างไว้ 10 วินาที (นับ 1 ถึง 10) แล้วปล่อยกลับ

สูท่าเตรียม นับเป็น 1 ครั้ง

จำนวนครั้ง/จำนวนเซต/จำนวนวัน :

- สัปดาห์ที่ 5 ทำ 8 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 6 ทำ 10 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 7 ทำ 12 ครั้งต่อเซต
- สัปดาห์ที่ 8 ทำ 15 ครั้งต่อเซต

ทำ 3 เซตต่อรอบ โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที และทำวันละ 2 รอบ (เช้าและเย็น)



รูปแสดงการฝึกในท่า Double Leg Heel Raise

สรุปหลักการออกกำลังกายกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าร่วมกับกล้ามเนื้อน่อง เป็นรายสัปดาห์ ดังนี้

- สัปดาห์ที่ 1 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 8 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 2 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 10 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 3 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 12 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 4 - ฝึกท่าที่ 1 และท่าที่ 2 ทำ 15 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 5 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 8 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 6 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 10 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 7 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 12 ครั้งต่อเซต ทำ 3 เซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ
- สัปดาห์ที่ 8 - ฝึกท่าที่ 3 และท่าที่ 4 ทำ 15 ครั้งต่อเซต โดยพักระหว่างเซตเป็นเวลา 1 นาที ทำวันละ 2 รอบ

## ภาคผนวก จ

การทดสอบด้วยวิธี Windlass (Windlass test)



### การทดสอบด้วยวิธี Windlass (Windlass test)

ทำการทดสอบโดยนักกายภาพบำบัด (ผู้วิจัย)

**ท่าทางของผู้เข้าร่วมวิจัย :** ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนบนเตียงโดยให้บริเวณ Ball of foot ของเท้าข้างที่จะทำการทดสอบวางตรงขอบเตียง ซึ่งนิ้วเท้าจะต้องเลยขอบเตียงออกมา โดยไม่สัมผัสขอบเตียง เท้าอีกข้างวางหลังต่อเท้าข้างที่ทำการทดสอบ

**วิธีการทดสอบ :** ผู้ทดสอบ (นักกายภาพบำบัด/ผู้วิจัย) ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถ่ายน้ำหนักมายังเท้าที่ทำการทดสอบ โดยเปิดส้นเท้าข้างที่อยู่ข้างหลัง (ข้างที่ไม่ได้ทำการทดสอบ) จากนั้นผู้วิจัยทำ Passive extension/ Passive dorsiflexion ของ Metatarsophalangeal joint ของนิ้วที่ 1 (1<sup>st</sup> MTP joint) ไปจนถึง End range

**การแปลผล :** ให้ผลบวก (Positive) เมื่อทำ Passive extension ของ 1<sup>st</sup> MTP แล้วผู้เข้าร่วมวิจัยรับรู้ถึงอาการที่ส้นเท้าหรืออุ้งเท้าทางด้านใน



รูปแสดงการทำ Windlass test

## ภาคผนวก ฉ

การทดสอบการลดต่ำลงของกระดูก Navicular : Navicular Drop Test (NDT)



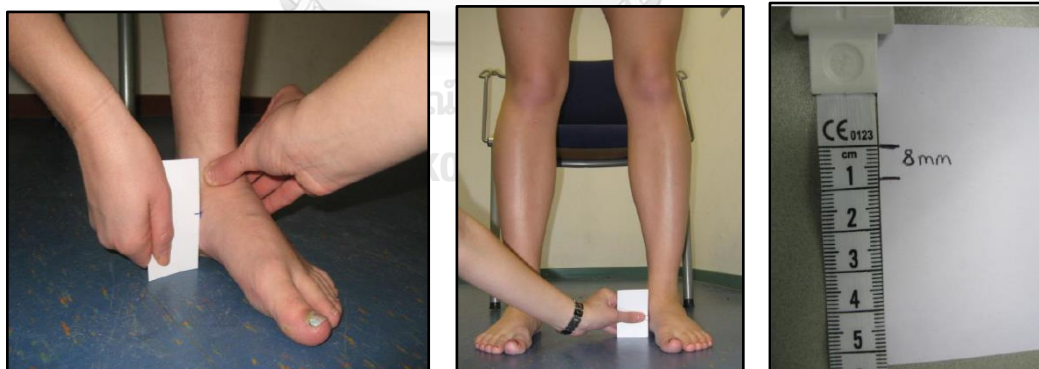
### การทดสอบการลดต่ำลงของกระดูก Navicular : Navicular Drop Test (NDT)

ทำการทดสอบโดยนักกายภาพบำบัด (ผู้วิจัย)

ท่าทางของผู้เข้าร่วมวิจัย : ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งบนเก้าอี้โดยข้อเท้า 90 องศา ให้เท้าทั้ง 2 ข้างวางบนพื้นพอดี

- วิธีการทดสอบ :
1. ผู้ทดสอบ (นักกายภาพบำบัด/ผู้วิจัย) ใช้แผ่นกระดาษแข็งสีเหลืองผืนผ้าขนาด เล็กวางทาบบนทางด้านในของเท้าข้างที่ต้องการทดสอบ โดยให้สันของกระดูก แข็งทางด้านยาวผ่านกระดูก Navicular และสันกระดูกแข็งทางด้านกว้างวาง แนบกับพื้นพอดี จากนั้นใช้ปากกาทำสัญลักษณ์บนกระดูกแข็งตรงตำแหน่งที่ ตรงกับกระดูก Navicular
  2. จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนขึ้น และใช้แผ่นกระดาษแข็งสีเหลืองผืนผ้าอันเดิมวาง ทาบไปทางด้านใน ของเท้าข้างที่ต้องการทดสอบ ด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่วัด ในขณะนั่งในข้อ 1 และใช้ปากกาทำสัญลักษณ์บนกระดูกแข็งตรงตำแหน่งที่ตรง กับกระดูก Navicular
  3. นำกระดาษแข็งที่เหลืองผืนผ้าที่มีรอยปากกาทำสัญลักษณ์ไว้ 2 จุดในแนว เดียวกัน ไปวัดระยะห่างระหว่าง 2 จุดดังกล่าวด้วยไม้บรรทัด

การแปลผล : ให้ผลบวก (Positive) เมื่อมีค่าระยะห่างระหว่าง 2 จุดมากกว่า 10 มิลลิเมตร



รูปแสดงการทำ Navicular Drop Test

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายวรพงษ์ คงทอง
วัน เดือน ปี เกิด	1 กันยายน 2525
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองตรัง จังหวัดตรัง
วุฒิการศึกษา	- วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย - วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	200/1 ซอยพหลโยธิน 40 ถนนพหลโยธิน แขวงเสนานิคม เขตจตุจักร กทม. 10900
ผลงานตีพิมพ์	Full proceeding เรื่อง “Gluteus medius activation strategy and foot clearance during side-cutting task in athletes with and without chronic ankle instability ” ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ ประจำปี 2560 (ครั้งที่ 1) “The 1st National Conference in Health Science Research and Innovation : Knowledge Transformation towards Thailand 4.0”
รางวัลที่ได้รับ	- ผลงานวิจัยที่ผ่านมาได้รับรางวัลการนำเสนอผลงานวิจัยด้วยรูปแบบ โปสเตอร์ระดับดีเยี่ยม เรื่อง “Gluteus medius activation strategy and foot clearance during side-cutting task in athletes with and without chronic ankle instability ” ในการประชุมวิชาการ ระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์สุขภาพ ประจำปี 2560 (ครั้งที่ 1) “The 1st National Conference in Health Science Research and Innovation : Knowledge Transformation towards Thailand 4.0” -เกียรติบัตร "ผู้ทำชื่อเสียงและเป็นความภาคภูมิใจของแพทย์จุฬา" จากคณะ แพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปี 2561