

ผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง ขณะทำ  
การกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเท้าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า  
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2561  
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effects of hip-focused exercises on time to stabilization of knee joint during jump-  
landing task after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science in Sports Medicine

Common Course

Faculty of Medicine

Chulalongkorn University

Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์               | ผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพกต่อ<br>ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง ขณะทำการ<br>กระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเท้าของผู้ป่วยที่ได้รับการ<br>ผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า |
| โดย                             | น.ส.อรรวรรณ ใจหาญ  |
| สาขาวิชา                        | เวชศาสตร์การกีฬา   |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์   |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ธนะเทพ ตันเผ่าพงษ์  |

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการ  
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณะบดีคณะแพทยศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์สุทธิพงศ์ วัชรสินธุ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ธนะเทพ ตันเผ่าพงษ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.ทศพล เจศรีชัย)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(ดร.ปัญญาณัฐ นวลอ่อน)

อรรวรรณ ใจหาญ : ผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเท้าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า. ( Effects of hip-focused exercises on time to stabilization of knee joint during jump-landing task after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction ) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ. นพ.ธนะเทพ ตันเผ่าพงษ์

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว และประเมินการทำงานของข้อเข่าก่อนและหลังจากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก โดยทำการศึกษาในอาสาสมัครที่มีประวัติการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าและสามารถกลับไปเล่นกีฬาได้ แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มออกกำลังกาย (n=18) และกลุ่มควบคุม (n=18) กำหนดระยะเวลาของการออกกำลังกายเท่ากับ 6 สัปดาห์ ประกอบด้วยการออกกำลังกายทั้งหมด 5 ท่าทาง การทดสอบระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของข้อเข่า คำนวณโดยใช้ค่าแรงกระทำจากพื้น (GRFs) ในขณะที่การทำงานของข้อเข่าจะใช้แบบประเมิน IKDC และประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อขาด้วยเครื่องทดสอบไอโซไคเนติก กำหนดความเร็วเชิงมุมเท่ากับ 60 องศาต่อวินาที ผลการศึกษาพบว่า อาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย ใช้ระยะเวลาในการเกิดความมั่นคงหลังจากกระโดดลงน้ำหนักขาเดียวน้อยกว่า (กลุ่มควบคุม  $1.67 \pm 0.5$ : กลุ่มออกกำลังกาย  $1.22 \pm 0.49$  วินาที,  $P=0.01$ ) และมีค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าที่เพิ่มขึ้น (กลุ่มควบคุม  $77 \pm 14.14$ : กลุ่มออกกำลังกาย  $88 \pm 8.69$  คะแนน,  $P < 0.01$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกและกล้ามเนื้อขา มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังจากการออกกำลังกาย จากการวิจัยจึงสรุปได้ว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการวางแผนและออกแบบการฟื้นฟูการทำงานของข้อเข่า ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีประวัติการผ่าตัดเปลี่ยนซ่อมเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกลับไปออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา

ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 5874089230 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORD: ACLR/Hip-focused exercises/Time to stabilization

Orawan Jaiharu : Effects of hip-focused exercises on time to stabilization of knee joint during jump-landing task after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction . Advisor: Assoc. Prof. PONGSAK YUKTANANDANA, M.D. Co-advisor: Asst. Prof. Thanathep Tanpowpong, M.D.

The purpose of this study was to examine the effects of hip-focused exercises on Time to Stabilization (TTS) and determine knee functional score using The International Knee Documentation Committee (IKDC). Thirty-eight recreational active male with history of anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) volunteered in the study. Participants were allocated into two group; Control (n=18) and Intervention (n=18). The hip-focused exercises; consisted of five exercises – Clam shell exercise, Side-lying hip abduction, Single-leg squat, Front plank with hip extension and Side-plank with hip abduction- were performed for six weeks. The TTS was calculated from vertical ground reaction forces (vGRF) before and after exercise. Moreover, Isokinetic machine was used to evaluate muscle strength at the velocity of 60 degree/second. After the six weeks of hip-focused exercises, The TTS was significantly decrease in the intervention group (control  $1.67 \pm 0.5$ : intervention  $1.22 \pm 0.49$  sec,  $P=0.01$ ) while the IKDC score was significantly increase (control  $77 \pm 14.14$ : intervention  $88 \pm 8.69$  score,  $P<0.01$ ) compared with the control. In addition, the hip-focused exercises also improve muscle peak torques. Therefore, the rehabilitation for the ACLR patient should emphasize these muscle activities in order to improve functional and safely return to play.

Field of Study: Sports Medicine

Student's Signature .....

Academic Year: 2018

Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์นายแพทย์ พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่สละเวลาให้คำแนะนำ ข้อคิด ตลอดจนการ ดูแลช่วยเหลือ และแก้ไขปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น ระหว่างการทำงานวิจัย เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนิน กระบวนการต่างๆ ได้อย่างราบรื่น และด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์(พิเศษ) นายแพทย์ธนะ เทพ ต้นเผ่าพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่คอยสละเวลาให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม ตรวจสอบ วิทยานิพนธ์ ตลอดจนดูแลเอาใจใส่ผู้วิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์นายแพทย์สมพล สงวนรังศิริกุล ประธานคณะกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ ดร.ทศพล เจศรีชัย และดร.บุญญาภรณ์ นวลอ่อน กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก มหาวิทยาลัยที่สละเวลามาเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะ และแง่คิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างสูงแก่ผู้วิจัยและงานวิจัย ตลอดระยะเวลาตั้งแต่สอบเพื่อขออนุมัติ โครงร่างงานวิจัย ตลอดจนสอบเพื่อขออนุมัติสำเร็จการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการ อุดหนุนทุนวิจัย เพื่อให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยตามกระบวนการได้อย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณ อาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาให้ความร่วมมือทั้งร่างกายและแรงใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา ขอขอบคุณรุ่นพี่ รุ่นน้อง เพื่อน พี่เจ้าหน้าที่ ในหลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา รวมทั้งพี่เจ้าหน้าที่ทุกคน ในคณะ แพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่คอยช่วยเหลือประสานงาน เพื่อให้กระบวนการต่างๆ สำเร็จ ลุล่วงไปด้วยดีตั้งแต่แรกจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณครอบครัว ที่เป็นแรงขับเคลื่อนหลัก คอยให้กำลังใจและให้การ สนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณตัวเองที่มีความมุ่งมั่น มุมานะ อดทน และพยายามอย่างเต็มที่ เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพื่อเผยแพร่องค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์แก่ส่วนรวมต่อไป

อรวรรณ ใจหาญ

## สารบัญ

|  | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....   | ค    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....  | ง    |
| กิตติกรรมประกาศ.....   | จ    |
| สารบัญ.....  | ฉ    |
| สารบัญตาราง.....   | ฅ    |
| สารบัญภาพ .....  | ญ    |
| บทที่ 1 .....  | 1    |
| บทนำ .....   | 1    |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Background and Rationale).....                              | 1    |
| 1.2 คำถามการวิจัย (Research Question).....   | 4    |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives) .....   | 4    |
| 1.4 สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis).....   | 4    |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....   | 4    |
| 1.6 คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition) .....                                   | 5    |
| 1.7 คำสำคัญ (Key words) .....  | 6    |
| 1.8 ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย (Limitations).....  | 6    |
| 1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected or Anticipated Benefit Gain).....                  | 7    |
| 1.10 อุปสรรคและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น (Barriers and solving strategies) ..... | 7    |
| 1.11 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย .....   | 8    |
| บทที่ 2 .....  | 9    |

|   |    |
|---|----|
| การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....  | 9  |
| 2.1 เอ็นไขว้หน้าข้อเข่าและการสร้างความมั่นคงให้กับข้อเข่า .....   | 9  |
| 2.2 การผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament Reconstruction;<br>ACLR).....   | 10 |
| 2.3 การศึกษาเกี่ยวกับความมั่นคงของข้อเข่าภายหลังการผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า.....  | 16 |
| 2.4 กล้ามเนื้อสะโพกและการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของข้อเข่า .....  | 20 |
| 2.5 การออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก .....  | 21 |
| บทที่ 3 .....   | 27 |
| ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย.....  | 27 |
| 3.1 การคัดเลือกประชากรที่ใช้ในการศึกษา.....   | 27 |
| 3.2 การคำนวณขนาดตัวอย่าง.....   | 28 |
| 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย .....   | 30 |
| 3.4 กรอบระยะเวลาของการทำวิจัย .....   | 31 |
| 3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย .....   | 33 |
| 3.6 รายละเอียดโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพก (Hip-focused exercises)..  | 38 |
| 3.7 รายละเอียดสำหรับการเตรียมตัวของอาสาสมัครในการเข้าร่วมงานวิจัย .....   | 41 |
| 3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) และการนำเสนอข้อมูล .....   | 42 |
| 3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Analysis) .....   | 42 |
| บทที่ 4 .....   | 43 |
| ผลการศึกษา.....   | 43 |
| 4.1 ลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร.....   | 43 |
| 4.2 ผลของการออกกำลังกายต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา .....  | 45 |
| 4.3 ผลของการออกกำลังกายต่อการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน<br>The International Knee Documentation Committee (IKDC) ..... | 46 |



|   |    |
|---|----|
| 4.4 ผลของการออกกำลังกายต่อการทดสอบวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ.....  | 48 |
| บทที่ 5 .....   | 50 |
| สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....  | 50 |
| อภิปรายผลการศึกษา.....  | 50 |
| 5.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายต่อระยะเวลาที่ใช้ใน<br>การเกิดความมั่นคงของเขา .....            | 50 |
| 5.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายต่อค่าแรงกดตัวสูงสุด<br>ของกล้ามเนื้อ (Muscle peak torque)..... | 53 |
| สรุปผลการศึกษา.....   | 55 |
| ข้อเสนอแนะ .....  | 56 |
| .....   | 57 |
| ภาคผนวก.....  | 63 |
| ภาคผนวก ก .....   | 64 |
| ภาคผนวก ข .....   | 68 |
| ภาคผนวก ค .....   | 69 |
| ภาคผนวก ง.....  | 72 |
| ภาคผนวก จ .....   | 82 |
| ประวัติผู้เขียน.....  | 83 |



## สารบัญตาราง

หน้า

|   |    |
|---|----|
| ตารางที่ 3.1 แสดงกำหนดการของโปรแกรมการออกกำลังกาย.....  | 39 |
| ตารางที่ 4.1 แสดงประเภทของกีฬาของอาสาสมัครแต่ละกลุ่ม.....   | 44 |
| ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ S.D.)<br>ของคุณลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร .....                     | 44 |
| ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา .....   | 45 |
| ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC<br>ระหว่างอาสาสมัคร 2 กลุ่ม (Mean $\pm$ SD)..... | 47 |

## สารบัญภาพ

|   | หน้า |
|---|------|
| ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย .....  | 8    |
| ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบภายในข้อเข่า .....   | 9    |
| ภาพที่ 2.2 แสดงการเกิด Dynamic lower extremity valgus <sup>(12)</sup> .....   | 20   |
| ภาพที่ 2.3 แสดงท่าทางการออกกำลังกายที่ครอบคลุมการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก.....  | 22   |
| <br>  |      |
| ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย .....  | 31   |
| ภาพที่ 3.2 แสดงกรอบระยะเวลาระหว่างการเก็บข้อมูล.....  | 31   |
| ภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล .....   | 32   |
| ภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการติด Reflective markers.....  | 33   |
| ภาพที่ 3.5 แสดงการทดสอบหาค่า Maximal vertical jump.....   | 34   |
| ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งของแรง GRFs ที่นำมาใช้เพื่อคำนวณหาค่าความแตกต่างของแรงลัพธ์<br>ที่นำไปใช้คำนวณค่าตัวแปรระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง ..... | 36   |
| ภาพที่ 3.7 แสดงเครื่องมือทดสอบไอโซโคเนติก .....   | 37   |
| ภาพที่ 3.8 แสดงท่าทางการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มกางและหุบสะโพก .....  | 38   |
| ภาพที่ 3.9 แสดงท่าทางการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดและงอเข่า .....   | 38   |
| ภาพที่ 3.10 แสดงท่าทางที่ใช้ในโปรแกรมการฝึก Hip-focused exercises.....  | 40   |
| <br>  |      |
| ภาพที่ 4.1 แสดงจำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย.....   | 43   |
| <br>  |      |
| ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง<br>เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม.....                | 46   |
| ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่า<br>เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม.....                     | 47   |
| ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบ<br>ระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม .....                            | 49   |



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา (Background and Rationale)

การผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้าข้อเข่า (Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; ACLR) เป็นวิธีการรักษาที่ได้รับความนิยมและประสบความสำเร็จอย่างมาก ในการแก้ไขปัญหาความไม่มั่นคง (Instability) ของข้อเข่าจากการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า (Anterior Cruciate Ligament; ACL) แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลการศึกษาบางส่วนเปิดเผยให้เห็นว่า โอกาสของการเข้ารับการผ่าตัดซ้ำ (Reoperation) และอัตราเสี่ยงของการเกิดการบาดเจ็บซ้ำ (Re-injury) ภายหลังจากการทำ Reconstruction มีค่าสูงถึงร้อยละ 37.1 และร้อยละ 11.9 ตามลำดับ<sup>(1)</sup> โดยความเสี่ยงของการเกิดการบาดเจ็บซ้ำต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า มีค่าสูงสุดอยู่ในช่วงหนึ่งปีแรกของการกลับไปเล่นกีฬา (Return to play)

แม้ว่ากล้ามเนื้อ Quadriceps และ Hamstrings จะเป็นกลุ่มกล้ามเนื้อที่มีความสำคัญในการทำให้เกิดการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะการเหยียดและงอเข่าในระนาบ Sagittal plane และมีความสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงในเชิงไดนามิก (Dynamic stabilizer) ของข้อเข่า<sup>(2)</sup> แต่อย่างไรก็ตามมีข้อมูลการศึกษาบางส่วนเปิดเผยว่าผู้ป่วยบางรายอาจจำเป็นต้องใช้ระยะเวลานานถึง 2 ปีหลังการผ่าตัดทำ ACLR<sup>(3)</sup> ในการฟื้นฟูค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่า เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงกลับคืนมาที่ระดับร้อยละ 80 ของความแข็งแรงเดิมก่อนได้รับบาดเจ็บและสามารถกลับไปสู่ระดับของการเล่นกีฬาได้ นอกจากนี้การทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ Quadriceps ก่อนเข้ารับการผ่าตัดและทดสอบซ้ำที่ระยะเวลา 2 ปีภายหลังการผ่าตัด พบว่าในผู้ป่วยเพศชายที่ผ่านการผ่าตัดทำ ACLR ยังคงมีภาวะความบกพร่องของแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal voluntary contraction) เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม<sup>(4)</sup> นอกจากนี้การศึกษาเมื่อปี 2015 ได้ศึกษาเพื่อประเมินค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ Quadriceps ในอาสาสมัครที่ผ่านการผ่าตัดทำ ACLR ซึ่งได้รับโปรแกรมการฟื้นฟูและได้รับการพิจารณาให้สามารถกลับเข้าสู่ระดับของการกลับไปเล่นกีฬาโดยมีระยะเวลาเฉลี่ยหลังการผ่าตัดอยู่ที่ประมาณ 3 ปี ผลจากการศึกษาพบว่าอาสาสมัครกลุ่มนี้ยังคงมีความบกพร่องของแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ ซึ่งทดสอบด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic)

และมีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ Quadriceps ในขาข้างที่ผ่าตัดต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขาข้างตรงข้าม<sup>(5)</sup>

การประเมินถึงระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคง (Stabilization time) ผ่านการทดสอบในลักษณะที่เป็นการทดสอบการทำฟังก์ชัน (Functional test) ได้ถูกศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางในการประเมินความมั่นคงของข้อเข่า<sup>(6)</sup> โดยได้ศึกษาเปรียบเทียบความไม่มั่นคงระหว่างขาทั้งสองข้างในกลุ่มอาสาสมัครที่มีภาวะความบกพร่องของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า (ACL deficiency) และอาสาสมัครที่ผ่านการผ่าตัดทำ ACLR ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาหลังผ่าตัดประมาณ 6 เดือน โดยผลจากการศึกษาพบว่าในขาข้างที่บาดเจ็บใช้ระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคง (Time to Stabilization; TTS) นานกว่าขาข้างที่ไม่บาดเจ็บในอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม นอกจากนี้การศึกษาของ Kathryn A. Webster และคณะ<sup>(7)</sup> เมื่อปี 2010 ได้ศึกษาเกี่ยวกับตัวแปรการควบคุมการทรงท่าทางของร่างกายแบบไดนามิก (Dynamic postural control) โดยประเมินจากรยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS) ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว (Single-leg landing) โดยศึกษาในกลุ่มอาสาสมัครที่ไม่มีปัญหาการบาดเจ็บของข้อเข่า (Healthy Knees) เปรียบเทียบกับอาสาสมัครที่ได้รับการผ่าตัดทำ ACLR ซึ่งมีระยะเวลาเฉลี่ยของการผ่าตัดอยู่ที่ 2.5 ปี ผลการศึกษาพบว่าอาสาสมัครในกลุ่ม ACLR ใช้ระยะเวลานานกว่าในการทำให้เกิดความมั่นคงของขาข้างที่ผ่าตัด ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าการบาดเจ็บที่เกิดต่อโครงสร้างที่ให้ความมั่นคงแก่ข้อเข่าส่งผลต่อความมั่นคงของเข่าที่ลดลง

การศึกษาทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) มีรายงานว่าบาดเจ็บที่เกิดต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่ามักจะเกิดขึ้นบ่อยขณะทำกิจกรรมการเคลื่อนไหวในลักษณะที่เป็น Multidirectional movement<sup>(8)</sup> โดยเฉพาะกิจกรรมที่เป็นทักษะทางการกีฬา (Athletic activities) เช่น การวิ่ง, การสควอตแบบลงน้ำหนักขาเดียว (Single-leg Squat), การวิ่งเปลี่ยนทิศทาง (Sidestep cutting) รวมไปถึงการกระโดด (Jump-Landing) เป็นต้น โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกต่อการเคลื่อนไหวของข้อเข่า ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกายเป็นประจำอย่างน้อย 2 ครั้งต่อสัปดาห์ (Recreational active)<sup>(9)</sup> ในขณะที่ทำกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนัก (Weight bearing activities) และการศึกษาวิเคราะห์ขณะเดินลงน้ำหนัก

ในช่วง Stance phase <sup>(10)</sup> ของผู้ป่วยที่ผ่านการผ่าตัดทำ ACLR พบว่ามีค่าของแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณรอบสะโพก (Hip moment) ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนั่นแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อสะโพก โดยเฉพาะกล้ามเนื้อในกลุ่มกางสะโพก (Abductors), กล้ามเนื้อกลุ่มเหยียด (Extensors) และกล้ามเนื้อกลุ่มบิดหมุนออกของข้อสะโพก (External rotators) นอกจากจะมีความสำคัญในการสร้างความมั่นคงให้กับกระดูกเชิงกราน (Pelvis) กล้ามเนื้อกลุ่มนี้ยังคงมีความสำคัญอย่างมากในเรื่องของการควบคุมการเคลื่อนไหว รวมไปถึงการช่วยชดเชย (Compensating) หรือทำให้เกิดความสมดุลของแรงที่กระทำต่อข้อเข่าในขณะที่มีการเคลื่อนไหว <sup>(11)</sup>

การออกกำลังกายแบบเพิ่มความแข็งแรง (Strengthening exercise) ซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกโดยมุ่งเน้นไปยังกล้ามเนื้อบริเวณรอบสะโพก (Hip-focused exercise) ได้ถูกศึกษาและให้ข้อมูลว่า การออกกำลังกายที่ความถี่ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6-12 สัปดาห์ จะช่วยส่งเสริมให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นและส่งผลต่อค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น <sup>(12)</sup> โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบเพื่อจัดลำดับค่าสัญญาณไฟฟ้าการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography) ในขณะออกกำลังกายในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี พบว่ารูปแบบของการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกที่มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเชิงชีวกลศาสตร์ที่กระทำต่อข้อเข่า โดยแสดงข้อมูลสัญญาณการทำงานของกล้ามเนื้อออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Maximal voluntary isometric contraction; MVIC) พบว่าการออกกำลังกายที่มีค่าสัญญาณไฟฟ้าการทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกสูงที่สุดจะครอบคลุมถึงรูปแบบการออกกำลังกายที่ประกอบด้วยการฝึก Side-lying hip abduction exercise, Clam-shells exercise, Single-limb squat, Lunges <sup>(12)</sup> และ Plank exercise <sup>(13)</sup> เป็นต้น

จากการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงความสำคัญว่าโปรแกรมการออกกำลังกายเพื่อป้องกันโอกาสการบาดเจ็บซ้ำที่จะเกิดขึ้นต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าและโปรแกรมการฟื้นฟูภายหลังการเข้ารับการผ่าตัดทำ ACLR ควรมุ่งเน้นและให้ความสำคัญกับการฝึกที่ครอบคลุมทั้งการเคลื่อนไหวใน Sagittal plane, Frontal plane และ Transverse plane ดังนั้นจึงเป็นที่น่าสนใจว่าการออกกำลังกายโดยมุ่งเน้นไปยังกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า (ACLR) จะส่งผลต่อ

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS) ขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว (Jump-landing task) เปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

## 1.2 คำถามการวิจัย (Research Question)

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกจะส่งผลต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง ในข้อเข่าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า ขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียวอย่างไร

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย (Objectives)

1. เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกที่มีต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเข่าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า

2. เพื่อประเมินการทำงานของข้อเข่าก่อนและหลังจากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก โดยใช้แบบประเมิน The International Knee Documentation Committee (IKDC)

## 1.4 สมมติฐานการวิจัย (Hypothesis)

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเข่าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า มีค่าลดลง และการทำงานของข้อเข่าโดยใช้แบบประเมิน IKDC มีค่าคะแนนที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA no. 474/60 โดยการวิจัยมีความจำเพาะในกลุ่มประชากรที่คาดว่าจะมีปัญหาในเรื่องความไม่มั่นคงของข้อเข่า ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าและได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า นอกจากนี้ข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ทางสถิติเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดในขาข้างที่มีพยาธิสภาพเพียงอย่างเดียว



## 1.6 คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational definition)

1. Hip-focused exercises หมายถึง โปรแกรมการออกกำลังกายที่เฉพาะเจาะจงในกล้ามเนื้อกลุ่มรอบสะโพก ซึ่งประกอบด้วยท่าทางการออกกำลังกายทั้งหมด 5 ท่า โดยให้อาสาสมัครออกกำลังกายในขาทั้งสองข้าง กำหนดระยะเวลาของการฝึกงาน 6 สัปดาห์ ที่ความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ จำนวนท่าละ 3 เซต ที่ระดับความหนักท่าละ 10-12 ครั้งต่อเซต และมีระยะเวลาพักระหว่างเซต 2 นาที

2. Muscular strength หมายถึง ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่ได้มาจากการทดสอบด้วยเครื่องไอโซไคนेटิก (Isokinetic dynamometer) เพื่อหาค่าแรงหดตัวสูงสุด (Peak torque) ซึ่งจะทดสอบทั้งก่อนและหลังสิ้นสุดการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกาย

3. Dynamic Postural stability หมายถึง ความสามารถในการควบคุมตำแหน่งของ Center of gravity (CG) ให้อยู่ในตำแหน่งของ Base of support (BOS) และสามารถทรงท่าทางของร่างกายให้อยู่นิ่งที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนด โดยกำหนดระยะเวลาของการทรงท่าทางไว้ที่ 10 วินาที นับตั้งแต่ขาข้างที่ทดสอบแตะแผ่น Force platform ภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว

4. Stability gain หมายถึง ระยะเวลาที่กำหนดเริ่มต้นจากวินาทีที่มีแรงกระทำจากพื้น (GRFs) มากกว่า 10 นิวตัน เกิดบนแผ่น Force platform (นับเป็นวินาทีที่ 0) ไปจนถึงวินาทีที่แรงกระทำกลับสู่ระยะคงที่โดยมีค่าเข้าหา Baseline ที่วัดในช่วงเริ่มต้น

5. Time to stabilization (TTS) หมายถึง ระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการทรงท่าทางเพื่อให้เกิดความมั่นคง (Stability gain) โดยอ้างอิงเปรียบเทียบกับค่า Baseline ที่วัดเริ่มต้น ในขณะที่อาสาสมัครยืนทรงท่าทางอย่างมั่นคง ด้วยขาข้างที่ทดสอบเพียงข้างเดียว

### 1.7 คำสำคัญ (Key words)

ACL Reconstruction (ACLR)

Hip-focused exercises

Time to stabilization (TTS)

### 1.8 ข้อจำกัดของการศึกษาวิจัย (Limitations)

1. การศึกษาวิจัยจำเพาะในกลุ่มประชากรที่คาดว่าจะมีปัญหาในเรื่องความไม่มั่นคงของข้อเข่า ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าและได้รับการผ่าตัดเปลี่ยนซ่อมเอ็นแกนไขว้หน้าข้อเข่า ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาอาจไม่สามารถนำไปอ้างอิงในกลุ่มประชากรที่มีภาวะความไม่มั่นคงของข้อเข่า ซึ่งมีสาเหตุมาจากภาวะหรือปัจจัยอื่น

2. การทดสอบในเรื่องของตัวแปรระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงและการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ วิเคราะห์ข้อมูลเฉพาะในขาข้างที่ผ่านการทำ ACLR ทางผู้วิจัยไม่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างขาทั้ง 2 ข้าง ซึ่งอาจจะส่งผลต่อค่าตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน

3. โปรแกรมการออกกำลังกายส่วนหนึ่งอาจส่งผลต่อโอกาสของการมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัว (Core muscles) ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ประเมินผลถึงค่าตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของแกนกลางร่างกายร่วมด้วย

### 1.9 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected or Anticipated Benefit Gain)

1. เพื่อทราบและเข้าใจถึงผลของการออกกำลังกายในกลุ่มเนื้อกลุ่มที่ทำหน้าที่ในการกางสะโพก, กล้ามเนื้อกลุ่มที่ทำหน้าที่ในการเหยียดและบิดหมุนออกของข้อสะโพก, กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการเหยียดเข่า, และกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการงอเข่า ต่อการรักษาสมดุลและคงความมั่นคงของข้อเข่าในผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า

2. เพื่อนำไปประยุกต์ใช้สำหรับเป็นแนวทางและวางแผนการฟื้นฟูผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าเพื่อเพิ่มสมรรถภาพในการเสริมสร้างความมั่นคงของข้อเข่ารวมทั้งลดโอกาสต่อการเพิ่มความเสียหายเกิดการบาดเจ็บต่อโครงสร้างข้อเข่า

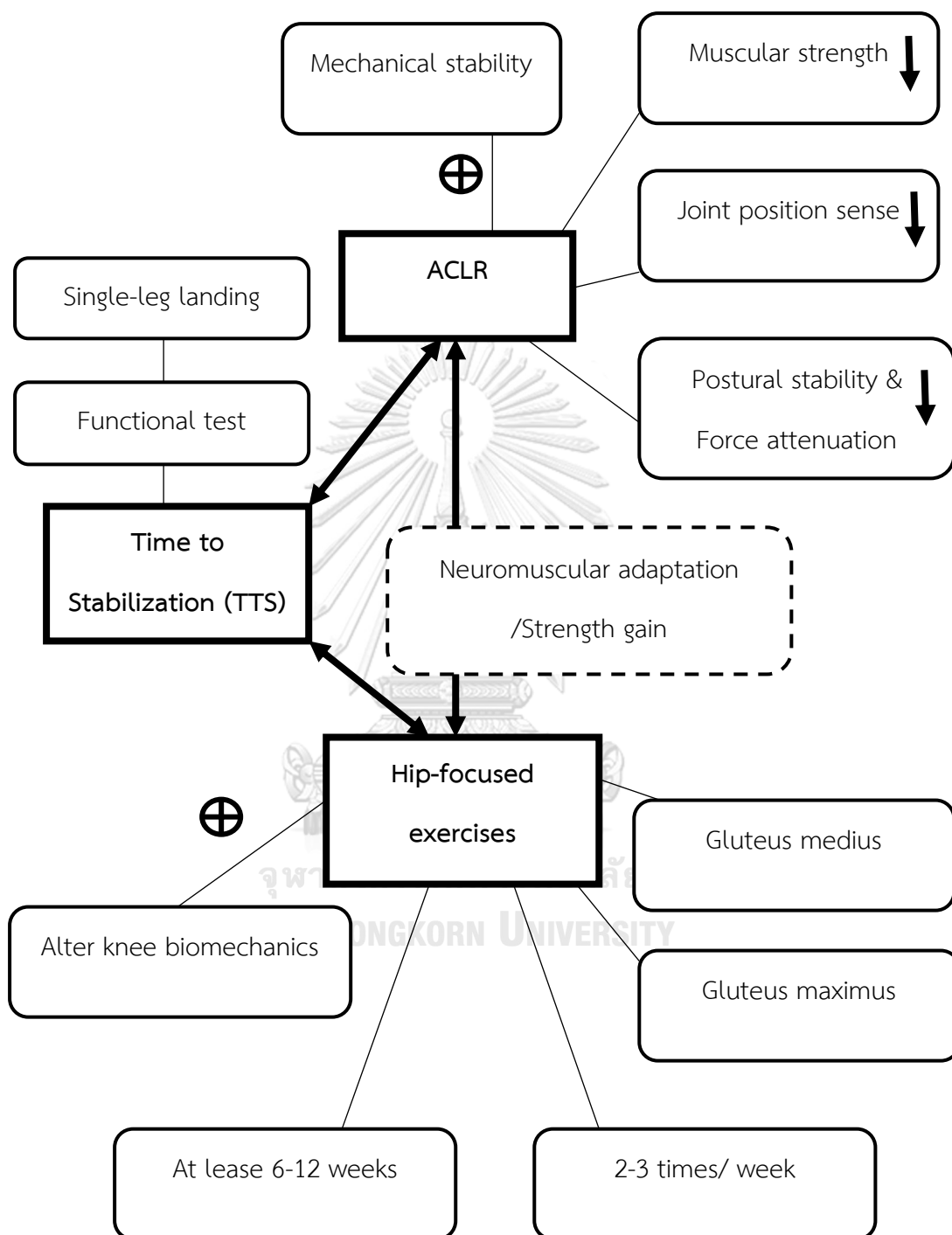
3. ในกรณีที่การฝึกการออกกำลังกายในกลุ่มเนื้อกลุ่มสะโพกให้ผลเป็นที่น่าพึงพอใจ สามารถนำไปประกอบการฝึกดังกล่าว ไปแนะนำเพื่อส่งเสริมการฟื้นฟูและเสริมสร้างความมั่นคงของข้อเข่าให้กับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมร่วมด้วย

### 1.10 อุปสรรคและแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น (Barriers and solving strategies)

1. อาสาสมัครไม่สามารถปฏิบัติตามโปรแกรมการฝึกได้ครบทุกท่า ภายในสัปดาห์แรกที่เริ่มการฝึก ดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงจำเป็นต้องจัดสรรและวางแผนโปรแกรมโดยค่อยๆ เพิ่มท่าการออกกำลังกายขึ้นทีละท่าให้เหมาะสมกับอาสาสมัครแต่ละคน จนครบทั้งโปรแกรม

2. อาสาสมัครถอนตัวระหว่างโปรแกรมฝึก, อาสาสมัครขาดความสนใจในการมารับการฝึกออกกำลังกายดังนั้นผู้ทำวิจัยจึงจำเป็นต้องวางแผนโปรแกรมให้ชัดเจน, อัปเดตโปรแกรมให้อาสาสมัครทราบ เพื่อเป็นการกระตุ้นใจให้อาสาสมัครเข้าร่วมจนเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึก

## 1.11 กรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย



ภาพที่ 1.1 แสดงกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัย

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

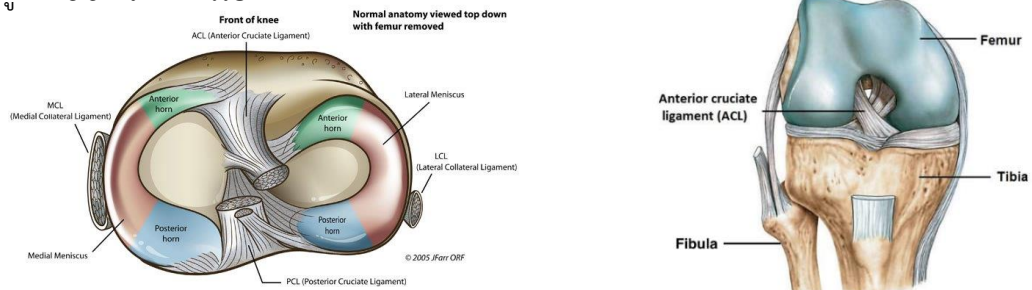
ในปัจจุบันแนวทางการรักษาและฟื้นฟูการบาดเจ็บจากการออกกำลังกายหรือการเล่นกีฬา ไม่ว่าจะเป็นการรักษาด้วยวิธีแบบอนุรักษ์นิยมหรือการรักษาแบบทางเลือกอื่นๆ ได้มีการพัฒนาและก้าวหน้าไปอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามพื้นฐานสำคัญที่ผู้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา ควรพึงตระหนักไว้เสมอคือ การรู้จักป้องกันและจำกัดโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บดังกล่าว ในขณะที่เมื่อมีการบาดเจ็บเกิดขึ้น การจัดการและมีความเข้าใจที่ถูกต้องก็จะช่วยส่งเสริมให้สามารถกลับไปออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า จัดเป็นการบาดเจ็บหนึ่งที่พบได้บ่อยและมีแนวโน้มของอุบัติการณ์ที่เพิ่มสูงขึ้น

#### 2.1 เอ็นไขว้หน้าข้อเข่าและการสร้างความมั่นคงให้กับข้อเข่า

##### 2.1.1) เอ็นแกนไขว้หน้าข้อเข่า (Anterior Cruciate Ligament; ACL)

###### (1) ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ (Anatomy)

เอ็นไขว้หน้าข้อเข่ามีจุดเกาะเริ่มต้นอยู่ที่บริเวณขอบทางด้าน Medial ของกระดูก Tibia จากนั้นจะมีการวางตัวพาดขึ้นไปเกาะปลายในแนวเฉียงออกทางด้าน Lateral และอ้อมผ่านไปทาง Posterior ต่อตำแหน่งของ Lateral femoral condyle โดยโครงสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า จะมีส่วนประกอบหลักๆ 2 ส่วนคือ Anteromedial (AM) และ Posterolateral (PL) ซึ่งทั้ง 2 ส่วน ทำงานร่วมกันเพื่อให้เกิดความมั่นคงของข้อเข่าและยังมีส่วนในการป้องกันการเกิดการบิดหมุนของกระดูก Tibia ที่มากเกินไป



ภาพที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบภายในข้อเข่า

(ที่มา: <https://i2.wp.com/boneandspine.com/wpcontent/uploads/2015/09/menisci.jpg?ssl=003d1>)

## (2) ลักษณะทางชีวกลศาสตร์และการทำงาน (Biomechanical & Functional)

เอ็นไขว้หน้าข้อเข่ามีหน้าที่การทำงานหลักในการช่วยสร้างความมั่นคงให้กับข้อเข่าตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว ในขณะที่ขาอยู่ในท่าเหยียดออก (Extension) โครงสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าในส่วน Posterolateral bundle (PL) จะมีลักษณะตึง (Taut) เกิดขึ้นมากที่สุดและจะหย่อนในท่าที่มีการงอเข่ามากขึ้น และในขณะที่ขาอยู่ในท่าของการเกิดการงอเข่าที่มากขึ้น (Flexion) โครงสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าในส่วน Anteromedial bundle (AM) จะค่อยๆตึงตัวเพิ่มขึ้นและจะตึงมากที่สุดในช่วงของการงอเข่า 60 องศาและหย่อนในท่าเหยียดเข่า การควบคุมการเคลื่อนไหวของเอ็นแกนไขว้เส้นหน้าจะครอบคลุมการเคลื่อนไหวในแนวหน้า-หลัง และการให้ความมั่นคงในการเกิดการหมุนร่วมด้วย ซึ่งในการเคลื่อนไหวแนวหน้า-หลัง พบว่าแรงที่เกิดขึ้นในโครงสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงของการเคลื่อนไหวข้อเข่า โดยแรงตึงจะเกิดมากขึ้นในกรณีที่มีแรงกระทำในลักษณะของการเกิด Anterior displacement ของกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ในส่วนของการควบคุมการเคลื่อนไหวในลักษณะของการให้ความมั่นคงในการหมุนพบว่ากรณีที่เข่าอยู่ในลักษณะเหยียดออกเต็มที่ แรงบิดที่กระทำต่อโครงสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าจะเกิดขึ้นในลักษณะของการเกิด Internal rotation และจะเพิ่มมุมมองของการบิดหมุนเพิ่มขึ้นในกรณีที่เข่าอยู่ในลักษณะของการงอที่เพิ่มขึ้น

(14)

## 2.2 การผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า (Anterior Cruciate Ligament Reconstruction; ACLR)

### 2.2.1) การเลือกใช้กราฟต์ (Graft) ในการผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า

การผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า มีจุดประสงค์หลักเพื่อแก้ไขปัญหาความไม่มั่นคงของข้อเข่า (Mechanical instability) ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการได้รับบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า รวมทั้งเพื่อลดโอกาสของการเกิดการบาดเจ็บร่วมต่อโครงสร้างโดยรอบ เช่น หมอนรองกระดูกข้อเข่า, กระดูกอ่อนผิวข้อ เป็นต้น <sup>(15)</sup> จากการศึกษาของ Julian A. Feller และคณะ <sup>(16)</sup> พบว่าการผ่าตัดด้วยเทคนิคการเลือกใช้ Bone patellar tendon graft และ Hamstring tendon graft ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า ซึ่งติดตามประเมินผลเป็นระยะเวลาต่อเนื่องถึง 3 ปี ผลการประเมินด้วยแบบสอบถามที่ใช้ประเมินการทำงานของข้อเข่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจในระดับดีถึงดีมาก (Good

to Excellent) และปัจจัยในเรื่องรูปแบบของกราฟที่นำมาใช้ในการผ่าตัดซ่อมเอ็นแกนไขว้หน้าไม่ได้ส่งผลที่แตกต่างกันต่อโอกาสของการกลับไปเล่นกีฬา<sup>(17)</sup>

การศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างและความแข็งแรงของแกนที่ใช้ในการนำมาทำกราฟต์ โดยใช้โมเดลของสัตว์ทดลอง (Animal model) เปิดเผยข้อมูลให้เห็นว่าความแข็งแรงของ Graft จะน้อยที่สุดในช่วงระยะเวลาสัปดาห์ที่ 6 ถึงสัปดาห์ที่ 8 ภายหลังจากการผ่าตัด ซึ่งการกระตุ้นด้วยการให้แรงกระทำหรือน้ำหนัก (Load) ที่เหมาะสมมีส่วนช่วยส่งเสริมกระบวนการเกิดการซ่อมแซม (Healing) ของเอ็นข้อต่อ (Ligament) และเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) ในขณะที่การศึกษาถึงคุณสมบัติทางด้านชีวกลศาสตร์ของโครงสร้างเอ็นไขว้หน้าโดยกำเนิดเปรียบเทียบกับเอ็นที่นำมาใช้ทำกราฟต์เพื่อสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า พบว่าภายหลังจากการผ่าตัดทำ Reconstruction ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อมีค่าความแข็งแรงลดลง (Decreased muscular strength) การรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อลดลง (Decreased joint position sense) รวมทั้งความมั่นคงในการทรงท่าทางและความสามารถในการกระจายแรงที่กระทำต่อข้อต่อลดลง (Decreased postural stability and force attenuation) และเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างระยะขาทั้ง 2 ข้าง พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแรง Ground reaction force (GRF) ภายหลังจากการทำการกระโดดลงน้ำหนักด้วยขาทั้งสองข้าง (Bilateral Jump-Landing tasks) ซึ่งพบค่าความแตกต่างดังกล่าวเกิดขึ้นตั้งแต่ที่ระยะเวลา 6 เดือนไปจนถึง 2 ปีภายหลังจากการผ่าตัดทำ Reconstruction<sup>(18)</sup>

## 2.2.2) อุบัติการณ์ของการบาดเจ็บและเข้ารับการผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา การศึกษาทางด้านระบาดวิทยาเปิดเผยข้อมูลให้เห็นว่าตัวเลขอุบัติการณ์ของการเกิดการบาดเจ็บและเข้ารับการผ่าตัดทำ ACLR มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยข้อมูลการศึกษาที่อ้างอิงมาจากกลุ่มประชากรในประเทศสหรัฐอเมริกาในช่วงการเก็บข้อมูลระหว่างปี 1994-2006 รายงานว่าอุบัติการณ์ของการทำ ACLR เพิ่มขึ้นจาก 86,687 ครั้ง (คิดเป็นค่าอุบัติการณ์ 32.9 ต่อ 100,000 คนต่อปี) เป็นจำนวน 129,836 ครั้ง (คิดเป็นค่าอุบัติการณ์ 43.5 ต่อ 100,000 คนต่อปี)<sup>(19)</sup> นอกจากนี้การศึกษาของ Stephen Lyman และคณะ<sup>(20)</sup> ได้รายงานว่าอัตราของการเข้ารับการรักษาซ้ำในโรงพยาบาล (Readmission) ภายใน 90 วัน หลังการผ่าตัดมีค่าอยู่ที่

ร้อยละ 2.3 ในขณะที่การเข้ารับการผ่าตัดซ้ำภายในระยะเวลา 1 ปี มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 6.5 ซึ่งปัจจัยที่มีส่วนทำให้ต้องเข้ารับการผ่าตัดซ้ำ ได้แก่ อายุ (น้อยกว่า 40 ปี) มีการบาดเจ็บและได้รับการผ่าตัดของหมอนรองกระดูกร่วมด้วย (Concomitant meniscectomy) รวมไปถึงการได้รับการรักษาที่ไม่ได้มาตรฐาน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลและรายงานเกี่ยวกับอุบัติการณ์การบาดเจ็บและการผ่าตัดทำ ACLR ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก มีเพียงข้อมูลจากการศึกษาเมื่อปี 2011 ซึ่งได้ศึกษาอุบัติการณ์การเกิดการบาดเจ็บระหว่างการฝึกซ้อมและการแข่งขันฟุตบอลในนักฟุตบอลทีมชายของมหาวิทยาลัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล<sup>(21)</sup> โดยทำการเก็บข้อมูลการบาดเจ็บในระหว่างการฝึกซ้อมเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ก่อนช่วงการแข่งขัน และเก็บข้อมูลการบาดเจ็บในระหว่างการแข่งขันเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยผลของการศึกษาพบว่าอุบัติการณ์ของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นทั้งหมดคิดเป็น 16.87 ครั้งต่อ 1,000 ชั่วโมง และชนิดของการบาดเจ็บที่พบมากที่สุดในช่วงระหว่างการฝึกซ้อมคือ กล้ามเนื้อฉีกขาด ในขณะที่ตำแหน่งที่พบการบาดเจ็บเยอะที่สุดคือ ข้อเท้า แต่การบาดเจ็บที่มีความรุนแรงและส่งผลกระทบต่อนักกีฬาจำเป็นต้องหยุดการฝึกซ้อมหรือการแข่งขันมากกว่า 28 วัน คือ การฉีกขาดของเอ็นแกนไขว้หน้าข้อเข่า โดยพบว่าในช่วงของการแข่งขันมีอัตราของการบาดเจ็บเกิดขึ้นสูงกว่าในระหว่างการฝึกซ้อมถึง 5 เท่า

### 2.2.3) การฟื้นฟูภายหลังการเข้ารับการผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า

การวางแผนและโปรแกรมการฟื้นฟูภายหลังจากการเข้ารับการผ่าตัดทำ ACLR มักจะเริ่มตั้งแต่ในระยะเวลาของการเตรียมตัวก่อนเข้ารับการรักษาทางการผ่าตัด (Pre-surgical rehabilitation) เนื่องจากการเตรียมตัวให้พร้อมก่อนการเข้ารับการผ่าตัด มีข้อมูลการศึกษาช่วยสนับสนุนว่าส่งผลดีและมีความสำคัญต่อผลที่เกิดขึ้นภายหลังการผ่าตัด (Postoperative outcomes) โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีมุมมองอาการเหยียดเข่าได้สุดช่วงการเคลื่อนไหวและมีภาวะแทรกซ้อนต่อข้อเข่าน้อยกว่าจะพบว่ามีผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั้งในเรื่องของการทำงานของข้อเข่ารวมถึงโอกาสในการกลับไปเล่นกีฬา<sup>(22)</sup> ภายหลังจากการผ่าตัด

รูปแบบของการฟื้นฟูภายหลังการเข้ารับการผ่าตัดทำ ACLR ทั่วไปจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงหลัก คือ 1) การฟื้นฟูระยะต้น (Early phase) โดยครอบคลุมในส่วนการจัดการผลในระยะหลังการ



ผ่าตัดไปจนถึงการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อโดยรอบข้อเข่า และ 2) การฟื้นฟูระยะท้าย (Late phase) ซึ่งจะเน้นในเรื่องการฟื้นฟูการทำงานของข้อเข่า (Functional) และการฟื้นฟูเพื่อให้ผู้ป่วยกลับไปสู่ระยะใกล้เคียงระดับเดิมก่อนการบาดเจ็บรวมทั้งพิจารณาโอกาสของการกลับไปเล่นกีฬา (Return to play) โดยรายงานการศึกษาจำนวนมาก พบว่าภายหลังจากการผ่าตัดทำ ACLR ผู้ป่วยมักมีค่าความบกพร่องของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps ที่ครอบคลุมระยะเวลาตั้งแต่หลายเดือนไปจนถึงปีภายหลังจากการผ่าตัดเมื่อพิจารณาในส่วนของการฟื้นฟูในระยะท้าย (Late phase) วัตถุประสงค์และแนวทางของโปรแกรมในการฟื้นฟูจะขึ้นกับความบกพร่อง (Impairments) ของผู้ป่วยแต่ละรายเป็นหลัก ซึ่งค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps ที่มากกว่าร้อยละ 80 ได้ถูกนำมาใช้เพื่อจำแนกถึงความแตกต่างในแง่ของการแบ่งระดับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps ในขาข้างที่ผ่านการผ่าตัดทำ ACLR เมื่อเปรียบเทียบกับขาข้างตรงข้าม นอกจากนี้การประเมินถึงความมั่นคงของข้อเข่าเชิงไดนามิก (Dynamic knee stability) นิยมทดสอบผ่านการทำ Hop tests ซึ่งจากการศึกษาของ Fitzgerald GK และคณะ ให้ข้อมูลว่าการทดสอบ Hop test และการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength test) ของระยางค์ร่างกายส่วนล่างมีความสัมพันธ์ (Correlation) อยู่ในระดับ Low ถึง Moderate <sup>(23)</sup>

#### 2.2.4) การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทกล้ามเนื้อภายหลังการผ่าตัดสร้างเอ็นไขว้หน้า

การรับรู้การทำงานของข้อต่อ (Joint proprioception) ที่สมบูรณ์มีส่วนสำคัญอย่างมากในการช่วยควบคุมรูปแบบการเคลื่อนไหว (Movement patterns) การทำงานประสานสัมพันธ์ (Coordination) ช่วยคงความแข็งแรง (Strength) และความทนทาน (Endurance) ของกล้ามเนื้อ <sup>(24)</sup> ซึ่งในกรณีของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า นอกจากจะส่งผลให้เกิดความไม่มั่นคงของข้อต่อ ยังมีส่วนส่งผลให้เกิดความบกพร่องในการรับสัญญาณประสาทเชิงกล (Mechanoreceptors) ของข้อเข่า ทำให้การรับสัญญาณความรู้สึกทางกาย (Somatosensory signals) และการส่งข้อมูลกลับไปยังระบบประสาทส่วนกลาง (Central nervous system; CNS) ลดลง ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) ร่วมด้วย

วิธีการผ่าตัดทำ Reconstruction เป็นวิธีการรักษาหนึ่งที่มีส่วนสำคัญในการแก้ไขปัญหาทางด้านความไม่มั่นคงที่เกิดขึ้นของข้อต่อภายหลังการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า แต่อย่างไรก็ตามไม่ได้มีส่วนในการแก้ไขปัญหาในเรื่องของการรับและส่งต่อสัญญาณของระบบประสาทได้โดยตรง<sup>(25)</sup> แม้ว่า Mechanoreceptors ภายในโครงสร้างของ Ligament และ Joint capsule จะถูกเชื่อว่ามีมีความสำคัญหลักในการควบคุมการรับรู้การทำงานและรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ แต่อย่างไรก็ตามมีข้อมูลที่ช่วยสนับสนุนเพิ่มเติมว่าการรับรู้สัญญาณประสาทรับความรู้สึก (Sensory) ที่มาจากโครงสร้างในส่วนของใยประสาทกล้ามเนื้อ (Muscle spindle) และใยประสาทนำเข้า (Afferent fibers) ก็มีบทบาทที่สำคัญเช่นกัน<sup>(26)</sup>

Jae-Kwang Shim และคณะ ได้ศึกษาผลการฝึก Neuromuscular training โดยการออกกำลังกายด้วยการใช้ลูกบอลฝึกการทรงท่าทาง (Balance ball) เป็นระยะเวลา 3 เดือน ผลจากการศึกษารายงานว่าไม่พบความแตกต่างของค่าการเคลื่อนที่มาทางด้านหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (Tibial anterior displacement) ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่แสดงถึงการมีภาวะความไม่มั่นคงของข้อเข่าระหว่างก่อนและหลังฝึก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวัดสัญญาณไฟฟ้าของการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography) ภายหลังการฝึก พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>(26)</sup> โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Vastus medialis oblique ถึงแม้ว่าการศึกษาของ Jae Kwang Shim และคณะจะช่วยสนับสนุนถึงบทบาทการทำงานของกล้ามเนื้อ Quadriceps ในการสร้างความมั่นคงให้กับข้อเข่าในขณะที่มีการเคลื่อนไหว แต่อย่างไรก็ตามการประเมินเรื่องของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular) ภายหลังการผ่าตัดทำ ACLR ที่ระยะเวลา 6 เดือน ซึ่งทดสอบด้วยการทำ Single-Leg Squat และการประเมินด้วยแบบประเมินการทำงานของข้อเข่า International Knee Documentation Committee (IKDC) ผลพบว่าร้อยละ 45 ของอาสาสมัครที่คัดเข้ามาศึกษาแสดงค่า Performance ที่ลดลงในขณะทดสอบด้วยการทำ Single-Leg Squat<sup>(27)</sup> นอกจากนี้ในจำนวนของอาสาสมัครที่แสดงค่าของ Performance ที่ลดลง ยังพบว่ามีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกางสะโพก (Hip abduction) ลดลง (17.6 kg vs 20.5 kg) ระยะทางจากการทดสอบด้วย Single-leg hop ลดลง (83.3 cm vs 112.3 cm) รวมทั้งคะแนนการประเมินด้วยแบบประเมิน IKDC ต่ำกว่า (67.9 vs 82.3) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างขาที่ผ่าตัดและขาที่ไม่ได้ผ่าตัด ตามลำดับ

### 2.2.5) ปัจจัยและโอกาสของการบาดเจ็บซ้ำๆ ภายหลังจากการผ่าตัดสร้างเอ็นไขว้หน้า

องค์ประกอบทางด้านชีวกลศาสตร์ (Biomechanics) และรูปแบบการเคลื่อนไหว (Movement patterns) ในขาข้างที่ได้รับการผ่าตัดทำ ACLR ของผู้ป่วยทั้งเพศหญิงและเพศชาย มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับขาข้างตรงข้ามและเมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมที่มีสุขภาพดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อทำการประเมินผ่านกิจกรรมที่เป็นลักษณะของ Multiple sport-specific tasks เช่น Single leg jumping- landing, Lateral hopping, Sidestep cutting และ Jogging เป็นต้น ซึ่งแม้ว่าผู้ป่วยจะได้รับการพิจารณาให้สามารถกลับไปสู่ระยะของการ Return to play แต่ผลของการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวกลศาสตร์ของการเคลื่อนไหวก็อาจมีช่วงระยะเวลา ยาวนานถึง 2 ปีภายหลังจากการผ่าตัดทำ ACLR (4, 24)

การศึกษาโดย Mark V. Paterno และคณะ เมื่อปี 2010 ศึกษาติดตามผลเป็นระยะเวลา 12 เดือน ในอาสาสมัครจำนวน 56 คน ที่ได้รับการผ่าตัดทำ ACLR และได้นำเสนอรายงานข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับค่าตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ในขณะทำ Landing task รวมถึงประเมินการควบคุมการทรงท่าทางของร่างกาย (Postural stability) เพื่อใช้ในการทำนายโอกาสของการเกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า ผลของการศึกษาพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวกับการควบคุมรูปแบบการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular control pattern) ซึ่งประกอบด้วย 1) แรงหดตัวของกล้ามเนื้อรอบสะโพกในระนาบการเคลื่อนไหว Transverse plane ที่มีค่าลดลง 2) การเคลื่อนไหวของข้อเข่าในระนาบการเคลื่อนไหว Frontal plane ที่มีค่ามากขึ้น และ 3) ความไม่สมดุลของระยางค์ขาทั้งสองข้าง (Limb asymmetries in sagittal plane) รวมถึงความบกพร่องในการควบคุมการทรงท่าทางของร่างกาย เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลให้เกิดการบาดเจ็บซ้ำๆ ของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ภายหลังจากการผ่าตัดทำ ACLR (28)

โดยเกณฑ์ในการประเมินความพร้อมในการกลับไปเล่นกีฬา<sup>(14)</sup> ได้มีการรวบรวมและสรุป ข้อมูลเบื้องต้นไว้ ดังนี้ (1) สามารถงอและเหยียดเข้าได้เต็มที่ โดยไม่มีอาการปวดและบวมของข้อเข่า (2) มีความมั่นคงของข้อเข่าจากการประเมินด้วยเครื่อง KT Arthrometer ซึ่งประเมินระยะการ เคลื่อนที่ของกระดูก Tibia มาทางด้านหน้าโดยจะต้องมีระยะต่างจากขาด้านตรงข้ามไม่เกิน 2.5 มิลลิเมตร (3) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Quadriceps ซึ่งประเมินจากค่าของ Isokinetic peak torque มีค่ามากกว่าร้อยละ 80 เมื่อเปรียบเทียบกับขาด้านตรงข้าม และ (4) ประเมินค่า Limb symmetry index มีค่าอยู่ในเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 85 เมื่อเปรียบเทียบกับขาด้านตรงข้ามผ่านการ ทดสอบด้วย Functional hop test (Single hop for distance, Time hop, Cross-over hop for distance)

## 2.3 การศึกษาเกี่ยวกับความมั่นคงของข้อเข่าภายหลังการผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้า

### 2.3.1 การประเมินการทำงานของข้อเข่า (Knee function)

#### การประเมินเชิง Subjective

การติดตามหรือประเมินอาการของผู้ป่วยโดยเฉพาะทางด้านออร์โธปิดิกส์ (Orthopedics) รวมไปถึงทางด้านเวชศาสตร์การกีฬา (Sports Medicine) มักจะเป็นลักษณะของการประเมิน Functional outcome ในการประเมินผู้ป่วยทั้งก่อนและหลังการรักษาสามารถทำได้หลากหลาย รูปแบบ ซึ่งการใช้แบบสอบถามเป็นวิธีหนึ่งในการประเมินเชิง Subjective ที่ให้ผู้ป่วยเป็นผู้ตอบแบบ ประเมินและให้ข้อมูลด้วยตัวเอง โดยทั่วไปรูปแบบของการประเมินมักจะมุ่งเน้นไปในปัจจัยต่างๆ ที่ เกี่ยวข้องโดยตรงกับการรับรู้ของผู้ตอบแบบประเมิน เช่น ลักษณะอาการ (Symptoms), ระดับของ การใช้งาน (Functional status) โดยแบบประเมินที่นิยมใช้ได้แก่ The Cincinnati Knee Rating System และ The International Knee Documentation Committee (IKDC) ซึ่งครอบคลุมการ ประเมินหลักในเรื่องของลักษณะอาการ (Symptoms), การทำกิจกรรมทางการกีฬา (Sports activity), และการทำกิจกรรมทั่วไปในชีวิตประจำวัน (Activities of Daily Living) เป็นต้น จาก การศึกษาของ Julie Agel และคณะ ใช้แบบสอบถาม The Modified Cincinnati Knee Rating System และ The International Knee Documentation Committee (IKDC) โดยให้ผู้ป่วยเป็น

ผู้ตอบแบบประเมินด้วยตัวเองเพื่อประเมินข้อมูลที่ได้จากการใช้แบบประเมินทั้งสองแบบ ผลจากการศึกษาได้ให้ข้อมูลว่าแบบประเมินทั้งสองแบบให้ค่าของผลลัพธ์ในการประเมินถึงการทำ Functional ที่ไม่แตกต่างกัน<sup>(29)</sup>

แบบประเมิน The International Knee Documentation Committee (IKDC) ประกอบด้วยคำถามทั้งหมด 10 ข้อ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การประเมินภาพรวมการทำงานของข้อเข่าในส่วนของลักษณะอาการ (Symptoms), ลักษณะของการใช้งาน (Functional) และการทำกิจกรรมทางกรีกีฬา (Sports activity) โดยเกณฑ์ของการให้คะแนนจากการทำแบบประเมินจะมีช่วงคะแนนตั้งแต่ 0-100 คะแนน ในกรณีที่คะแนนจากการทำแบบประเมินมีค่ามาก แสดงให้เห็นว่าข้อจำกัดในการใช้งานของข้อเข่ามีน้อย โดยเมื่อปี 2008 Pisit Lertwanich และคณะ<sup>(30)</sup> ได้ทำการศึกษาโดยประเมินค่าความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบประเมิน The International Knee Documentation Committee (IKDC) เป็นฉบับภาษาไทย เปรียบเทียบกับแบบประเมิน Short Form-36 (SF-36) ซึ่งเป็นแบบประเมินที่ใช้ในทางคลินิก การวิจัย การประเมินทางด้านนโยบายสุขภาพ (Health policy) รวมไปถึงใช้ในการสำรวจสุขภาพในประชาชนทั่วไป โดยให้ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับข้อเข่าจำนวน 55 คน เป็นผู้ตอบแบบประเมิน ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าคะแนนที่ได้จากการตอบแบบประเมิน IKDC ฉบับภาษาไทยมีความสัมพันธ์กับคะแนนของแบบประเมิน SF-36 ในหัวข้อการประเมินทางด้านกรีกีฬาทางกาย (Physical Function) และอาการปวดที่เกิดขึ้นกับร่างกาย (Bodily pain) โดยมีค่าของความสัมพันธ์ (Pearson's correlation coefficient) เท่ากับ 0.75 และ 0.76 ตามลำดับ และมีค่าความเชื่อมั่น (consistency) อยู่ในระดับดี (Cronbach alpha เท่ากับ 0.92)

### **การประเมินเชิง Objective ด้วยเทคนิคการประเมินค่า Time to Stabilization (TTS)**

การประเมินถึงระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS) ได้ถูกนำมาใช้ในการบ่งชี้ถึงค่าของ การทรงท่าทางของร่างกายแบบไดนามิก (Dynamic postural stability) ซึ่งการศึกษาโดย Scott M. Colby และคณะ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาการเกิดความมั่นคงในอาสาสมัครกลุ่ม Recreationally active ที่มีภาวะ Unilateral ACL-deficient และอาสาสมัครที่ผ่านการผ่าตัด

ทำ ACLR ซึ่งผลของการศึกษายืนยันให้เห็นว่าเทคนิคการประเมินค่า TTS เป็นวิธีการที่มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) ในการใช้ระบุถึงภาวะความบกพร่องในเรื่องของการทรงท่าทางของร่างกายแบบไดนามิก (Dynamic postural stability) <sup>(6)</sup> ในผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า ในขณะที่ทำการทดสอบผ่านการทำ Step-down task และจากการศึกษาเมื่อปี 2010 โดย Kathryn A Webster และคณะ<sup>(7)</sup> ทำการศึกษาประเมินถึงค่า TTS ขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว (Single-leg landing) ในกลุ่มอาสาสมัครนักกีฬาเพศหญิงระดับมหาวิทยาลัยที่มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR ซึ่งมีระยะเวลาเฉลี่ยของการผ่าตัดเท่ากับ 2.5 ปี เปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมที่ไม่มีประวัติการบาดเจ็บของข้อเข่า ผลจากการศึกษา พบว่าอาสาสมัครในกลุ่มที่ผ่านการทำ ACLR มีค่า TTS ขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียวนานกว่าอาสาสมัครกลุ่มควบคุม โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่  $2.01 \pm 0.15$  วินาที และ  $1.90 \pm 0.07$  วินาที ตามลำดับ

นอกจากนี้ Kevin M. DuPrey และคณะ<sup>(31)</sup> ได้ศึกษาเพื่อประเมินถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปร TTS กับโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าในกลุ่มอาสาสมัครที่เป็นนักกีฬาในระดับมหาวิทยาลัย โดยประเมินค่าของ TTS ผ่านการทำ Single-legged jump landing ในทิศทาง Backward, Forward, Medial และ Lateral jump landing พบว่าในการเกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ของอาสาสมัครที่มีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าใช้ระยะเวลาที่ มากกว่า 0.49 วินาทีในทิศทาง Backward เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครที่ไม่มี การบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าและค่า Odds ratio (OR) ของการเกิดการบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่ามีค่าเพิ่มมากขึ้นเกือบ 3 เท่า

Kathryn A Webster และคณะได้ให้ข้อมูลอภิปรายผลเพิ่มเติมไว้ว่าปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดความสามารถในการเกิดการทรงท่าทางได้อย่างรวดเร็ว จำเป็นต้องมีการทำงานประสานกันของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular system) ซึ่งครอบคลุมทั้งในเรื่องความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscular strength) รวมถึงรูปแบบการทำงานของประสาทกล้ามเนื้อ (Firing pattern) ที่มีประสิทธิภาพนอกจากนี้ Scott M. Colby และคณะได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการประเมินเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อโดยให้ทำกิจกรรมที่เป็นลักษณะของ Dynamic movement จะได้ผลของการวัดที่แม่นยำและมีความน่าเชื่อถือ <sup>(6, 7)</sup>

### 2.3.2) วิธีการคำนวณค่าระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS)

ในการประเมินค่าของการเกิดความมั่นคงของร่างกายแบบไดนามิก (Dynamic postural stabilization) จะนิยมใช้การทดสอบ Single leg jump หรือ Hop landing โดยจะให้อาสาสมัคร หรือผู้ถูกทดสอบกระโดดลงบนแผ่น Force plate ด้วยขาข้างที่ต้องการจะทดสอบและพยายามทรงท่าทางให้รวดเร็วและนิ่งที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งตัวแปรที่ใช้วัดผลในการประเมินถึงความสามารถในการทรงท่าทางภายหลังจากการทดสอบดังกล่าวคือการประเมินค่าของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS) ซึ่งโดยนิยามหมายถึงระยะเวลาที่อาสาสมัครหรือผู้ถูกทดสอบใช้ในการทรงท่าทาง เพื่อให้เกิดความมั่นคง (Stable) เท่ากับในช่วงเริ่มต้นก่อนเกิดการเคลื่อนไหว<sup>(32)</sup> โดยงานการศึกษาก่อนหน้าได้รายงานข้อมูลสนับสนุนว่าระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงที่นานขึ้น แสดงถึงภาวะความลำบากในการควบคุมและทรงท่าทางภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนัก (Landing) ซึ่งนั่นอาจหมายความว่ามีความบกพร่องในเรื่องการควบคุมการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อของร่างกาย (Neuromuscular control)<sup>(6, 7, 31, 32)</sup>

ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าของ TTS ได้มีการศึกษาที่รวบรวมถึงการประเมินค่า TTS ด้วยวิธีการต่างๆ รวมทั้งประเมินความแตกต่างของการกำหนด Sample rate, Filter และ Trial length ที่อาจส่งผลต่อค่าของผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ โดยผลการศึกษานี้แนะนำให้เห็นว่าเทคนิคการคำนวณเพื่อหาค่าของ TTS มีองค์ประกอบพื้นฐานหลักอยู่ 4 ด้าน ประกอบไปด้วย

- (1) การบันทึกสัญญาณ Input
- (2) กระบวนการ Process สัญญาณที่บันทึกเข้ามา
- (3) ช่วงของการเริ่มเกิด Stable state (หรือ Threshold)
- (4) การกำหนดหรือนิยามช่วงของสัญญาณที่จะพิจารณาว่าเกิด Stable

การบันทึกข้อมูลจะบันทึกในส่วนของแรง Ground reaction forces (GRFs) ที่เกิดขึ้นในช่วงวินาทีแรกที่ขาข้างที่ทดสอบสัมผัสหรือกระแทกลงบนแผ่น Force plate โดยค่าข้อมูลของ GRF ที่นำมาเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่า TTS จะประกอบไปด้วยแรง GRFs ในแนว Vertical (V),

Anteroposterior (AP) และ Mediolateral (ML) ลำดับต่อมาเป็นกระบวนการของการ Process ข้อมูล ซึ่งมีเทคนิคหลากหลาย ได้แก่ การใช้ข้อมูลดิบ (RAW) ในการคำนวณ, การใช้เทคนิค Sequential averaging (SA), เทคนิคการคำนวณด้วย Root mean square (RMS) และ การใช้เทคนิค Unbounded Third order polynomial (TOP) เป็นต้น

#### 2.4 กล้ามเนื้อสะโพกและการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของข้อเข่า

กล้ามเนื้อในกลุ่มกางสะโพก (Abductors) และกลุ่มเหยียดร่วมกับบิดหมุนออกของสะโพก (Extensors & External rotators) มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมให้เกิดความมั่นคง (Stability) ของกระดูกเชิงกราน (Pelvis) ในขณะที่มีการเคลื่อนไหวของโครงสร้างระยางค์ร่างกายส่วนล่าง โดยเฉพาะกิจกรรมที่มีการลงน้ำหนักของขาข้างใดข้างหนึ่ง (Single-leg weight bearing) ในกรณีที่มีความบกพร่องเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการควบคุมระบบประสาทการทำงานของกล้ามเนื้อ การทำกิจกรรมในลักษณะที่เป็นการเคลื่อนไหวแบบไดนามิก (Dynamic movement) จะส่งเสริมภาวะการเกิด Dynamic lower extremity valgus<sup>(12)</sup> ของระยางค์ร่างกายส่วนล่าง ซึ่งจะยิ่งทำให้มีโอกาสเกิดค่าของ แรงที่ทำให้ข้อเข่าอยู่ในแนวกางออก (Abduction moment) จากแนวกึ่งกลางของข้อเข่าที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของโครงสร้าง ACL<sup>(18)</sup> ในทางปฏิบัติ Dynamic lower extremity valgus จะนิยามถึงการเกิดการเคลื่อนไหวร่วมกับมีการบิดหมุนของระยางค์ร่างกายส่วนล่าง ซึ่งประกอบไปด้วยการเกิด Hip adduction & internal rotation, Knee abduction, Tibial internal rotation & anterior translation และ Ankle eversion ซึ่งมักจะแสดงออกมาในลักษณะของการเกิด Knocked-knee โดยลักษณะเหล่านี้จะพบได้บ่อยในขณะทำกิจกรรมที่ต้องมีการกระโดดลงน้ำหนักด้วยขาข้างเดียว (Single-leg) หรือขาทั้งสองข้าง (Double-leg)



ภาพที่ 2.2 แสดงการเกิด Dynamic lower extremity valgus<sup>(12)</sup>



นอกจากนี้ในผู้ป่วยที่มีการผ่าตัดทำ ACLR จะมีค่าของแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อบริเวณรอบสะโพก (Hip moments) ที่เพิ่มขึ้นขณะเดินลงน้ำหนักในช่วง Stance phase นั้นแสดงให้เห็นว่ากล้ามเนื้อสะโพกมีความสำคัญในเรื่องของการควบคุมการเคลื่อนไหว รวมไปถึงการช่วยชดเชย (Compensating) หรือทำให้เกิดความสมดุลของแรงที่กระทำต่อข้อเข่าในกรณีที่มีการเคลื่อนไหวที่เป็นลักษณะการเคลื่อนไหวแบบไดนามิก (Dynamic movement) <sup>(10, 11)</sup>

## 2.5 การออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก

เมื่อปี 2014 J. Craig และคณะ <sup>(33)</sup> ได้ศึกษาถึงผลของการให้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพก (Hip strengthening) ในระยะ 3 เดือนแรก (Early stage) ของการฟื้นฟูผู้ป่วยภายหลังการผ่าตัดทำ ACLR โดยทำการประเมินผลผ่านการใช้แบบประเมิน International Knee Documentation Committee (IKDC), Visual Analog Scale (VAS) และประเมิน Knee extension range of motion (ROM) ระหว่างระยะขาทั้งสองข้างที่ระยะเวลาสัปดาห์ที่ 1, 4, 8 และ 12 ตามลำดับ โดยในช่วงสัปดาห์ที่ 8 และ 12 มีการทดสอบเพื่อประเมินค่าของ Dynamic balance โดยการใช้ Y Balance Test-Lower Quarter (YBT-LQ) ผลจากการศึกษาพบว่าโปรแกรมของการให้การฟื้นฟูโดยการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกมีส่วนช่วยในการเพิ่มค่าของ Dynamic balance ในทิศทาง การเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้า (Anteriorly) ระนาบการเคลื่อนไหว Sagittal plane ที่ระยะเวลา 3 เดือนหลังการผ่าตัดทำ ACLR ขณะที่การศึกษาเมื่อปี 2015 ได้รวบรวมและให้ข้อมูลที่สนับสนุนเกี่ยวกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพกที่มีส่วนสำคัญในการช่วยเปลี่ยนแปลงค่าเชิงชีวกลศาสตร์ที่กระทำต่อข้อเข่าโดยครอบคลุมในส่วนของการ Non-weight bearing exercise, Controlled weight-bearing exercise และ Functional exercise โดยสนใจเฉพาะในกล้ามเนื้อหลัก 2 มัดได้แก่ Gluteus medius และ Gluteus maximus <sup>(12)</sup>

Kristen Boren และคณะ <sup>(13)</sup> ศึกษาและรายงานผลเกี่ยวกับข้อมูลสัญญาณการทำงานของกล้ามเนื้อ (Electromyography) ในขณะออกกำลังกายในกลุ่มอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี เพื่อเปรียบเทียบรูปแบบการออกกำลังกายของกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus

โดยแสดงข้อมูลออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ MVIC ซึ่งการออกกำลังกายที่เฉพาะเจาะจงไปยังกล้ามเนื้อสะโพก (Hip-focused exercise) ถูกศึกษาและนำมาใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ของการออกกำลังกายขึ้นกับกลุ่มประชากรเป้าหมาย รวมทั้งระยะของการฟื้นฟูร่างกายหลังจากการบาดเจ็บ ดังนั้นระดับของความหนัก ระยะเวลาของการฝึก รวมทั้งรายละเอียดของโปรแกรมการออกกำลังกายจึงค่อนข้างมีความหลากหลาย แต่อย่างไรก็ตามในแง่ของการศึกษาวิจัย รูปแบบของการออกกำลังกายในกล้ามเนื้อ Gluteus medius และ Gluteus maximus ที่ใช้โดยแพร่หลาย มักจะประกอบด้วย Side-lying hip abduction exercise, Clam-shells exercise, Single-limb squat, Lunges<sup>(12)</sup> และ Plank exercise<sup>(13)</sup> เป็นต้น



Side-lying hip abduction exercise

Clam-shell exercise



Single-limb squat exercise

Single-limb deadlift exercise



Lunge exercise

Plank exercise

ภาพที่ 2.3 แสดงท่าทางการออกกำลังกายที่ครอบคลุม  
การทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก

(ที่มา: <https://workoutlabs.com/exercise-guide/bodyweight-walking-lunge>)

การออกกำลังกายแบบเพิ่มความแข็งแรง (Strengthening exercise) ซึ่งเป็นผลมาจากการฝึกโดยเฉพาะเจาะจงไปยังกล้ามเนื้อบริเวณรอบสะโพก (Hip-focused exercise) มีส่วนในการเปลี่ยนแปลงค่าทางชีวกลศาสตร์ของโครงสร้างบริเวณข้อสะโพกและข้อเข่า ในขณะที่มีการทำกิจกรรมในลักษณะที่เป็นทักษะทางการกีฬา (Athletic activities) เช่น Single-leg Squat, Jump-Landing, Running เป็นต้น โดยมีข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การออกกำลังกายที่ความถี่ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6-12 สัปดาห์จะช่วยส่งเสริมให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้น และส่งผลต่อค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น<sup>(12)</sup> นอกจากนี้มีการศึกษาที่สนับสนุนข้อมูลเพิ่มเติมว่าในกรณีที่ต้องการออกกำลังกายเพื่อให้ได้ผลของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength gain) ที่สัมพันธ์กับขนาดของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น (Muscle hypertrophy) ควรมีค่าเปอร์เซ็นต์ของการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างน้อยที่สุดในช่วงระหว่าง 40-60 % MVIC<sup>(34)</sup>

### 2.5.1) เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาการเพิ่มระดับความหนักของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (Resistance training)<sup>(35)</sup> มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือด (Improves cardiovascular function) ช่วยลดปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับโรคทางหลอดเลือดหัวใจ (Coronary heart disease) ลดปัจจัยการเกิดภาวะเบาหวาน (Non-insulin-dependent diabetes) ป้องกันภาวะกระดูกพรุน (Prevents osteoporosis) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งลำไส้ (Reduce risk of colon cancer) ช่วยควบคุมน้ำหนัก (Promotes weight loss) ฟื้นฟูและส่งเสริม Dynamic stability และการทำงานของร่างกาย (Preserves functional capacity) รวมไปถึงมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณภาพชีวิต หลักการที่สำคัญของการออกกำลังกายแบบ Resistance training คือการเพิ่มความก้าวหน้าของการออกกำลังกาย (Progressive overload) การฝึกด้วยรูปแบบที่มีความจำเพาะ (Specificity) และการปรับเปลี่ยนโปรแกรมเป็นระยะ (Variation or Periodization)

**Progressive overload** คือ การค่อยๆ เพิ่มความเครียด (Stress) ต่อร่างกายในช่วงของการฝึกหรือการออกกำลังกาย ซึ่งจำเป็นต้องมีการเพิ่มอย่างเป็นระบบเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

ของการออกกำลังกาย โดยมีแนวทางของการเพิ่มความก้าวหน้าของการออกกำลังกายตามปัจจัยดังต่อไปนี้

- 1) ระดับของความหนัก (Intensity) ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มน้ำหนักหรือการเพิ่มแรงต้านในขณะการออกกำลังกาย
- 2) การเพิ่มจำนวนครั้ง (Repetitions) ที่ระดับความหนักเท่าเดิม
- 3) การเพิ่มหรือเปลี่ยนแปลงจำนวนครั้งของการฝึก ที่ระดับความเร็วและจังหวะที่ต่างกัน ทั้งนี้อาจขึ้นกับเป้าหมายของการฝึกหรือออกกำลังกายนั้นๆ ร่วมด้วย
- 4) การมีช่วงระยะเวลาพักที่เหมาะสม ในกรณีของการออกกำลังกายเพิ่มความทนทาน (Improve endurance) ควรกำหนดช่วงเวลาของการพักที่สั้น ในขณะที่การออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงและกำลังกล้ามเนื้อ (Strength and power) ควรกำหนดช่วงเวลาของการพักที่ยาวขึ้น
- 5) ปริมาณของการฝึกหรือการออกกำลังกาย (Training volume) ซึ่งอาจค่อยๆ พิจารณาปรับเพิ่มขึ้นทีละช่วง เช่น การเพิ่มครั้งละ 2.5–5% ของการออกกำลังกายเริ่มต้น

**การฝึกด้วยรูปแบบที่มีความจำเพาะ (Specificity)** ส่งผลโดยตรงกับผลที่เกิดภายหลังจากการฝึก โดยความจำเพาะในการปรับเปลี่ยนทางสรีรวิทยา (Physiological) ต่อการออกกำลังกายด้วย Resistance training จะพิจารณาจากหลายๆปัจจัย ประกอบไปด้วย 1) การทำงานของกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึก 2) ความเร็วของการเคลื่อนไหว 3) มุมองศาของการเคลื่อนไหว 4) กลุ่มกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกฝน 5) ระบบพลังงานที่ใช้ในการฝึกฝนและ 6) ระดับของความหนักและปริมาณของการฝึกฝน เป็นต้น อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพสูงสุดที่จะได้จากการฝึกด้วยการออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน (Resistance training) ขึ้นกับว่าผู้ฝึกมีวัตถุประสงค์อย่างไร

**การปรับเปลี่ยนโปรแกรมเป็นระยะ (Variation or Periodization)** นำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ส่งเสริมให้การฝึกหรือออกกำลังกายมีความท้าทายและมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้เนื่องจากร่างกายของมนุษย์สามารถปรับตัวได้อย่างรวดเร็วต่อการฝึกด้วย Resistance training ดังนั้นการ

เปลี่ยนแปลงของโปรแกรมการฝึกให้เกิดผลของความก้าวหน้าจากการฝึกจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น การเปลี่ยนแปลงหรือปรับเปลี่ยนอย่างมีระบบของระดับความหนัก (Intensity) และปริมาณของการฝึก (Volume) พบว่าให้ผลของการฝึกที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในแง่ของการให้ Long-term progression นอกจากนี้การศึกษา Meta-analytical พบว่าในการฝึกทักษะเฉพาะทางการกีฬา (Sport specific training) ซึ่งมีการปรับเปลี่ยนโปรแกรมในช่วงของการฝึก Resistance training ร่วมด้วย ส่งผลที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าทั้งในแง่ของการฝึกหรือออกกำลังกายเชิง Recreational รวมไปถึงการฝึกหรือออกกำลังกายเพื่อการฟื้นฟู (Rehabilitative) <sup>(35)</sup>

### 2.5.2) แนวทางการเพิ่มระดับความก้าวหน้าของการออกกำลังกายแบบ Resistance training

อ้างอิงจากคำแนะนำมาตรฐานของการออกกำลังกายโดย ACSM <sup>(2)</sup> พบว่าการออกกำลังกาย ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Improve muscle strength) และเพิ่มขนาดของกล้ามเนื้อ (Muscle hypertrophy) ในกลุ่มของผู้ที่ผู้ในการฝึกระดับ Novice (อ้างอิงถึงผู้ที่ไม่เคยฝึกหรือผู้ละเว้นจากการฝึก Resistance training เป็นเวลาหลายปี) จนถึงระดับ Intermediate (อ้างอิงถึงผู้ที่เคยมีประสบการณ์การฝึก Resistance training อย่างต่อเนื่อง เป็นเวลาประมาณ 6 เดือน) ควรประกอบด้วยองค์ประกอบของการวางแผนโปรแกรมการฝึกดังนี้

- 1) การฝึกควรครอบคลุมการทำงานของกล้ามเนื้อแบบ Concentric, Eccentric และ Isometric contraction
- 2) ระดับความหนักเริ่มต้น (Loads) อยู่ที่ระดับประมาณ 60-70% ของ 1 RM จำนวน 8-12 ครั้ง
- 3) พิจารณาเพิ่มความหนักที่ประมาณ 2-10% ในกรณีที่สามารถออกกำลังกายด้วยความหนักเดิมได้ที่จำนวน 1-2 เซต และมีจำนวนครั้งของการออกกำลังกายแต่ละเซตได้จำนวนครั้งต่อเนื่องเกินมากกว่าจำนวนครั้งเดิม
- 4) จำนวนครั้งของการออกกำลังกาย 1-3 เซต/ท่าทางการออกกำลังกาย
- 5) ความถี่ในการออกกำลังกายควรอยู่ที่ 2-3 ครั้ง/สัปดาห์

- 6) ระยะเวลาการพักระหว่างการออกกำลังกายควรมีอย่างน้อย 2-3 นาที
- 7) การออกกำลังกายควรประกอบด้วย การออกกำลังกายแบบ Free-weight และการใช้เครื่อง (Machine training)
- 8) เริ่มต้นการออกกำลังกายในกลุ่มกล้ามเนื้อมัดใหญ่ก่อนกล้ามเนื้อมัดเล็ก

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา พบว่าการทดสอบด้วยกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบ ฟังก์ชันนอล (Functional test) สามารถบ่งชี้ถึงการประเมินความมั่นคงของข้อเข่าได้ดีกว่าการ ประเมินทางคลินิก (Clinical assessment) หรือการใช้แบบประเมิน (Subjective questionnaire) เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามยังไม่พบหลักฐานที่ชัดเจนว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของ ข้อเข่าหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในผู้ที่ผ่านการผ่าตัดทำ ACLR จะเปลี่ยนแปลงไป อย่างไร หากได้รับการออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกร่วมด้วย

## บทที่ 3

### ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

**ประชากรเป้าหมาย (Target population)** อาสาสมัครเพศชาย ในช่วงอายุระหว่าง 18-35 ปี มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR และสามารถกลับไปเล่นกีฬา (Return to play)

**ประชากรที่ใช้ในการศึกษา (study population)** ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบไม่ใช้ความน่าจะเป็น (Nonprobability sampling) โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) คัดเลือกจากอาสาสมัครเพศชาย ช่วงอายุระหว่าง 18-35 ปี มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR และสามารถกลับไปเล่นกีฬา ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัยทั้งอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม (control) และอาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย (intervention)

**กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา (Sample)** คือ อาสาสมัครเพศชายที่เป็นนักกีฬาวิ่ง, นักกีฬารักบี้ฟุตบอล, นักกีฬาฟุตบอล, นักกีฬาบาสเก็ตบอล, นักกีฬาแบดมินตัน และนักกีฬาฮอกกี้ อายุระหว่าง 18-35 ปี ที่มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR และสามารถกลับไปเล่นกีฬาได้

#### 3.1 การคัดเลือกประชากรที่ใช้ในการศึกษา

##### เกณฑ์การคัดเลือกประชากรเข้าศึกษา (Inclusion criteria)

1. ผู้ป่วยที่มีประวัติการผ่าตัดเปลี่ยนข้อมเอ็นแกนไข้วหน้าข้อเข่าและกลับไปเล่นกีฬา (Return to play) ที่ระยะเวลาอย่างน้อย 1 ปีแต่ไม่เกิน 3 ปี
2. เป็นผู้มีกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกายที่เกี่ยวข้องกับการวิ่ง/ กระโดด เป็นประจำอย่างน้อย 30 นาที/วัน 2-3 ครั้ง/สัปดาห์
3. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บและ/หรือประวัติการผ่าตัดของระยางค์ร่างกายส่วนล่าง (เช่น สะโพก ข้อเท้า) ที่ส่งผลต่อความมั่นคงของข้อเข่า

### เกณฑ์การคัดประชากรออกจากการศึกษา (Exclusion criteria)

1. มีประวัติบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า มากกว่า 3 ปีก่อนเข้ารับการรักษา
2. มีประวัติการบาดเจ็บและ/ หรือผ่าตัดของเข่าทั้งสองข้าง รวมถึงเส้นเอ็นอื่นบริเวณเข่าร่วมกับ ACL
3. มีประวัติหรือแสดงอาการของภาวะปวดเข่า รวมไปถึงภาวะข้อเข่าเสื่อม
4. ไม่สามารถงอและเหยียดข้อเข่าข้างที่ผ่าตัดได้เต็มช่วงองศาการเคลื่อนไหว
5. ผลการทดสอบด้วย Pivot shift เป็นบวก (Positive)

### 3.2 การคำนวณขนาดตัวอย่าง

กลุ่มประชากรตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาได้มาจากการคำนวณหากกลุ่มประชากรโดยอ้างอิงจากการศึกษาที่ผ่านมาของ Kevin M. และคณะในปี 2016 (31) ซึ่งได้ศึกษาเพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างค่า ระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS) กับโอกาสเสี่ยงของการเกิดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า โดยติดตามผลในอาสาสมัครที่เป็นนักกีฬาระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 276 คน ผ่านการทดสอบด้วยการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว (Single-leg jump landing) โดยพบว่าในจำนวนของอาสาสมัครที่มีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า จำนวน 9 คน มีค่าของระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคงที่นานกว่าอาสาสมัครที่ไม่มีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า โดยระยะเวลาของการเกิดความมั่นคงภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียวในกลุ่มที่ไม่มีการบาดเจ็บมีค่าเฉลี่ย (Mean  $\pm$  SD) เท่ากับ  $1.09 \pm 0.52$  วินาที ในขณะที่ระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคงภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียวในกลุ่มมีการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หน้าข้อเข่ามีค่าเฉลี่ย (Mean  $\pm$  SD) เท่ากับ  $1.58 \pm 0.39$  วินาที ซึ่งนำไปคำนวณเพื่อหาขนาดของกลุ่มประชากรตัวอย่าง โดยใช้สูตรคำนวณ ดังนี้



$$N/\text{group} = \frac{2(Z_{\alpha/2} + Z_{\beta})^2 \sigma^2}{(\text{MCD})^2}$$

$$\sigma^2 = \frac{(n_1-1) S_1^2 + (n_2-1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

กำหนด

$$\alpha = 0.05$$

$$Z_{\alpha/2} = Z_{0.05/2} = 1.96$$

$$\beta = 0.10$$

$$Z_{\beta} = 0.84$$

$$\text{MCD (Minimal clinical difference)} = 0.49$$

$$\sigma^2 = \frac{(9-1)(0.39)^2 + (267-1)(0.52)^2}{(9+267) - 2}$$

$$= 73.1432/274 = 0.2669$$

$$N/\text{group} = \frac{2(1.96 + 0.84)^2 \times (0.2669)}{(0.49)^2}$$

$$= 17.43 \sim 18 \text{ คน}$$

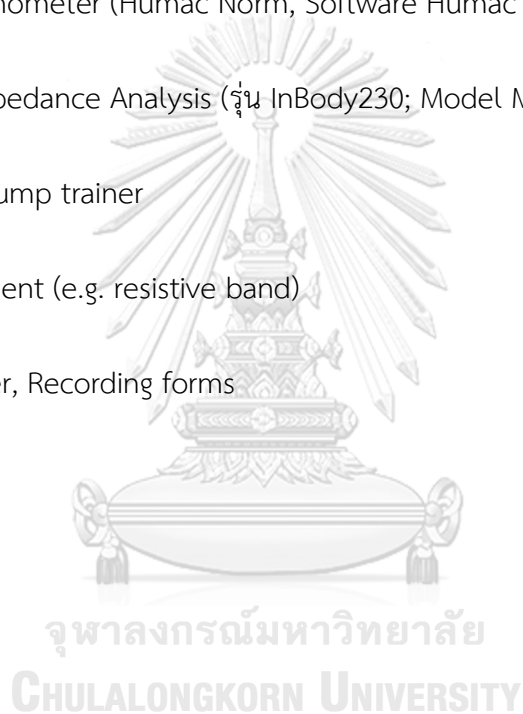
### กรณีกลุ่มตัวอย่างถอนตัวออกจากการวิจัย

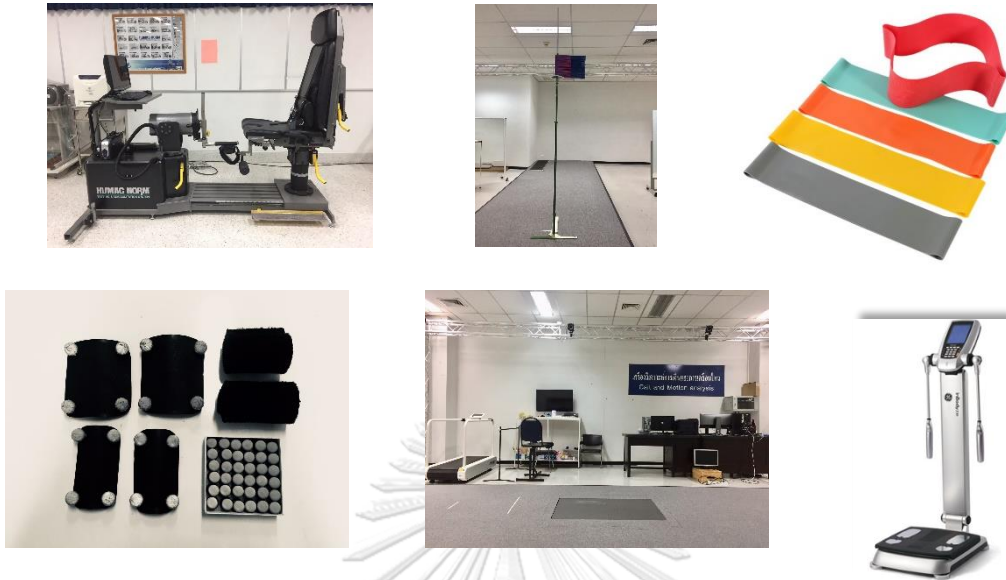
คำนวณขนาดตัวอย่างเพิ่มไว้ที่ประมาณ 20% ในกรณีที่มีโอกาสการถอนตัวของประชากร

$$N/\text{group} = 18 \text{ คน} \quad \text{คิดเพิ่มที่ 20\%} \quad N = 18 \times 1.2 = 21.6 \quad \sim 22 \text{ คน/กลุ่ม}$$

### 3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

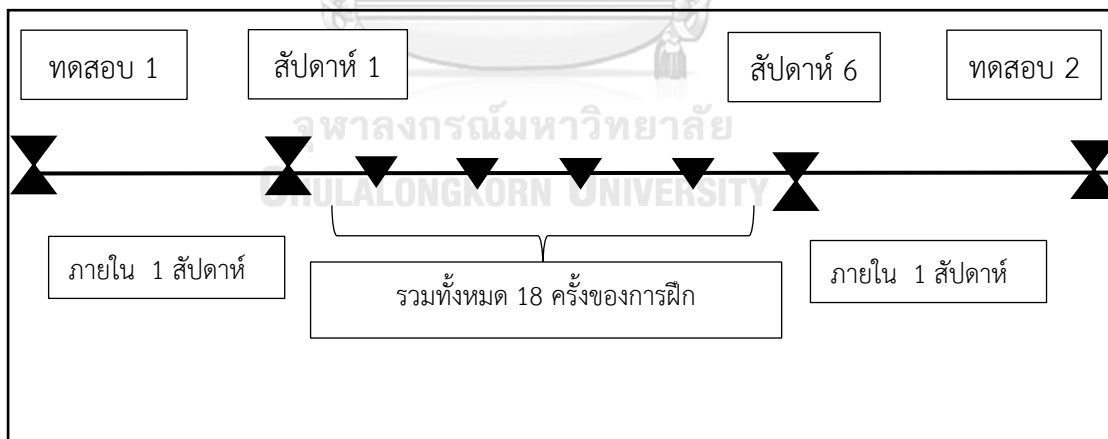
1. อุปกรณ์วิเคราะห์การเคลื่อนไหวและกล้องจำนวน 6 ตัว (Qualysis Camera Oqus 500 รุ่น 5-series; Capture frequency 100 Hz; software qualisys motion capture system version 2.7)
2. Force platform (Bertec รุ่น FP4060-07-1000, Sampling rate 1,000 Hz)
3. Isokinetic dynamometer (Humac Norm, Software Humac 2009, USA)
4. Bioelectrical Impedance Analysis (รุ่น InBody230; Model MW160, Korea)
5. Vertec vertical jump trainer
6. Exercise equipment (e.g. resistive band)
7. Others e.g. Timer, Recording forms





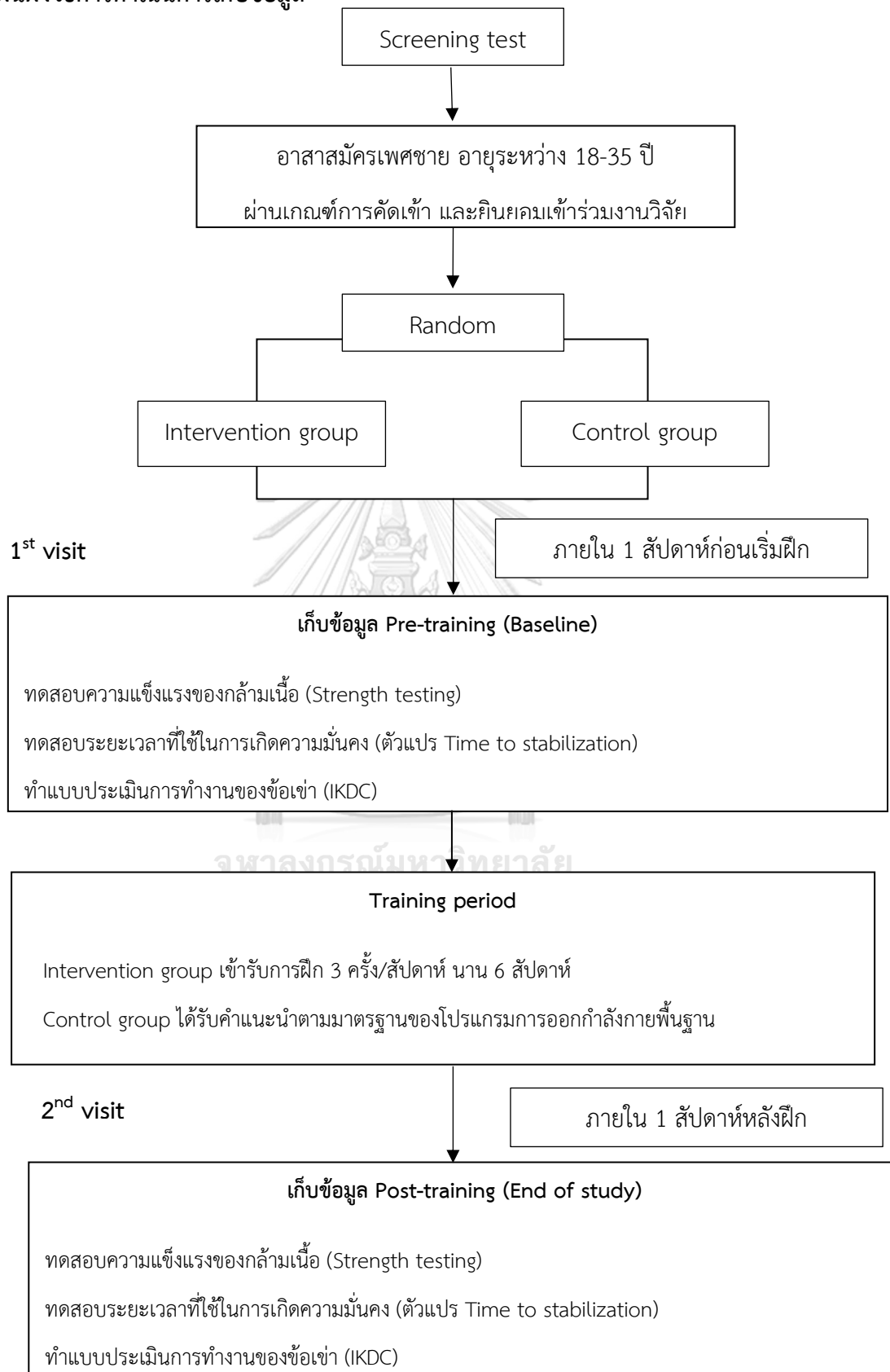
ภาพที่ 3.1 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

#### 3.4 กรอบระยะเวลาของการทำวิจัย



ภาพที่ 3.2 แสดงกรอบระยะเวลาระหว่างการเก็บข้อมูล

### แผนผังวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 3.3 แสดงแผนผังวิธีการดำเนินการเก็บข้อมูล

### 3.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

#### 3.5.1 กระบวนการเตรียมความพร้อมก่อนการเก็บบันทึกข้อมูล

##### (1) การคัดกรองอาสาสมัครเพื่อเข้าร่วมการวิจัย (Screening test)

1. ผู้วิจัยจะให้อาสาสมัครกรอกแบบประเมินการคัดกรอง โดยเป็นการตอบแบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ตอน จำนวน 2 หน้า ตามเกณฑ์การคัดเลือกอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย
2. ให้อาสาสมัครทำแบบประเมินการทำงานของข้อเข่า (IKDC)
3. อาสาสมัครได้รับการแบ่งกลุ่มและนัดหมายมาเข้ารับการทดสอบการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว และทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์หลังจากการคัดกรองครั้งแรก

##### (2) การทดสอบเพื่อคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการเกิด Stabilization

1. ให้อาสาสมัครสวมเสื้อผ้าและรองเท้าสำหรับออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา โดยควรเป็นชุดที่สวมใส่สบาย ไม่รัดรูป
2. ติด Reflective markers เพื่อระบุตำแหน่งการเคลื่อนที่ของร่างกายในขณะทำการทดสอบ โดยมีตำแหน่งการติด ดังต่อไปนี้ ASIS, PSIS, Thigh, Shank, Head of 1<sup>st</sup> metatarsal bone, Head of 5<sup>th</sup> metatarsal bone, Base of 5<sup>th</sup> metatarsal bone, Calcaneus bone ของขาทั้งสองข้าง
3. ให้อาสาสมัครทดลองกระโดดลงบนแผ่น Force platform จำนวน 2-3 ครั้ง เพื่อสร้างความคุ้นเคยก่อนการทดสอบ



ภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการติด Reflective markers

### (3) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่อง Isokinetic dynamometer

1. ให้อาสาสมัครสวมเสื้อผ้าและรองเท้าสำหรับออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา โดยควรเป็นชุดที่สวมใส่สบาย ไม่รัดรูป
2. ผู้ทำการทดสอบ จัดตำแหน่งร่างกายและท่าทางของอาสาสมัครให้สอดคล้องกับการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่จะทำการทดสอบ รวมทั้งอธิบายขั้นตอนการทดสอบให้อาสาสมัครอย่างชัดเจน

### 3.5.2 กระบวนการเก็บบันทึกข้อมูล

#### (1) การทดสอบเพื่อคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคง (Time to Stabilization)

##### ขั้นตอนการหาดำแหน่ง Hitting target

- (1) ทดสอบเพื่อหาค่า Standing-reach heights
  - ให้อาสาสมัครยืนบนขาทั้ง 2 ข้าง ที่ตำแหน่งใต้ต่อ Vertec vertical jump trainer
  - ให้อาสาสมัครเอื้อมมือแตะแผ่น Vertec ให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยส้นเท้าทั้ง 2 ข้างไม่ยกจากพื้น
- (2) ทดสอบเพื่อหาค่า Maximal vertical jump
  - ให้อาสาสมัครกระโดดแตะแผ่น Vertec ให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้
  - กระโดดลงพื้นด้วยขาทั้ง 2 ข้าง
  - ทดสอบโดยการกระโดดทั้งหมด 3 ครั้งและบันทึกค่าที่ดีที่สุด

หมายเหตุ: ตำแหน่งของ Hitting target กำหนดไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างค่าของ Standing-reach heights และค่าของ Maximal vertical jump



ภาพที่ 3.5 แสดงการทดสอบหาค่า Maximal vertical jump

(ที่มา: <https://www.topendsports.com/testing/tests/vertical-jump-runup.htm>)

### ขั้นตอนการทดสอบ Jump-Landing task

1. อาสาสมัครยืนที่ตำแหน่ง 70 เซนติเมตร ห่างจากจุดกึ่งกลางของ Force platform
2. อาสาสมัครจะได้รับคำสั่งให้ออกแรงกระโดดไปข้างหน้าด้วยขาทั้ง 2 ข้าง
3. ในช่วงของการกระโดด อาสาสมัครต้องใช้ปลายนิ้วของมือข้างที่ถนัดแตะที่ตำแหน่ง Hitting target ก่อนการลงน้ำหนัก (Landing) บน Force platform
4. กระโดดลงบน Force platform ด้วยขาข้างที่จะทดสอบ
5. เมื่อขาข้างที่ทดสอบแตะพื้น ให้อาสาสมัครยืนบนขาข้างที่ทดสอบให้หนึ่งที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยมีวงไว้ที่ตำแหน่งสะโพกทั้ง 2 ข้าง เป็นระยะเวลา 10 วินาที
6. ทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง โดยมีระยะพักระหว่างการทดสอบแต่ละครั้งนาน 1 นาที

### เกณฑ์ในการพิจารณาการทดสอบซ้ำ

1. กรณีที่อาสาสมัครกระโดดลงบน Force platform แต่มีจังหวะก้าวเพื่อการทรงท่ามากกว่า 1 จังหวะ
  2. กรณีที่อาสาสมัครไม่สามารถกระโดดเพื่อแตะถึงตำแหน่งของ hitting target
  3. กรณีที่อาสาสมัครกระโดดลงบน Force platform ด้วยขาทั้ง 2 ข้าง
- หมายเหตุ: กรณีที่จำเป็นต้องทำการทดสอบซ้ำ อาสาสมัครจะมีระยะเวลาพัก 5 นาที ก่อนทดสอบซ้ำ

### ขั้นตอนการคำนวณระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคง (Stabilization)

1. กำหนดค่าเริ่มต้นของแรง GRFs ในขณะยืนนิ่ง จากการคำนวณหาค่าแรงลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเคลื่อนไหวทั้ง 3 ระนาบ เพื่อใช้เป็นค่าเริ่มต้น (Baseline) ของการทรงท่าทางของอาสาสมัครแต่ละคน โดยการให้อาสาสมัครยืนทรงท่าทางนิ่งๆ บนขาข้างที่ต้องการทดสอบ เป็นระยะเวลา 10 วินาที และคำนวณหาค่าของแรงลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบการกระโดดในแต่ละครั้ง (ดังสูตรที่ 1)
2. กำหนดตำแหน่งที่มีค่าแรงกระทำ GRFs เริ่มต้น (Impact) ที่ค่ามากกว่า 10 นิวตัน เป็นตำแหน่งแรก ที่นำมาคำนวณหาค่าระยะเวลาที่เกิดความมั่นคง (TTS) (ภาพที่ 3.6)
3. กำหนดตำแหน่งค่า Maximum GRF ที่เกิดขึ้นสูงสุดหลังจากกระโดดลงบนแผ่นวัดแรง (ภาพที่ 3.6)

4. กำหนดค่าแรงกระทำ GRFs มีค่ากลับเข้าสู่ค่าแรง GRFs ในขณะยืนนิ่ง เป็นตำแหน่งที่พิจารณาว่าเริ่มเกิดความมั่นคง (ภาพที่ 3.6)
5. คำนวณค่าแต่ละค่าที่ได้กำหนดจากข้อ (2), (3) และ (4) ดังสูตรที่ 2
6. นำค่าที่ได้จากการคำนวณในข้อที่ (5) ไปคำนวณด้วยสูตรที่ 3 เพื่อนำเสนอออกมาเป็นค่าของ TTS ที่ได้จากการทดสอบกระโดดในแต่ละครั้ง
7. หาค่าเฉลี่ยของ TTS จากการทดสอบ Jump-Landing ทั้งหมด 5 ครั้ง

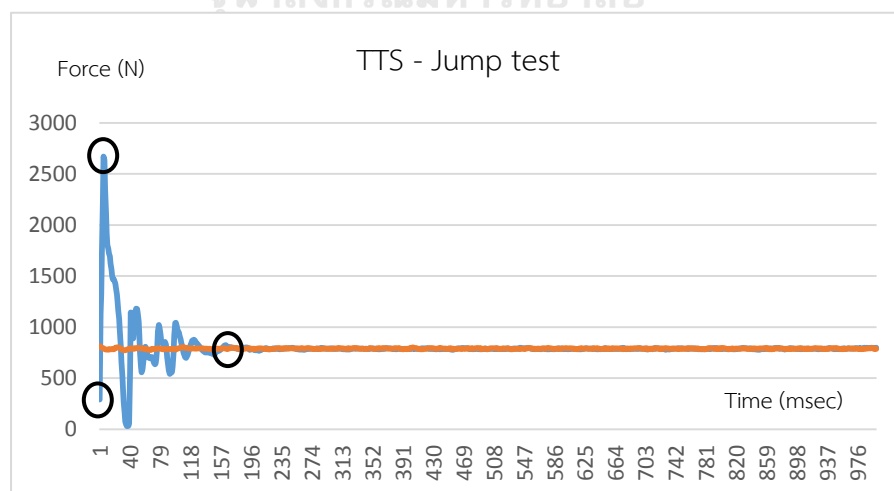
### สูตรที่ใช้ในการคำนวณค่าตัวแปร TTS

$$\text{Resultant vector (RV)} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad \text{----- สูตรที่ 1}$$

$$\text{RVDifferent} = \{(\text{Maximum GRFs}) - (1^{\text{st}} \text{Impact}) - (\text{baseline GRFs})\} \quad \text{----- สูตรที่ 2}$$

$$\text{Time to Stabilization (TTS)} = \text{RVDifferent} / 1000 \quad \text{----- สูตรที่ 3}$$

\* หมายเหตุ: *RVDifferent* กำหนดให้เป็นค่าความแตกต่างของแรง GRFs โดยคำนวณมาจากผลต่างของค่า *Maximum GRFs*, ตำแหน่ง *1<sup>st</sup> Impact* ที่มีแรงกระทำมากกว่า 10 นิวตัน และตำแหน่งที่ค่าของแรง GRFs เริ่มกลับเข้าสู่ค่าเริ่มต้นที่วัดขณะยืนนิ่ง



ภาพที่ 3.6 แสดงตำแหน่งของแรง GRFs ที่นำมาใช้เพื่อคำนวณหาค่าความแตกต่างของแรงลัพธ์  
ที่นำไปใช้คำนวณค่าตัวแปรระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง



## (2) การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Strength testing)

ทดสอบในกลุ่มกล้ามเนื้อ ดังต่อไปนี้ กล้ามเนื้อกางสะโพก (Hip abductors), กล้ามเนื้อหุบสะโพก (Hip adductors), กล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Knee extensors) และกล้ามเนื้องอเข่า (Knee flexors) ของขาทั้ง 2 ข้าง กำหนดค่าความเร็วเชิงมุมของการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบ Concentric contraction เท่ากับ  $60^{\circ}/s$  ทำการทดสอบกลุ่มกล้ามเนื้อละ 2 เซต ระยะเวลาพักระหว่างเซตเท่ากับ 2 นาที โดยให้อาสาสมัครทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching) 5 นาที จากนั้นทดลองออกแรงเพื่อสร้างความคุ้นเคยทั้งหมด 3 ครั้ง โดยมีระยะเวลาพักเป็นระยะเวลา 15 วินาที ก่อนเริ่มต้นการทดสอบจริงทั้งหมด 5 ครั้ง และมีระยะเวลาพักระหว่างการทดสอบแต่ละกลุ่มกล้ามเนื้อ 5 นาที



ภาพที่ 3.7 แสดงเครื่องมือทดสอบไอโซโคเนติก

### จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มกางสะโพก (Hip abductors)

1. จัดตำแหน่งและท่าทางของการทดสอบ (ดังภาพที่ 3.8)
2. อาสาสมัครจะได้รับคำสั่งให้ออกแรงกางและหุบขาเต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว โดยจะได้รับคำสั่งกระตุ้นจากผู้ทดสอบว่า “กางอีก กางอีก กางอีก” ตลอดการทดสอบจนครบทั้ง 5 ครั้ง

#### การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มหุบสะโพก (Hip adductors)

1. จัดตำแหน่งและท่าทางของการทดสอบ (ดังภาพที่ 3.8)
2. อาสาสมัครจะได้รับคำสั่งให้ออกแรงกางและหุบขาเต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว โดยจะได้รับคำสั่งกระตุ้นจากผู้ทดสอบว่า “หุบอีก หุบอีก หุบอีก” ตลอดการทดสอบจนครบทั้ง 5 ครั้ง



ภาพที่ 3.8 แสดงท่าทางการทดสอบความแข็งแรง  
ของกล้ามเนื้อกลุ่มกางและหุบสะโพก

### การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดเข่า (Knee extensors)

- (1) จัดตำแหน่งและท่าทางการทดสอบ (ดังภาพที่ 3.9)
- (2) อาสาสมัครจะได้รับคำสั่งให้ออกแรงเหยียดและงอเข่าเต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว โดยจะได้รับคำสั่งกระตุ้นจากผู้ทดสอบว่า “เหยียดอีก เหยียดอีก เหยียดอีก” ตลอดการทดสอบจนครบทั้ง 5 ครั้ง

### การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มงอเข่า (Knee flexors)

- (1) จัดตำแหน่งและท่าทางการทดสอบ (ดังภาพที่ 3.9)
- (2) อาสาสมัครจะได้รับคำสั่งให้ออกแรงเหยียดและงอเข่าเต็มที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว โดยจะได้รับคำสั่งกระตุ้นจากผู้ทดสอบว่า “งออีก งออีก งออีก” ตลอดการทดสอบจนครบทั้ง 5 ครั้ง



ภาพที่ 3.9 แสดงท่าทางการทดสอบความ  
แข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดและงอเข่า

### 3.6 รายละเอียดโปรแกรมการออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพก (Hip-focused exercises)

- ระยะเวลาของโปรแกรมการฝึก 6 สัปดาห์
- ความถี่ 3 ครั้ง/สัปดาห์
- ระดับความหนัก 10-12 ครั้ง/เซต
- จำนวน 3 เซต/ท่า ระยะเวลาพักระหว่างเซต 2 นาที
- Stretching ร่วมกับ Warm-up/ Cool-down ก่อนและหลังการออกกำลังกาย (5 นาที)

ตารางที่ 3.1 แสดงกำหนดการของโปรแกรมการออกกำลังกาย

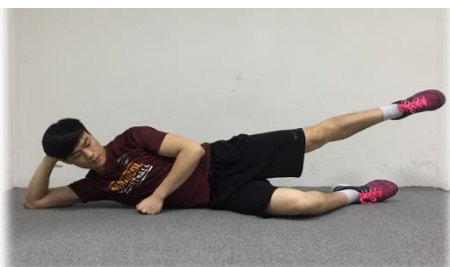
| Week | Exercise program   |
|------|--|
| 1    | Clamshell exercise/ Side-lying abduction exercise                                |
| 2    | Clamshell exercise/ Side-lying abduction exercise                                |
| 3    | Clamshell exercise/ Side-lying abduction exercise/ Single-limb squat             |
| 4    | Single-limb squat/ Front plank with hip extension                                |
| 5    | Single-limb squat/ Front plank with hip extension/ Side plank with hip abduction |
| 6    | Single-limb squat/ Front plank with hip extension/ Side plank with hip abduction |

#### (1) Clamshell exercise



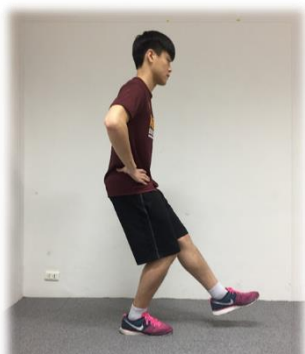
อาสาสมัครนอนตะแคง งอสะโพกประมาณ 45 องศา ร่วมกับงอเข่าทั้ง 2 ข้าง วางเท้าชิดติดกัน จากนั้นให้อาสาสมัครออกแรงบิดหมุนสะโพกออกทางด้านนอก (Externally rotate) โดยควบคุมให้เข่าแยกออกจากกัน ในขณะที่เท้ายังคงชิดติดกัน (ดังรูป)

#### (2) Side-lying abduction exercise



อาสาสมัครนอนตะแคง โดยให้ขาข้างที่จะออกกำลังกายอยู่ด้านบน จากนั้นกางขาออกประมาณ 30 องศา เขยียดเข่าให้สุด ร่วมกับเขยียดสะโพกไปทางด้านหลังเล็กน้อย ขาอีกข้างงอสะโพกและเข่า (ดังรูป)

### (3) Single-limb squat exercise



อาสาสมัครยืนบนขาข้างที่จะออกกำลังกาย ขาอีกข้างเหยียดตรงไปทางด้านหน้า จากนั้นให้ย่อขาลงช้าๆ โดยควบคุมให้หลังอยู่ในแนวขนานกับพื้น ไม่ก้มหรือแอ่นหลัง และกลับสู่ท่าเริ่มต้น (ดังรูป)

### (4) Front plank with hip extension exercise



อาสาสมัครนอนคว่ำในท่า Plank on elbow ควบคุมให้ลำตัว หลัง สะโพกและเข่า ขนานกับพื้น (รูปซ้าย) จากนั้นให้อาสาสมัครออกแรงเหยียดสะโพกขึ้น โดยควบคุมให้ส้นเท้าชี้ขึ้นไปทางเพดาน (รูปขวา) และกลับสู่ท่าเริ่มต้น

### (5) Side plank with hip abduction exercise



อาสาสมัครนอนตะแคง ในท่า Side-plank on elbow ขาข้างที่ออกกำลังกายอยู่ทางด้านบนควบคุมแนวของข้อไหล่ ลำตัว สะโพก เข่าและข้อเท้า ให้อยู่ในแนวเดียวกัน ออกแรงยกสะโพกขึ้นพ้นจากพื้น (รูปซ้าย) จากนั้นให้อาสาสมัครออกแรงกางขาข้างที่ออกกำลังกายขึ้น (รูปขวา)

ภาพที่ 3.10 แสดงท่าทางที่ใช้ในโปรแกรมการฝึก Hip-focused exercises

### แนวทางการให้คำแนะนำการออกกำลังกายพื้นฐาน สำหรับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม

การให้คำแนะนำการออกกำลังกายสำหรับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม จะครอบคลุมการออกกำลังกายทั้งในด้าน Flexibility, Muscular Fitness และ Cardiorespiratory function ซึ่งประกอบด้วยการออกกำลังกายดังต่อไปนี้

- (1) **ด้าน Flexibility:** ประกอบด้วยลักษณะของการทำ Stretching exercise โดยให้อาสาสมัครยืดกล้ามเนื้อในแต่ละท่าค้างไว้ 15-20 วินาที ทำท่าละ 3-5 ครั้ง
- (2) **ด้าน Muscular fitness:** ประกอบด้วยลักษณะของการทำ Resistance/ Weight training โดยให้อาสาสมัครออกกำลังกายในแต่ละท่าค้างไว้ 10-12 ครั้ง
- (3) **ด้าน Cardio-respiratory function:** ประกอบด้วยการออกกำลังกายต่อเนื่องแบบแอโรบิก โดยให้อาสาสมัครออกกำลังกายอย่างน้อย 30 นาทีต่อวัน

### 3.7 รายละเอียดสำหรับการเตรียมตัวของอาสาสมัครในการเข้าร่วมงานวิจัย

1. อาสาสมัครควรสวมใส่เสื้อผ้าสำหรับการออกกำลังกาย และสวมรองเท้ากีฬาที่ใช้ในการเล่นกีฬาเป็นประจำทั้งในขณะที่รับการทดสอบก่อน/หลัง และตลอดระยะเวลาช่วงการเข้าร่วมการฝึก
2. งดการออกกำลังกายอย่างหนักก่อนการทดสอบอย่างน้อย 1 วัน
3. งดอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบและก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกทุกครั้ง
4. ผู้วิจัยขอความร่วมมือให้อาสาสมัครงดการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายอื่นที่อาจมีผลกระทบต่อข้อมูลของการศึกษาวิจัย ตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัย (เช่น การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านของระยางค์ร่างกายส่วนล่าง, Balance training, Body building เป็นต้น)

### 3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) และการนำเสนอข้อมูล

1. แสดงผลของตัวแปรลักษณะกลุ่มตัวอย่าง น้ำหนัก, ส่วนสูง, ค่าดัชนีมวลกาย (BMI), ขาข้างที่ผ่าตัด, ระยะเวลาเฉลี่ยของการผ่าตัด ด้วยค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2. แสดงผลของค่าตัวแปรระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS), ค่าของคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC และค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เป็นค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลง (Percent change) ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{Percent change} = \left\{ \frac{|\text{Mean (Posttest)} - \text{Mean (Pretest)}|}{\text{Mean (Pretest)}} \right\} \times 100$$

### 3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (Statistical Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 22 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับ น้ำหนัก, ส่วนสูง, BMI, ขาข้างที่ผ่าตัด, ระยะเวลาเฉลี่ยของการผ่าตัด วิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistic)

2. ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง (TTS), คะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC แสดงค่าเปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยสถิติ Student t-test แต่ในกรณีที่มีการกระจายของข้อมูลไม่ปกติจะใช้สถิติ Mann Whitney U-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

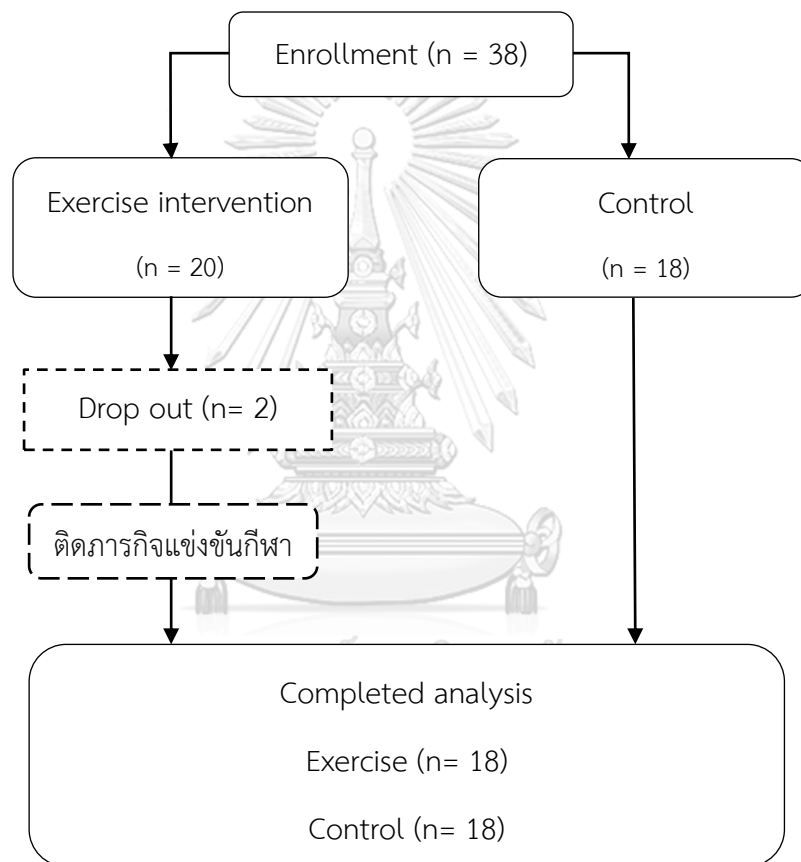
3. ค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ แสดงค่าเปรียบเทียบขณะทดสอบก่อนและหลัง ด้วยสถิติ Repeated measure ANOVA และกรณีที่มีค่าความแตกต่างเกิดขึ้น วิเคราะห์ด้วยสถิติ Post-hoc โดยกำหนดค่าของระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 4.1 ลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร

การศึกษานี้มีจำนวนอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัยทั้งหมด 38 คน แบ่งอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม คือ อาสาสมัครกลุ่มควบคุม จำนวน 18 คน และอาสาสมัครกลุ่มออกกำลังกาย จำนวน 18 คน ซึ่งในกลุ่มออกกำลังกายมีจำนวนของอาสาสมัครที่หายไประหว่างการทำวิจัย (Drop out) ทั้งหมด 2 คน เนื่องจากอาสาสมัครติดภารกิจในการเดินทางไปแข่งขันกีฬา ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แสดงจำนวนอาสาสมัครที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษาวิจัย

อาสาสมัครที่เข้าร่วมวิจัยทั้งหมดเป็นนักกีฬาวิ่ง, นักกีฬารักบี้ฟุตบอล, นักกีฬาฟุตบอล, นักกีฬาบาสเก็ตบอล, นักกีฬาแบดมินตัน และนักกีฬาฮอกกี้ ซึ่งสามารถแบ่งสัดส่วนจำนวนของอาสาสมัครแต่ละกลุ่มตามประเภทของกีฬา ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงประเภทของกีฬาของอาสาสมัครแต่ละกลุ่ม

| กีฬา \ กลุ่ม | ควบคุม (18 คน) | ออกกำลังกาย (18คน) |
|--------------|----------------|--------------------|
| นักกีฬาวิ่ง  | 9              | 6                  |
| รักบี้ฟุตบอล | 4              | 5                  |
| ฟุตบอล       | 4              | 3                  |
| บาสเก็ตบอล   | 1              | 1                  |
| แบดมินตัน    | -              | 2                  |
| ฮอกกี        | -              | 1                  |

จากจำนวนอาสาสมัครทั้งหมด มีอาสาสมัครที่ได้รับการผ่าตัดในขาข้างที่ถนัด จำนวน 14 คน และจำนวนอาสาสมัครที่ได้รับการผ่าตัดในขาข้างที่ไม่ถนัดอีกจำนวน 22 คน ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 2:3 โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูล ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของตัวแปรคุณลักษณะทั่วไประหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม ( $p > 0.05$ ) ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean  $\pm$  S.D.)

ของคุณลักษณะทั่วไปของอาสาสมัคร

| ตัวแปร                            | กลุ่มควบคุม<br>(n= 18) | กลุ่มออกกำลังกาย<br>(n= 18) | P-value |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|---------|
| อายุ (ปี)                         | 23.94 $\pm$ 4.26       | 23.33 $\pm$ 4.16            | 0.67    |
| น้ำหนัก (กิโลกรัม)                | 76.81 $\pm$ 7.04       | 78.04 $\pm$ 11.04           | 0.69    |
| ส่วนสูง (เมตร)                    | 1.74 $\pm$ 0.04        | 1.74 $\pm$ 0.05             | 0.84    |
| BMI (กิโลกรัม/เมตร <sup>2</sup> ) | 25.29 $\pm$ 2.60       | 25.80 $\pm$ 4.03            | 0.66    |
| ระยะเวลาตั้งแต่ผ่าตัด (ปี)        | 1.72 $\pm$ 0.67        | 1.83 $\pm$ 0.79             | 0.65    |



#### 4.2 ผลของการออกกำลังกายต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา

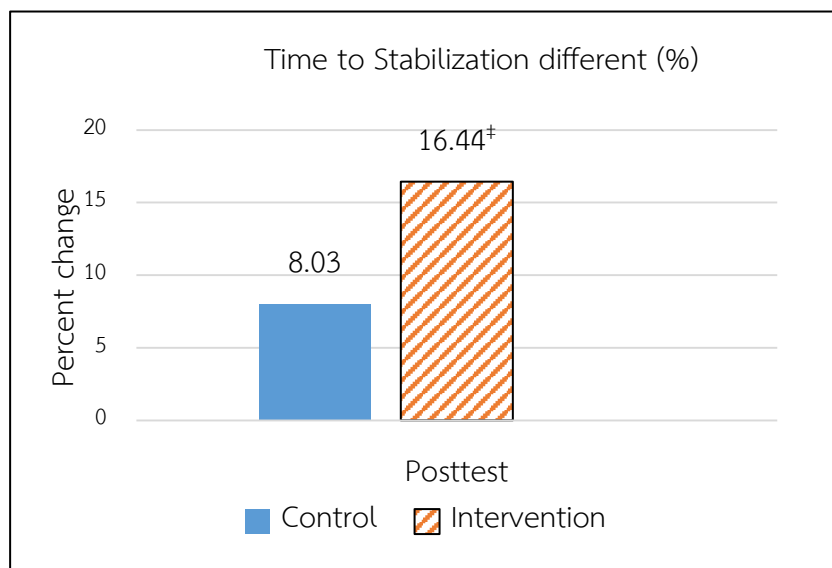
ภายหลังจากการออกกำลังกายกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพกติดต่อกันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า อาสาสมัครในกลุ่มออกกำลังกาย ใช้ระยะเวลาในการเกิดความมั่นคงของขาน้อยกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ค่า  $p\text{-value} = 0.01$  เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นค่าของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา พบว่าในอาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย มีค่าของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา คิดเป็น  $16.44 \pm 14.09\%$  ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา  
ระหว่างอาสาสมัคร 2 กลุ่ม (Mean $\pm$ SD)

| ระยะเวลาที่ใช้<br>ในการเกิดความมั่นคง<br>(วินาที) | กลุ่มควบคุม     | กลุ่มออก<br>กำลังกาย | p-value           |
|---|-----------------|----------------------|-------------------|
| ก่อน (สัปดาห์ที่ 1)                               | 1.65 $\pm$ 0.45 | 1.33 $\pm$ 0.46      | 0.04*             |
| หลัง (สัปดาห์ที่ 6)                               | 1.67 $\pm$ 0.50 | 1.22 $\pm$ 0.49      | 0.006*            |
| % change of TTS                                   | 8.03 $\pm$ 7.33 | 16.44 $\pm$ 14.09    | 0.03 <sup>‡</sup> |

\* แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา  
เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ( $p < 0.01$ )

‡ แสดงความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของ  
ขา เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ( $p < 0.05$ )



ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม

#### 4.3 ผลของการออกกำลังกายต่อการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน

##### The International Knee Documentation Committee (IKDC)

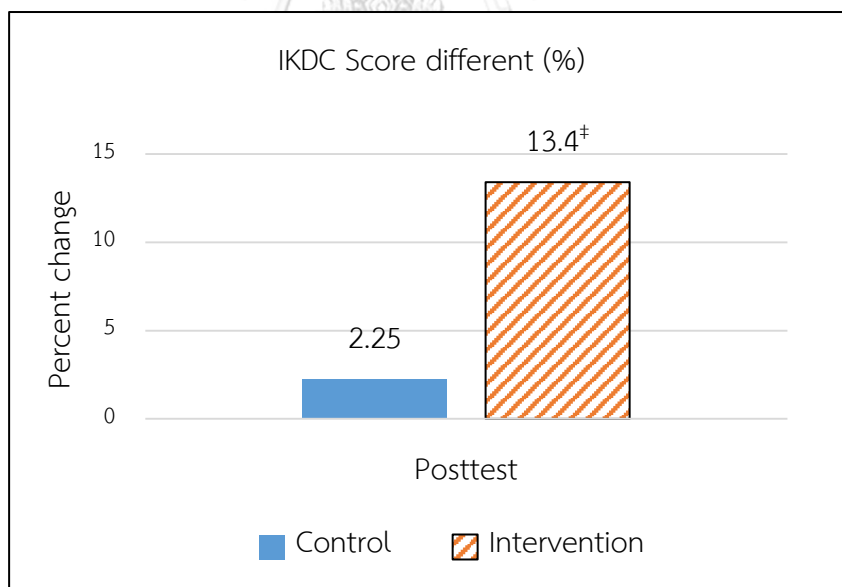
ภายหลังจากการออกกำลังกายกล้ามเนื้อข้อเข่าต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า อาสาสมัครในกลุ่มออกกำลังกายมีค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.01$ ) เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นค่าของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่า พบว่าในอาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย มีค่าของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่า คิดเป็น  $13.40 \pm 24.02$  % ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC ระหว่างอาสาสมัคร 2 กลุ่ม (Mean±SD)

| คะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่า (คะแนน) | กลุ่มควบคุม | กลุ่มออกกำลังกาย | p-value           |
|---|-------------|------------------|-------------------|
| ก่อน (สัปดาห์ที่ 1)                       | 78.48±11.65 | 82.52±13.40      | 0.342             |
| หลัง (สัปดาห์ที่ 6)                       | 77±14.14    | 88.54±8.69       | 0.006*            |
| % change of IKDC score                    | 2.25±2.04   | 13.40±24.02      | 0.05 <sup>‡</sup> |

\* แสดงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ( $p < 0.01$ )

‡ แสดงความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ( $p = 0.05$ )



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่า เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม

#### 4.4 ผลของการออกกำลังกายต่อการทดสอบวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

อาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก มีความแตกต่างของค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ภายหลังจากการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม ดังแสดงในตารางที่ 4.4

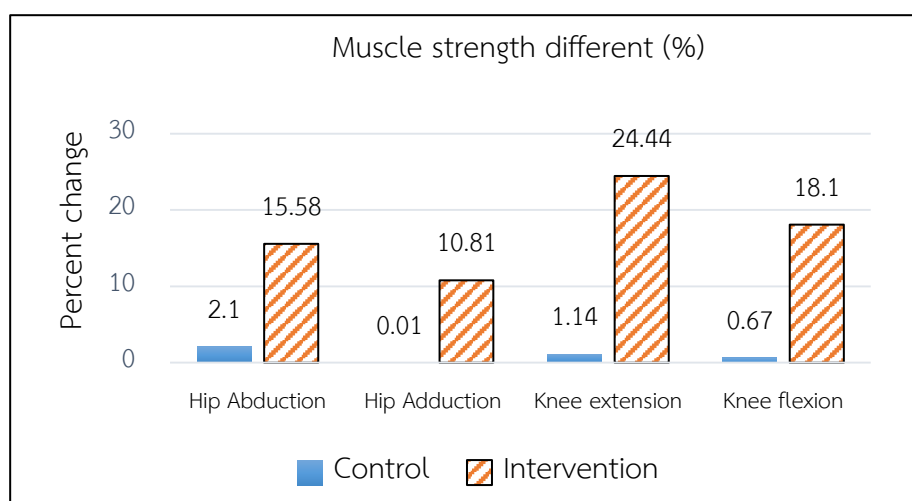
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ  
เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม (Mean±SD)

| ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ<br>(Nm/Kg)           | กลุ่มควบคุม |           | กลุ่มออกกำลังกาย |                         |
|---|-------------|-----------|------------------|-------------------------|
|   | ก่อน        | หลัง      | ก่อน             | หลัง                    |
| กล้ามเนื้อกลุ่มกางสะโพก<br>(Hip Abduction)    | 0.95±0.31   | 0.97±0.33 | 0.77±0.15*       | 0.89±0.31               |
| กล้ามเนื้อกลุ่มหุบสะโพก<br>(Hip Adduction)    | 0.91±0.26   | 0.91±0.22 | 0.74±0.19*       | 0.82±0.18 <sup>‡</sup>  |
| กล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดเข่า<br>(Knee extension) | 1.76±0.37   | 1.78±0.34 | 1.35±0.44*       | 1.68±0.53 <sup>‡</sup>  |
| กล้ามเนื้อกลุ่มงอเข่า<br>(Knee flexion)       | 1.50±0.43   | 1.51±0.34 | 1.05±0.35*       | 1.24±0.33 <sup>*‡</sup> |

<sup>‡</sup> แสดงค่าความแตกต่างของการทดสอบความแข็งแรงกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบภายในกลุ่ม ( $p < 0.05$ )

\* แสดงค่าความแตกต่างของการทดสอบความแข็งแรงกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม ( $p < 0.05$ )

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาเป็นค่าของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่าอาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกาย มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มกางสะโพก (Hip Abduction) เพิ่มขึ้น 15.58 % กล้ามเนื้อกลุ่มหุบสะโพก (Hip Adduction) เพิ่มขึ้น 10.81 % กล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดเข่า (Knee extension) เพิ่มขึ้น 24.44 % และกล้ามเนื้อกลุ่มงอเข่า (Knee flexion) เพิ่มขึ้น 18.1 % เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม ดังแสดงในภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบระหว่างอาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่ม

## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ ผลของการศึกษาพบว่าภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว อาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพก เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ใช้ระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคงของขาลดลง มีค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าด้วยแบบประเมิน IKDC และค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้น

ข้อมูลเหล่านี้อาจมีบทบาทสำคัญในการช่วยอธิบายและเน้นย้ำถึงความสำคัญของการวางแผน โปรแกรมการออกกำลังกาย เพื่อฟื้นฟูสมรรถภาพของผู้ที่มีประวัติการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า เพื่อให้สามารถกลับไปออกกำลังกายและเล่นกีฬาได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

#### อภิปรายผลการศึกษา

##### 5.1 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายต่อระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขา

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าในอาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพก ใช้ระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคงของขาลดลง ภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ซึ่งสาเหตุหลักอาจเป็นผลมาจากการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ ส่งผลให้มีการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กัน จึงเป็นผลให้สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของร่างกายได้ดีขึ้น ถึงแม้ว่าผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะแสดงค่าที่วัดได้ในตอนเริ่มต้นซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ที่อาจมีปัจจัยหลักมาจากการที่อาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม มีความหลากหลายของประเภทกีฬา โดยประกอบด้วยกีฬาวิ่ง กีฬารักบี้ฟุตบอล กีฬาฟุตบอล กีฬาบาสเก็ตบอล กีฬาแบดมินตัน และกีฬาฮอกกี้ ซึ่งแต่ละประเภทกีฬามีทักษะการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้กล้ามเนื้อที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวและกล้ามเนื้อที่ช่วยควบคุมการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ผลการออกกำลังกายเพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพกอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งนอกจากการช่วยส่งเสริมให้เกิดการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ก็ยังส่งผลให้อาสาสมัครรู้สึกมีความมั่นใจในการทำกิจกรรมและทำการทดสอบโดยการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว จึงนำไปสู่ผลที่อาสาสมัครใช้ระยะเวลาในการทำให้เกิดความมั่นคงที่ลดลง ซึ่งจากผลของการศึกษาครั้งนี้ก็ได้แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อ

กลุ่มสะโพกมีค่าของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงที่ลดลง และมีการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงและคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าในสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม

สอดคล้องกับการศึกษาของ J. Craig และคณะ<sup>(33)</sup> เมื่อปี 2014 ที่ได้ศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพก ในช่วงระยะเวลา 3 เดือนแรก ภายหลังจากได้รับการผ่าตัดทำ ACLR และพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกาย มีส่วนช่วยให้อาสาสมัครสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของขาได้ดีขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Christopher Nagelli และคณะ<sup>(36)</sup> เมื่อปี 2018 ก็ได้ศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายในรูปแบบที่ส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทร่วมกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular training) เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ต่อค่าตัวแปรทางชีวกลศาสตร์ของข้อสะโพก ในอาสาสมัครที่มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR โดยมีค่าเฉลี่ยระยะเวลาหลังผ่าตัดเท่ากับ 8 เดือน เปรียบเทียบกับอาสาสมัครที่มีสุขภาพดี พบว่าเมื่อทำการทดสอบโดยการกระโดดลงน้ำหนักบนแผ่นวัดแรง อาสาสมัครในกลุ่มที่มีประวัติผ่าตัดทำ ACLR มีค่ามุมงอสะโพก (Hip flexion angle) ที่เพิ่มมากขึ้น รวมทั้งมีค่าของ Hip external rotation moment และ Hip Abduction moment เพิ่มขึ้น ภายหลังจากการออกกำลังกาย นอกจากนี้ค่าของแรง vGRFs ในขาข้างที่ผ่าตัดก็ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม นั้นหมายความว่า เมื่อร่างกายเข้าสู่ช่วงของการเกิดเท้าสัมผัสพื้น (Landing phase) อาสาสมัครมีการย่อตัวที่ต่ำลง เพื่อให้เกิดมุมของการงอสะโพกเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สามารถดูดซับ (Absorb) แรงกระทำได้ดีขึ้น จึงเป็นผลให้ค่าแรงลัพธ์ที่สะท้อนจากพื้น (vGRF) มีค่าลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Jonathan D. Chappell และคณะ<sup>(37)</sup> เมื่อปี 2008 ที่ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายในรูปแบบที่ส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทร่วมกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Neuromuscular training) ซึ่งประกอบด้วยการออกกำลังกายที่ครอบคลุมถึง การออกกำลังกายเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแกนกลาง (Core strengthening), การออกกำลังกายเพื่อฝึกการทรงท่าทาง (Balance training), การฝึกการกระโดด (Jump training) และการออกกำลังกายแบบไพโอเมตริก (Plyometric exercises) เป็นต้น โดยศึกษาในอาสาสมัครเพศหญิง เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าการออกกำลังกายสามารถเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรทางโคเนติกและโคเนมาติกได้ โดยผลจากการทดสอบด้วยการกระโดดพบว่าอาสาสมัครมีค่าของมุมงอเข่าที่เพิ่มขึ้นในช่วงของการมีส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) ไปจนถึงช่วงที่มีการลงน้ำหนักเต็มเท้า (Stance phase) นอกจากนี้ยังพบว่าอาสาสมัครมีค่าแรงกระทำที่เกิดต่อข้อเข่าลดลงอีกด้วย ซึ่ง Jonathan D. Chappell, และคณะ<sup>(37)</sup> ได้ให้ข้อมูลสนับสนุนสรุปไว้ว่าผลของการออกกำลังกายที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวของการทำงานของระบบประสาทและกล้ามเนื้อ สามารถเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของการเคลื่อนไหว

ที่เป็นทักษะเฉพาะทางการออกกำลังกายและการเล่นกีฬา ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากในการช่วยลดโอกาสเสี่ยงของการเกิดการบาดเจ็บ

แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทางผู้วิจัยไม่ได้วิเคราะห์ข้อมูลทางชีวกลศาสตร์เกี่ยวกับรูปแบบของการเคลื่อนไหว แต่สนใจศึกษาถึงตัวแปรของระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงของขา โดยนำค่าแรง GRF มาคำนวณระยะเวลาดังกล่าว ซึ่งจากผลการศึกษา ก็ได้ให้ข้อมูลว่าอาสาสมัครที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก มีค่าของระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของขาที่ลดลง

นอกจากนี้ปัจจัยในเรื่องของการรับรู้สัญญาณประสาทการรับรู้สึกของข้อต่อ (Joint Proprioception) ก็มีส่วนสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ รวมทั้งอาจเกี่ยวข้องกับการสร้างความมั่นคงให้กับข้อต่อ<sup>(38)</sup> ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเมื่อมีการบาดเจ็บต่อเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า ส่งผลให้เกิดการบกพร่องของการรับรู้สัญญาณประสาทการรับรู้สึกของข้อต่อในขาทั้งสองข้าง<sup>(39-41)</sup> โดยสาเหตุดังกล่าวน่าจะเกิดขึ้นจากการที่ระบบส่งสัญญาณประสาทเกิดความเสียหายจากการได้รับบาดเจ็บ ส่งผลให้ร่างกายจำเป็นต้องมีการปรับตัว ทำให้มีรูปแบบของการเคลื่อนไหวทางชีวกลศาสตร์ที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Bruce และคณะ<sup>(38)</sup> ได้พยายามให้ข้ออธิบายว่า การรับรู้สัญญาณประสาทการรับรู้สึกของข้อต่อ มีการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะเวลา ตั้งแต่ 3 สัปดาห์หลังผ่าตัด และไม่มีแตกต่างจากอาสาสมัครในกลุ่มควบคุมเมื่อทำการทดสอบที่ระยะเวลา 6 เดือนภายหลังการผ่าตัดทำ ACLR ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้น่าจะมีสาเหตุเนื่องมาจากการเกิดการงอกของเส้นประสาทเข้าไปในส่วนของ ACL กราฟต์ ซึ่งเป็นจุดสำคัญที่ช่วยกระตุ้นการทำงานของระบบการรับรู้สัญญาณประสาทการรับรู้สึกของข้อต่อ เมื่อเวลาผ่านไป

ในส่วนของการประเมินการทำงานของข้อเข่า จากการศึกษาของ Fucal Han และคณะ<sup>(42)</sup> เมื่อปี 2015 ให้ข้อมูลสนับสนุนว่าอาสาสมัครหรือผู้ป่วยที่ได้รับการติดตามและฟื้นฟูอย่างใกล้ชิด มีค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าและแนวโน้มของโอกาสที่จะกลับไปเล่นกีฬาหรือออกกำลังกายในระดับใกล้เคียงก่อนการบาดเจ็บ ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม และยังพบว่าปัจจัยดังกล่าวมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ถึงแม้ว่าจากผลของการศึกษาจะแสดงให้เห็นว่าในอาสาสมัครกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก มีค่าของคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นตัวชี้วัดหนึ่ง que แสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายฟื้นฟูอย่างสม่ำเสมอ สามารถจำแนกถึงการรับรู้ความสามารถของการใช้งานของข้อเข่าได้ดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ David และคณะ<sup>(43)</sup> เมื่อปี 2015 ได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมไว้ว่า กรณีที่ผู้ป่วยมีค่าคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าที่เพิ่มขึ้นหรือมีค่าคะแนนอยู่ในเกณฑ์ปกติ ก็ยังไม่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดที่เพียงพอว่าจะประสบความสำเร็จในการ



กลับไปเล่นกีฬา เช่นเดียวกับการศึกษาของ Soo-Jin และคณะ<sup>(44)</sup> เมื่อปี 2015 ที่ได้นำเสนอไว้ว่าไม่พบค่าความสัมพันธ์ที่ชัดเจน ระหว่างค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่วัดออกมาเป็น ค่าแรงสูงสุดที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้กับค่าของคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่า ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องประเมินร่วมกันกับการทดสอบทางคลินิกหรือการทดสอบทางห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถตัดสินใจและวางแผนเพื่อฟื้นฟูผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

## 5.2 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่เป็นผลมาจากการออกกำลังกายต่อค่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ (Muscle peak torque)

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพก ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ส่งผลให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular adaptation) ทำให้มีการทำงานที่ประสานสัมพันธ์กันมากขึ้น ถึงแม้ว่าผลของการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ จะแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อที่วัดในตอนเริ่มต้น ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงค่าสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ที่เปลี่ยนแปลงไปของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เปรียบเทียบที่ก่อนและหลัง ระหว่างอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ผลของการศึกษาก็ยังคงแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้ออกกลุ่มสะโพกมีค่าของความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการได้รับการฝึกหรือออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวของรูปแบบการส่งสัญญาณประสาทการทำงานของกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jae-Kwang Shim และคณะ<sup>(26)</sup> เมื่อปี 2015 ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกาย ด้วยการใช้อุปกรณ์ฝึกการทรงท่าทาง (Balance ball) และประเมินค่าความมั่นคงของเข่า ในอาสาสมัครที่มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR ทั้งเพศชายและหญิง จำนวน 16 คน โดยผลของการศึกษาพบว่าค่าสัญญาณไฟฟ้าการทำงานของกล้ามเนื้อ Vastus medialis oblique, Vastus lateral, Biceps femoris และ Semitendinosus ซึ่งวัดโดยใช้แผ่น Surface EMG มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายหลังจากการออกกำลังกาย ซึ่งส่งผลให้กล้ามเนื้อสามารถหดตัวให้แรงได้สูงสุดและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้การศึกษาของ Hwang-Bo Kak และคณะ<sup>(45)</sup> ในปี 2016 ช่วยสนับสนุนว่าอาสาสมัครที่มีประวัติการผ่าตัดส่องกล้องภายหลังจากการบาดเจ็บของหมอนรองกระดูกข้อเข่า และได้รับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อ Gluteus medius เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออกกลุ่มเหยียดเข่าและกลุ่มงอเข่า เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 40 และร้อยละ 31 จากค่าเริ่มต้นที่วัดได้ก่อนออกกำลังกาย

นอกจากนี้ท่าทางการฝึกที่ใช้ในการออกกำลังกายในการศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกที่เกิดขึ้นทั้ง 3 ระนาบ (Frontal, Sagittal และ Transverse) แต่อย่างไร

ก็ตามกระบวนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไม่ได้ทดสอบค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มเหยียดและงอสะโพก ซึ่งเป็นการเคลื่อนไหวหลักที่เกิดขึ้นในระนาบการเคลื่อนไหว Sagittal plane ของข้อสะโพกร่วมด้วย ซึ่งจากการศึกษาของ Donald A และคณะ<sup>(46)</sup> ได้ศึกษาถึงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อกลุ่มบริเวณสะโพก และให้ข้อสรุปไว้ว่า กล้ามเนื้อกลุ่มกางสะโพกมีลักษณะของการทำงานและเคลื่อนไหวหลักในแนวระนาบ Frontal plane แต่ในขณะที่ร่างกายทำกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้การเคลื่อนไหวที่มีความซับซ้อนมากขึ้น พบว่ากล้ามเนื้อในกลุ่มหุบสะโพกกลับมีบทบาทที่สำคัญ ซึ่งนอกจากกล้ามเนื้อกลุ่มหุบสะโพก จะมีหน้าที่หลักในการควบคุมการเคลื่อนไหวในแนวระนาบ Frontal plane ที่เกิดขึ้นของข้อสะโพกเช่นเดียวกับกล้ามเนื้อในกลุ่มกางสะโพกแล้วนั้น กล้ามเนื้อกลุ่มนี้ยังมีส่วนสำคัญในการช่วยทำให้เกิดการเคลื่อนไหวในลักษณะของการเกิดการงอและเหยียดข้อสะโพกร่วมด้วย โดยเฉพาะในกิจกรรมที่มีลักษณะเป็นแบบ “Powering cyclic activities” เช่น Splinting, bicycling หรือ Squatting เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ากล้ามเนื้อกลุ่มนี้มีการทำงานเกิดขึ้นแทบตลอดช่วงของการเคลื่อนไหว และในกรณีที่ไม่ได้คำนึงถึงตำแหน่งของการวางตัวของกล้ามเนื้อ จากการศึกษาของ Donald A และคณะ ยังได้ให้ข้อมูลเพิ่มเติมไว้อีกว่ากล้ามเนื้อ Adductors Magnus มีความสามารถในการช่วยทำให้เกิดการเหยียดของข้อสะโพก ได้มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังกลุ่ม Hamstrings ดังนั้นจึงอาจจะเป็นอีกหนึ่งสาเหตุหลักที่ทำให้ค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในกลุ่มอาสาสมัครที่ได้รับการออกกำลังกายมีค่าเพิ่มขึ้น

ในส่วนการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อกลุ่มเหยียดและงอเข่าที่เพิ่มขึ้น ภายหลังจากการออกกำลังกาย การศึกษาของ Richard K และคณะ<sup>(47)</sup> สรุปผลการศึกษาไว้ว่า ในการออกกำลังกายด้วยการทำ Single-limb squat เปรียบเทียบที่ระดับความหนัก (Resistance) ต่างกัน 3 ระดับ กล้ามเนื้อกลุ่ม Quadriceps และ Hamstrings ทำงานในลักษณะที่เป็น Co-contraction ระหว่างกัน เพื่อช่วยส่งเสริมให้เกิดความมั่นคงที่เพิ่มขึ้นของข้อเข่า นอกจากนี้ยังพบว่ากล้ามเนื้อกลุ่ม Hamstrings โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Biceps femoris มีค่าสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงขึ้นเมื่อมีระดับความหนักของการออกกำลังกายที่เพิ่มขึ้น ซึ่งการศึกษาก่อนหน้าก็ได้พยายามสรุปไว้ว่า การทำงานของกล้ามเนื้อกลุ่ม Hamstrings ในลักษณะที่เป็น Co-contraction กับกล้ามเนื้อกลุ่ม Quadriceps มีส่วนช่วยลดแรงเฉือน (Shear force) ที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของกระดูกหน้าแข้ง (Tibia) ต่อกระดูกต้นขา (Femur) และยังมีส่วนสำคัญในการช่วยกระจายแรงกด (Pressure) ที่เกิดต่อผิวข้อ (Articular

เมื่อพิจารณาโปรแกรมการออกกำลังกายที่อาสาสมัครได้รับจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ร่วมด้วย พบว่าการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายทั้ง 5 ท่า จำเป็นต้องอาศัยการทำงานของ

กล้ามเนื้อกลุ่มรอบสะโพกและเข้าร่วมกัน แต่อย่างไรก็ตาม สัดส่วนของการทำงานของกล้ามเนื้ออาจแตกต่างกันไปในแต่ละท่าของการออกกำลังกาย<sup>(12)</sup> นอกจากนี้ปัจจัยเรื่องขาข้างที่ถนัดและขาข้างที่ไม่ถนัดก็อาจจะเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่จะต้องพิจารณาร่วมด้วย เนื่องจากความถนัดของขาที่ได้มีการศึกษาที่สนับสนุนว่าส่งผลต่อค่าแรงที่กล้ามเนื้อสามารถทำได้สูงสุด<sup>(49)</sup> ซึ่งจะเห็นได้จากจำนวนของอาสาสมัครที่นำมาศึกษาวิจัย อาสาสมัครมีสัดส่วนของขาข้างที่ถนัดและเป็นขาที่ได้รับการผ่าตัดที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของขาข้างที่ไม่ถนัดและเป็นขาข้างที่ผ่าตัด นอกจากนี้ปัจจัยของประเภทกีฬาที่น่าจะส่งผลสำคัญต่อผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ<sup>(50)</sup> ซึ่งจากผลของข้อมูลการศึกษาครั้งนี้พบว่า อาสาสมัครในกลุ่มที่ได้รับการออกกำลังกายมีสัดส่วนของความหลากหลายของประเภทกีฬาที่มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาสาสมัครในกลุ่มควบคุม และถึงแม้ว่าท่าทางที่ใช้ขณะทำการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบไอโซไคเนติก จะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อค่าแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ Leelatrakarnkul และคณะ<sup>(51)</sup> ได้ให้ข้ออภิปรายเพิ่มเติมไว้ว่าปัจจัยเรื่องของแรงโน้มถ่วงที่มีผลต่อการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อสะโพกในท่ายืนมีสัดส่วนที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับท่าอื่น ๆ

### สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาครั้งนี้ ให้ข้อมูลที่สนับสนุนว่าการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพก ส่งผลให้มีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกและกล้ามเนื้อขาเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังส่งเสริมให้การควบคุมการเคลื่อนไหวของขามีความมั่นคงมากขึ้น ดังนั้นการออกกำลังกายในรูปแบบนี้จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการวางแผนและออกแบบการฟื้นฟูการทำงานของข้อเข่า ในกลุ่มอาสาสมัครที่มีประวัติการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมข้อเข่า และยังช่วยเสริมสร้างความมั่นใจ เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถกลับไปออกกำลังกายหรือเล่นกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### ข้อเสนอแนะ

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มาจากข้อมูลที่วัดและทดสอบเฉพาะขาข้างที่มีพยาธิสภาพเพียงอย่างเดียว ดังนั้นการศึกษาต่อไปในอนาคตควรมีการวิเคราะห์ผลในขาข้างตรงข้ามร่วมด้วย เนื่องจากอาจจะมีผลของการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนไหวที่ชัดเจนของร่างกายส่วนล่างเกิดขึ้น เพื่อประโยชน์สูงสุดของการนำข้อมูลไปใช้เพื่อฟื้นฟูแก่ผู้ที่มีประวัติการผ่าตัดทำ ACLR

2. ในส่วนของโปรแกรมการออกกำลังกาย การศึกษาในอนาคตอาจจะใช้วิธีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อต่อยอดให้เกิดการพัฒนาและฟื้นฟู ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น โดยการจัดสรรสัดส่วนของท่าทางการออกกำลังกายให้มีรูปแบบที่เป็นลักษณะของการฝึกแบบที่มีการลงน้ำหนัก (weight bearing) และ/หรือ เป็นลักษณะของการฝึกที่เป็นฟังก์ชัน (Functional training) ร่วมด้วย

3. ในส่วนของการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การศึกษาต่อไปในอนาคตควรทดสอบให้ครอบคลุมทุกระนาบของการเคลื่อนไหว ที่สอดคล้องกับท่าทางการออกกำลังกาย ทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ไปใช้เพื่อสรุปผลได้ชัดเจนและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

4. ในส่วนของการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง การคัดสรรอาสาสมัครที่เล่นกีฬาในประเภทที่มีทักษะใกล้เคียงกัน รวมไปถึงการควบคุมถึงปัจจัยร่วมอื่นๆ เช่น ขาข้างที่ถนัด หรือขาข้างที่ทำการทดสอบ อาจจะมีส่วนช่วยลดปัจจัยและโอกาสในเรื่องของความแปรปรวนของข้อมูลที่เกิดขึ้น

5. การศึกษาในอนาคตอาจจะขยายขอบเขตเพื่อวิเคราะห์ถึงตัวแปรเกี่ยวกับปัจจัยทางด้านชีวกลศาสตร์ของลำตัว (Trunk biomechanics) ร่วมด้วย เนื่องจากส่วนหนึ่งของการออกกำลังกายที่อาสาสมัครได้รับในโปรแกรมการฝึก มีส่วนช่วยกระตุ้นและส่งเสริมการทำงานของกล้ามเนื้อแกนกลางลำตัวเช่นกัน

### บรรณานุกรม

1. Kamath GV, Murphy T, Creighton RA, Viradia N, Taft TN, Spang JT. Anterior Cruciate Ligament Injury, Return to Play, and Reinjury in the Elite Collegiate Athlete: Analysis of an NCAA Division I Cohort. *The American journal of sports medicine*. 2014;42(7):1638-43.
2. Linda S. Pescatello, Ross Arena, Deborah Riebe, Thompson PD. ACSM guideline for exercise testing and prescription 9th. American College of Sports Medicine 2014.
3. Ardern CL, Taylor NF, Feller JA, Whitehead TS, Webster KE. Sports participation 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction in athletes who had not returned to sport at 1 year: a prospective follow-up of physical function and psychological factors in 122 athletes. *The American journal of sports medicine*. 2015;43(4):848-56.
4. Mark V. Paterno, Kevin R. Ford, Gregory D. Myer, Rachel Heyl, Timothy E. Hewett. Limb Asymmetries in Landing and Jumping 2 Years following ACLR. *Clin J Sport Med*. 2007;17(4):258-62.
5. Otzel DM, Chow JW, Tillman MD. Long-term deficits in quadriceps strength and activation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Physical therapy in sport : official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*. 2015;16(1):22-8.
6. Scott M. Colby, ME Robert A. Hintermeister, Michael R. Torry, Richard Steadman. Lower Limb Stability With ACL Impairment. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1999;29(8):444-54
7. Kathryn A. Webster, Phillip A. Gribble. Time to Stabilization of Anterior Cruciate Ligament– Reconstructed Versus Healthy Knees in National Collegiate Athletic

- Association Division I Female Athletes. *Journal of Athletic Training*. 2010;45(6):580–5.
8. Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(4):1002-12.
  9. Stearns KM, Powers CM. Improvements in hip muscle performance result in increased use of the hip extensors and abductors during a landing task. *The American journal of sports medicine*. 2014;42(3):602-9.
  10. Paul Devita, Tibor Hortobagyi, Barrier J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation *Journal of the American College of Sports Medicine* 1998:1481-8.
  11. Hidetomo Suzuki, Go Omori, Daisuke Uematsu, Katsutoshi Nishino, Naoto Endo. The influence of hip strength on knee kinematics during a single-legged medial drop landing among competitive collegiate basketball players. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2015;10(5):592-601.
  12. Ford KR, Nguyen AD, Dischiavi SL, Hegedus EJ, Zuk EF, Taylor JB. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. *Open access journal of sports medicine*. 2015;6:291-303.
  13. Kristen Boren, Cara Conrey, Jennifer Le Coguic, Lindsey Paprocki, Michael Voight, Kevin Robinson. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercise. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2011;6(3):206-23.
  14. วุฒิพงษ์ สุทัศน์ นอห. Advances in cruciate ligaments. *อนุสาขานวศาสตร์การกีฬา ราชวิทยาลัยแพทย์ออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย (รพอท)*. 2012.
  15. Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery *Br J Sports Med*. 2005;39:127-31.
  16. Julian A. Feller F, and Kate E. Webster. A Randomized Comparison of Patellar Tendon and Hamstring Tendon ACLR. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(4):564-73.
  17. Stefano Z, Alberto G, Margherita S, Maurillo M. Return to sport after ACL reconstruction: how, when and why? A narrative review of current evidence. *JOINTS* 2015;3(1):25-30.

18. Gregory D. Myer, Mark V. Paterno, Kevin R. Ford, Carmen E. Quatman, Timothy E. Hewett. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: criteria-based progression through the return-to-sport phase. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2006;36(6):385-402.
19. Mall NA, Chalmers PN, Moric M, Tanaka MJ, Cole BJ, Bach BR, Jr., et al. Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *The American journal of sports medicine*. 2014;42(10):2363-70.
20. Lyman S, Koulouvaris P, Sherman S, Do H, Mandl LA, Marx RG. Epidemiology of anterior cruciate ligament reconstruction: trends, readmissions, and subsequent knee surgery. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2009;91(10):2321-8.
21. Chaowit Suttiwanit The incidence of injury of university men's soccer team in urban and suburb of Bangkok during training and tournament. 2011.
22. Adams D, Logerstedt DS, Hunter-Giordano A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Current concepts for anterior cruciate ligament reconstruction: a criterion-based rehabilitation progression. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2012;42(7):601-14.
23. G. Kelley Fitzgerald, Scott M. Lephart, Ji Hye Hwang, Maj Robert S. Wainner. Hop Tests as Predictors of Dynamic Knee. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2001;31(10):588-97
24. Daniel P. Bien, Thomas J. Dubuque. Considerations for late stage ACL rehabilitation and return to sport to limit re-injury risk and maximize athletic performance. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2015;10(2):256-71.
25. Peter B. MacDonald, David Hedden, Ondrej Pacin, Kelly Sutherland. Proprioception in Anterior Cruciate Ligament-Deficient and Reconstructed Knees. *The American journal of sports medicine*. 1996;24(6):774-8.
26. Jae-Kwang Shim, ho-SuK Choi, Jun-ho Shin. Effects of neuromuscular training on knee joint stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Phys Ther Sci* 2015;27:3613-7.
27. Hall MP, Paik RS, Ware AJ, Mohr KJ, Limpisvasti O. Neuromuscular Evaluation With Single-Leg Squat Test at 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2015;3(3):2325967115575900.
28. Mark V. Paterno, Laura C. Schmitt, Kevin R. Ford, Mitchell J. Rauh, Gregory D.

Myer, Bin Huang, et al. Biomechanical measures during landing and postural stability predict second anterior cruciate ligament injury after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(10):1968-78.

29. Agel J, LaPrade RF. Assessment of differences between the modified Cincinnati and International Knee Documentation Committee patient outcome scores: a prospective study. *The American journal of sports medicine*. 2009;37(11):2151-7.

30. Pisit Lertwanich, Teeranit Praphruetkit, Ekavit Keyurapan, Chanin Lamsam, Kulthanan T. Validity and Reliability of Thai Version of the International. *J Med Assoc Thai* 2008;91(8):1218-25.

31. DuPrey KM, Liu K, Cronholm PF, Reisman AS, Collina SJ, Webner D, et al. Baseline Time to Stabilization Identifies Anterior Cruciate Ligament Rupture Risk in Collegiate Athletes. *The American journal of sports medicine*. 2016;44(6):1487-91.

32. Fransz DP, Huurnink A, de Boode VA, Kingma I, van Dieen JH. Time to stabilization in single leg drop jump landings: an examination of calculation methods and assessment of differences in sample rate, filter settings and trial length on outcome values. *Gait & posture*. 2015;41(1):63-9.

33. J. Craig Garrison, Jim Bothwell, Kiley Cohen, John Conway. Effects of hip strengthening on early outcomes following anterior cruciate ligament reconstruction. *The International Journal of Sports Physical Therapy* 2014;9(2):157-67.

34. Lars L Andersen, S Peter Magnusson, Michael Nielsen, John Haleem, Kemi Pmilsen, Aagaard P. Neuromuscular Activation in Conventional Therapeutic Exercises and Heavy Resistance Exercises Implications for Rehabilitation. *Physical Therapy* 2006;86(5):683-97.

35. American College of Sports M. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*. 2009;41(3):687-708.

36. Christopher Nagelli, Samuel Wordeman, Stephanie Di Stasi, Joshua Hoffman, Tiffany Marulli, Hewett TE. Biomechanical Deficits at the Hip in Athletes With ACL Reconstruction Are Ameliorated With Neuromuscular Training. *The American journal of sports medicine*. 2018;46(11):2772-9.



37. Jonathan D. Chappell, Limpisvasti O. Effect of a Neuromuscular Training Program on the Kinetics and Kinematics of Jumping Tasks. *The American journal of sports medicine*. 2008;36(6).
38. Bruce Reider, Michel A. Arcand, Lee H. Diehl, Kenneth Mroczek, Armand Abulencia, C. Christopher Stroud, et al. Proprioception of the Knee Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2003;19(1):2-12.
39. Roberts D, Friden T, Stomberg A. Bilateral proprioceptive defects in patients with a unilateral anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Res*. 2000;18:565-71.
40. Pap G MA, Nebelung W, F A. Detailed analysis of proprioception in normal and ACL-deficient knees. *J Bone Joint Surg Br*. 1999;81:764-8.
41. Corrigan JP, Cashman WF, MP B. Proprioception in the cruciate deficient knee. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74:247-50.
42. Fucai Han, Anirban Banerjee, Liang Shen, Krishna L. Increased Compliance With Supervised Rehabilitation Improves Functional Outcome and Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Recreational Athletes. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. 2015;3(12).
43. David Logerstedt, Stephanie Di Stasi, Hege Grindem, Andrew Lynch, Ingrid Eitzen, Lars Engebretsen, et al. Self-reported Knee Function Can Identify Athletes Who Fail Return to Activity Criteria up to 1 1 Year after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2014.
44. Soo-Jin Oh, Jin-Goo Kim, Lim S-K. Relationship between Isokinetic Strengths, Subjective Knee Scores, and Functional Performance after ACL Reconstruction. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015;8(S9):390-6.
45. Hwang-Bo Kak, Sun-Ja ParkB, Park y-J. The effect of hip abductor exercise on muscle strength and trunk stability after an injury of the lower extremities. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(3):932-5.
46. Neumann DA. Kinesiology of the Hip: A Focus on Muscular Actions. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2010;40(2):82-94.
47. Richard K. Shields, Sangeetha Madhavan, Stacey Wallerich. Neuromuscular Control of the Knee During a Resisted Single-Limb Squat Exercise. *The American journal*

of sports medicine. 2005;33(10):1520.

48. R. Baratta, M. Solomonow, B.H. Zhou, D. Letson, R. Chuinard, D'Ambrosia R. Muscular coactivation: The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. 1988;16(2):113-22.

49. Thorborg K, Andreas Serner, Jesper Petersen, Moller Madsen Thomas, Peter Magnusson, Hölmich P. Hip Adduction and Abduction Strength Profiles in Elite Soccer Players. 2010;39(1):121-6.

50. Natália Franco NettoBittencourtabc, Thiago Ribeiro TelesSantosa, Gabriela Gomes PavanGonçalvesb, Amanda PriscilaCoelhob, Bárbara Gonçalves Braz de MagalhãesGomesb, Luciana De MichelisMendonçaac, et al. Reference values of hip abductor torque among youth athletes: Influence of age, sex and sports. Physical Therapy in Sport. 2016;21:1-6.

51. Kaeokwan Leelatrakarnkun, Watanatada P. A Preliminary Study Effect of Position on Isokinetic Strength of Hip Abduction and Adduction between Side-Lying and Standing Positions on a Dominant Leg. 2014:1431-7.

ภาคผนวก



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
**CHULALONGKORN UNIVERSITY**

ภาคผนวก ก  
แบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง  
(Screening Questionnaire)

Date.....

Participant's ID .....

**ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม**

- อายุ.....ปี อาชีพ.....
- น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เมตร
- BMI.....กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup>
- เบอร์โทรศัพท์ติดต่อได้.....
- ขาข้างที่ท่านถนัด\*  ข้างขวา  ข้างซ้าย
- ขาข้างที่ผ่าตัด \*\*  ข้างขวา  ข้างซ้าย

\* (หมายถึง ขาข้างที่ท่านจะเลือกใช้ในการเตะฟุตบอล)

\*\* (กรณีมีการผ่าตัด 2 ข้าง ให้ท่านระบุข้างที่ท่านทำการผ่าตัดล่าสุด)

**ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพทั่วไป/ การบาดเจ็บและการรักษา ของผู้ตอบแบบสอบถาม**

โปรดให้ข้อมูลต่อไปนี้เป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง  หรือเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่  ไม่มี  มี โปรดระบุ.....

2. ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บของข้อเข่าหรือไม่  ไม่มี  มี

3. การวินิจฉัยจากแพทย์ เกี่ยวกับอาการบาดเจ็บบริเวณข้อเข่าของท่าน

เอ็นไขว้หน้าข้อเข่าฉีกขาด (ACL)  หมอนรองกระดูกข้อเข่าฉีกขาด (meniscus)

เอ็นไขว้หลังข้อเข่าฉีกขาด (PCL)  อื่นๆ (ระบุ) .....

4. ระยะเวลาตั้งแต่ที่ท่านได้รับบาดเจ็บบริเวณข้อเข่าจนเข้ารับการผ่าตัด

- น้อยกว่า 3 เดือน     3-6 เดือน     มากกว่า 6 เดือน     มากกว่า 12 เดือนขึ้นไป

5. ระยะเวลาตั้งแต่ที่ท่านเข้ารับการผ่าตัดบริเวณข้อเข่าจนถึงปัจจุบัน (ที่ตอบแบบสอบถาม)

- 1 ปี     ตั้งแต่ 1-2 ปี     ตั้งแต่ 2-3 ปี     มากกว่า 3 ปี

6. ภายหลังเข้ารับการผ่าตัดบริเวณข้อเข่า ท่านสามารถงอและเหยียดเข่าได้สุดช่วงการเคลื่อนไหวหรือไม่

- งอและเหยียดเข่าได้สุดช่วงการเคลื่อนไหว     ไม่สามารถงอเข่าได้สุดช่วงการเคลื่อนไหว

- ไม่สามารถเหยียดเข่าได้สุดช่วงการเคลื่อนไหว     ไม่สามารถงอและเหยียดเข่าได้

7. ท่านเคยมีประวัติปวดเข่า หรือภาวะข้อเข่าเสื่อม ที่ได้จากการวินิจฉัยของแพทย์หรือไม่

- ไม่มี     มี

8. ท่านเคยมีประวัติการบาดเจ็บที่ตำแหน่งอื่นของร่างกาย (เช่น ข้อสะโพก, ข้อเท้า) ที่ส่งผลให้เกิดภาวะเข่าไม่มั่นคงหรือไม่

- ไม่มี     มี โปรดระบุ.....

9. การรักษาอื่นๆ ที่ท่านได้รับ โปรดระบุ (ถ้ามี).....

### ตอนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับการออกกำลังกาย/ การเล่นกีฬาของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ท่านออกกำลังกาย/ เล่นกีฬากี่วันต่อสัปดาห์  ไม่ออกกำลังกาย/ เล่นกีฬา

- น้อยกว่า 2 วัน/สัปดาห์     อย่างน้อย 2-3 วัน/สัปดาห์     มากกว่า 3 วัน/สัปดาห์

2. ระยะเวลาของการออกกำลังกาย/ เล่นกีฬา เฉลี่ยต่อครั้ง

- น้อยกว่า 30 นาที/ครั้ง     30-60 นาที/ครั้ง     มากกว่า 60 นาที/ครั้ง

## 3. ประเภทของการออกกำลังกาย/ กีฬาที่ท่านทำเป็นประจำ

 ออกกำลังกายแบบแอโรบิค (Aerobic)

ระบุ .....

 ออกกำลังกายแบบมีแรงต้าน/ มีน้ำหนัก (Resistance exercise)

ระบุ .....

 อื่นๆ โปรดระบุ .....

## แบบฟอร์มบันทึกผลการคัดกรอง.(Screening Record form)

Date.....

Participant's ID .....

1. Age..... years

2. Weight..... Kg

3. Height..... m

4. BMI..... Kg/ m<sup>2</sup>5. ชาข้างที่ผ่าตัด  ข้างขวา  ข้างซ้าย

6. อาการบาดเจ็บบริเวณข้อเข่าที่ได้จากการวินิจฉัยของแพทย์.....

7. ระยะเวลาตั้งแต่ผ่าตัดจนถึงปัจจุบัน (ที่ตอบแบบสอบถาม) .....

8. ประเภทของการออกกำลังกาย/ กีฬาที่ทำเป็นประจำ.....

9. ความถี่/ ระยะเวลาของการออกกำลังกาย ต่อครั้ง.....

ผลการคัดกรอง เพื่อเข้าร่วมการวิจัย

 ผ่าน ไม่ผ่าน

## ภาคผนวก ข

## ใบบันทึกการออกกำลังกายของอาสาสมัคร (Case Record Form)

Participant's ID

 Week 1    Week 2    Week 3    Week 4    Week 5    Week 6

|                                | Day 1 |      | Day 2 |      | Day 3 |      |
|--------------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|
|                                | Right | Left | Right | Left | Right | Left |
| Clam-shell                     |       |      |       |      |       |      |
| Side-lying abduction           |       |      |       |      |       |      |
| Single-limb squat              |       |      |       |      |       |      |
| Front plank with hip extension |       |      |       |      |       |      |
| Side plank with hip abduction  |       |      |       |      |       |      |

 Complete protocol (10-12 ครั้ง/เซต จำนวน 3 เซต/ท่า)

 Incomplete protocol: .....

หมายเหตุ :

.....



## ภาคผนวก ค

## แบบประเมิน International Knee Documentation Committee ฉบับภาษาไทย

วันที่บันทึก...../...../..... วันที่ได้รับบาดเจ็บ...../...../.....

อาการ : ประเมินอาการในระดับกิจกรรมสูงสุดที่ท่านคิดว่าสามารถทำได้โดยไม่มีอาการชัดเจน ถึงแม้ท่านจะไม่ได้ทำกิจกรรมในระดับนั้นจริงก็ตาม

1. ข้อใดเป็นกิจกรรมสูงสุดที่ท่านสามารถทำได้โดยไม่มีอาการปวดเข่าชัดเจน?

- กิจกรรมหนักมาก จำพวกการกระโดด หรือหมุนตัว ในการเล่นบาสเกตบอล หรือ ฟุตบอล
- กิจกรรมหนัก จำพวกการออกกำลังกายอย่างหนัก การเล่นเทนนิส
- กิจกรรมปานกลาง จำพวกการออกกำลังกายระดับปานกลาง การวิ่งหรือจ็อกกิ้ง
- กิจกรรมเบา จำพวกการเดิน ทำงานบ้าน รดน้ำต้นไม้
- ไม่สามารถทำกิจกรรมข้างต้นได้เลยเนื่องจากปวดเข่า

2. ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา หรือตั้งแต่ท่านได้รับบาดเจ็บ ท่านรู้สึกปวดบ่อยเพียงใด?

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

3. หากท่านรู้สึกปวด อาการปวดนั้นมีความรุนแรงเท่าใด?

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

4. ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา หรือตั้งแต่ท่านได้รับบาดเจ็บ เข่าของท่านมีอาการข้อฝืดแข็งหรือบวมแค่ไหน?

- ไม่เลย     น้อย     ปานกลาง     มาก     มากที่สุด

5. ข้อใดเป็นระดับกิจกรรมสูงสุดที่ท่านสามารถทำได้โดยไม่มีอาการเข่าบวมชัดเจน?

- กิจกรรมหนักมาก จำพวกการกระโดด หรือหมุนตัว ในการเล่นบาสเกตบอล หรือ ฟุตบอล
- กิจกรรมหนัก จำพวกการออกกำลังกายอย่างหนัก การเล่นเทนนิส
- กิจกรรมปานกลาง จำพวกการออกกำลังกายระดับปานกลาง การวิ่งหรือจ็อกกิ้ง
- กิจกรรมเบา จำพวกการเดิน ทำงานบ้าน รดน้ำต้นไม้
- ไม่สามารถทำกิจกรรมข้างต้นได้เลยเนื่องจากเข่าบวม

6. ในช่วง 4 สัปดาห์ที่ผ่านมา หรือตั้งแต่ท่านได้รับบาดเจ็บ เข่าของท่านมีอาการข้อติดหรือข้อขัดหรือไม่?

- มี     ไม่มี

7. ข้อใดเป็นระดับกิจกรรมสูงสุดที่ท่านสามารถทำได้โดย**ไม่มี**อาการข้อเข่าทรุดชัดเจน?

- กิจกรรมหนักมาก จำพวกการกระโดด หรือหมุนตัว ในการเล่นบาสเกตบอล หรือ ฟุตบอล
- กิจกรรมหนัก จำพวกการออกกำลังกายอย่างหนัก การเล่นเทนนิส
- กิจกรรมปานกลาง จำพวกการออกกำลังกายระดับปานกลาง การวิ่งหรือจ็อกกิ้ง
- กิจกรรมเบา จำพวกการเดิน ทำงานบ้าน รดน้ำต้นไม้
- ไม่สามารถทำกิจกรรมข้างต้นได้เลยเนื่องจากเข่าทรุด

### กิจกรรมกีฬา:

8. ข้อใดเป็นระดับกิจกรรมสูงสุดที่ท่านสามารถทำได้เป็นกิจวัตรปกติ?

- กิจกรรมหนักมากจำพวกการกระโดด หรือหมุนตัว ในการเล่นบาสเกตบอล หรือ ฟุตบอล
- กิจกรรมหนัก จำพวกการออกกำลังกายอย่างหนัก การเล่นเทนนิส
- กิจกรรมปานกลาง จำพวกการออกกำลังกายระดับปานกลาง การวิ่งหรือจ็อกกิ้ง
- กิจกรรมเบา จำพวกการเดิน ทำงานบ้าน รดน้ำต้นไม้
- ไม่สามารถทำกิจกรรมข้างต้นได้เลย

9. เข่าของท่านมีผลต่อความสามารถในการทากิจกรรมเหล่านี้อย่างไร

|                              | ไม่ลำบากเลย              | ลำบากเล็กน้อย            | ลำบากปานกลาง             | ลำบากมาก                 | ไม่สามารถทำได้           |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ก. ขึ้นบันได                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ข. ลงบันได                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ค. กู้เข่า                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ง. นั่งยอง ๆ                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| จ. นั่งอเข่า                 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ฉ. ลุกจากเก้าอี้             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ช. วิ่งตรงไปข้างหน้า         | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ซ. กระโดดและลงพื้น           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ฅ. ด้วยขาข้างที่มีอาการ      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ณ. หยุดและออกตัวอย่างรวดเร็ว | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

### การใช้งาน:

10. ท่านจะประเมินการใช้งานของเข่าท่านอย่างไร ด้วยคะแนนตั้งแต่ 0 ถึง 10 หมายถึงปกติ  
ใช้งานได้ดีมาก และ 0 หมายถึงไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันของท่านได้ ซึ่งอาจรวมถึงการเล่นกีฬา  
ด้วย

### การใช้งานก่อนการบาดเจ็บของเข่าท่าน

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

ไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้

ไม่มีข้อจำกัดในการทำกิจวัตรประจำวัน

### การใช้งานของเข่าท่านในปัจจุบัน

1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

ไม่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้

ไม่มีข้อจำกัดในการทำกิจวัตรประจำวัน

## ภาคผนวก ง

## เอกสารชี้แจงสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

**ชื่อโครงการวิจัย** ผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำ  
ให้เกิดความมั่นคง ขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเข่าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อม  
สร้างเอ็นไขว้หน้า

**ผู้วิจัยหลัก**

ชื่อ นางสาวอรรรณ ใจหาญ  
ที่อยู่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น  
4 คณะแพทยศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
กรุงเทพมหานคร 10330  
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 083-648-0349

**ผู้วิจัยร่วม (ทุกท่าน)**

ชื่อ รศ. นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันท์  
ที่อยู่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330  
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 081-627-5141

**ผู้วิจัยร่วม (ทุกท่าน)**

ชื่อ ผศ.(พิเศษ) นายแพทย์ธนะเทพ ตันเผ่าพงษ์  
ที่อยู่ทำงานหรือสถานศึกษาของผู้วิจัย ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330  
เบอร์โทรศัพท์ติดต่อ 24 ชั่วโมง 081-577-5767

**เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน**

ท่านได้รับเชิญให้เข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้เนื่องจากท่านเป็นผู้ที่มีอายุอยู่ในช่วงระหว่าง 18-  
35 ปี มีประวัติการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า (Anterior Cruciate Ligament  
Reconstruction) และสามารถกลับไปเล่นกีฬาได้ ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการศึกษาวิจัย  
ดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากทีมงานของผู้ทำวิจัย ซึ่งจะ เป็นผู้สามารถตอบคำถามและให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่า จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

### เหตุผลความเป็นมา

แม้ว่ากล้ามเนื้อต้นขา กลุ่มคอทไทรเส็ป (Quadriceps) และกล้ามเนื้อแฮมสตริง (Hamstrings) จะมีความสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงให้กับข้อเข่า แต่อย่างไรก็ตามในผู้ที่ได้รับการผ่าตัดสร้างเอ็นแกนไขว้หน้าข้อเข่า มักพบว่าการฟื้นฟูค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อจำเป็นต้องใช้ระยะเวลานานตั้งแต่ 2-3 ปี และต้องใช้ระยะเวลาที่นานมากขึ้นในการทำให้เกิดความมั่นคงของข้อเข่าภายหลังจากการทำกิจกรรมในลักษณะที่เป็นฟังก์ชันนอล (Functional) หรือทักษะทางการกีฬา

จากการศึกษารูปแบบการออกกำลังกายแบบเพิ่มความแข็งแรง (Strengthening exercise) ที่ความถี่ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 6-12 สัปดาห์ จะช่วยส่งเสริมให้กล้ามเนื้อมีขนาดใหญ่ขึ้นและส่งผลต่อค่าความแข็งแรงที่เพิ่มขึ้น โดยการออกกำลังกายจะมุ่งเน้นไปยังกล้ามเนื้อบริเวณรอบสะโพก ได้แก่ กล้ามเนื้อกลูเตียสมีเดียส (Gluteus medius) และกล้ามเนื้อกลูเตียสแมกซิมัส (Gluteus maximus) ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกที่มีส่วนสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงค่าเชิงชีวกลศาสตร์ที่กระทำต่อข้อเข่า นั่นหมายความว่าอาจมีส่วนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงของข้อเข่า ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงสนใจศึกษาถึงผลของการออกกำลังกายโดยมุ่งเน้นไปยังกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในผู้ที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นแกนไขว้หน้าข้อเข่า

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคงขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว และเพื่อประเมินถึงการทำงานของข้อเข่าก่อนและหลังจากการออกกำลังกาย โดยใช้แบบประเมินอินเตอร์แน

ชั้นแนลนี่คือคิควเมนเทซันคอมมิทตี (International Knee Documentation Committee ;IKDC) ในผู้ที่มีประวัติการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่าและสามารถกลับไปเล่นกีฬาได้จำนวน 44 คน

### วิธีการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะขอให้ท่านกรอกแบบสอบถามเพื่อคัดกรอง ซึ่งประกอบไปด้วย คำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไป การออกกำลังกาย รวมไปถึงถึงระยะเวลาตั้งแต่ได้รับการบาดเจ็บและเข้ารับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า และตรวจวัดองค์ประกอบของร่างกาย เพื่อคัดกรองว่าท่านมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัย หากท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ในขั้นตอนถัดไปท่านจะได้รับเชิญให้มาพบผู้วิจัยเพื่อรับฟังกระบวนการและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างละเอียด ทำแบบประเมินการทำงานของข้อเข่าและทำการทดสอบเก็บข้อมูลเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของข้อเข่าภายหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว หลังจากนั้นท่านจะได้รับการแบ่งกลุ่มการวิจัยด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย ซึ่งประกอบไปด้วย (1) กลุ่มออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพก ซึ่งจะต้องมาฝึกต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ (2) กลุ่มควบคุม ซึ่งจะได้รับเอกสารคำแนะนำเกี่ยวกับการออกกำลังกาย ซึ่งเป็นการออกกำลังกายตามแนวทางมาตรฐาน โดยตลอดระยะเวลาที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย หากท่านอยู่ในกลุ่มออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพก ท่านจะมาพบผู้วิจัยทั้งสิ้น 20 ครั้ง ส่วนในกลุ่มควบคุมท่านจะมาพบผู้วิจัยทั้งสิ้น 2 ครั้งและจะได้รับการติดต่อผ่านทางโทรศัพท์สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตลอดช่วงการฝึกทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ โดยมีผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทั้งสิ้น จำนวน 44 คน

### ครั้งที่ 1 ตรวจคัดกรองและทดสอบเก็บข้อมูลเริ่มต้นก่อนการฝึกออกกำลังกาย

- (1) เมื่อท่านมาถึงห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ท่านจะต้องกรอกแบบสอบถามเพื่อการคัดกรอง ทำแบบประเมินการทำงานของข้อเข่า ตรวจวัดองค์ประกอบของร่างกาย และได้รับการสุ่มเพื่อทำการแบ่งกลุ่มการวิจัย
- (2) ทำความคุ้นเคยกับกระบวนการทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของข้อเข่า โดยให้กระโดดลงน้ำหนักขาเดียวบนแผ่นวัดแรง (Force platform) ก่อนเริ่มทำการทดสอบการกระโดดทั้งหมด 5 ครั้ง มีระยะเวลาพักระหว่างการกระโดดแต่ละครั้งนาน 1 นาที

(3) ทำความคุ้นเคยกับกระบวนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องมือไอโซไคนेटิก (Isokinetic) ก่อนเริ่มทำการทดสอบจริงที่ ห้องปฏิบัติการ 304 อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 3 คณะแพทยศาสตร์ โดยทำการทดสอบในขาทั้งสองข้าง ทดสอบทั้งหมด 2 ท่า ออกแรงเต็มที่ท่าละ 5 ครั้ง แต่ละท่าทดสอบทั้งหมด 2 เซต และมีเวลาพักระหว่างท่า 5 นาที

### **ครั้งที่ 2 เริ่มโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์**

(1) ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์หลังจากการทดสอบเก็บข้อมูลเริ่มต้นก่อนการฝึกออกกำลังกาย ท่าน จะได้รับการฝึกออกกำลังกายตามกลุ่มที่ได้รับการสุ่มไว้ โดยมีรายละเอียดคือ

กลุ่มออกกำลังกายกล้ามเนื้อสะโพก ท่านจะได้รับการออกกำลังกายตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ เป็นเวลา 30 นาทีต่อครั้ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ที่ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์

กลุ่มควบคุม ท่านจะได้รับเอกสารคำแนะนำเกี่ยวกับการออกกำลังกายทั่วไป หลังจากนั้นให้ท่านนำไป ปฏิบัติต่อที่บ้าน และกลับมาทำการทดสอบ ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้

(2) ตลอดช่วงระยะเวลาของการฝึกทั้งสิ้น 6 สัปดาห์ ท่านจะต้องปฏิบัติตัวดังนี้

- สวมใส่เสื้อผ้าสำหรับการออกกำลังกายและสวมรองเท้ากีฬาที่ใช้ในการเล่นกีฬาเป็นประจำ ทั้งในขณะ มารับการทดสอบก่อน/หลัง และตลอดระยะเวลาของการเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก

- งดอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบและก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก

- งดการออกกำลังกายอย่างหนักก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

- งดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ก่อนการทดสอบและก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกทุกครั้ง อย่างน้อย 48 ชั่วโมง

- งดการเข้าร่วมโปรแกรมการออกกำลังกายอื่นที่อาจมีผลกระทบต่อข้อมูลของการศึกษาวิจัย ตลอดระยะเวลาของการศึกษาวิจัย เช่น การออกกำลังกายแบบมีแรงต้านของร่างกายส่วนล่าง, กีฬาเพาะกาย, การฝึกโยคะ เป็นต้น

### **ครั้งที่ 3 ทดสอบเก็บข้อมูลหลังสิ้นสุดการฝึกออกกำลังกาย**

- (1) ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์หลังสิ้นสุดโปรแกรมการออกกำลังกาย ท่านจะต้องกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อกรอกแบบประเมินการทำงานของข้อเข่า และตรวจวัดองค์ประกอบของร่างกาย
- (2) ทำการทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคงของข้อเข่า โดยให้กระโดดลงน้ำหนักขาเดียวบนแผ่นวัดแรง (Force platform) ก่อนเริ่มทำการทดสอบการกระโดดทั้งหมด 5 ครั้ง มีระยะเวลาพัก แต่ละครั้งนาน 1 นาที
- (3) ทำความคุ้นเคยกับกระบวนการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องมือไอโซไคนติก (Isokinetic) ก่อนเริ่มทำการทดสอบจริงที่ ห้องปฏิบัติการ 304 อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 3 คณะแพทยศาสตร์ โดยทำการทดสอบในขาทั้งสองข้าง ทดสอบทั้งหมด 2 ท่า ออกแรงเต็มที่ท่าละ 5 ครั้ง แต่ละท่าทดสอบทั้งหมด 2 เซต และมีเวลาพักระหว่างท่า 5 นาที
- (4) เมื่อท่านทำการทดสอบครบทั้งหมดตามโปรแกรมที่กำหนดไว้ จึงถือเป็นการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

### **ความรับผิดชอบของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ ผู้ทำวิจัยใคร่ขอความความร่วมมือจากท่าน โดยจะขอให้ท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยอย่างเคร่งครัด รวมทั้งแจ้งอาการผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับท่านระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัยให้ผู้ทำวิจัยได้รับทราบ ซึ่งผู้วิจัยจะรับผิดชอบและให้การปฐมพยาบาลเบื้องต้นในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินหรืออันตรายที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเก็บข้อมูลการวิจัย

### **ความเสี่ยงที่อาจได้รับ**

1. ความเสี่ยงจากการออกกำลังกาย โดยท่านอาจจะมีอาการไม่พึงประสงค์ เช่น ปวดกล้ามเนื้อ เป็นต้น
2. ความเสี่ยงจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและการทดสอบหาระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดความมั่นคง ของข้อเข่า เนื่องจากท่านต้องออกแรงต้านการเคลื่อนไหวกับเครื่องมือทดสอบ



รวมทั้งมีการกระโดดร่วมด้วย ซึ่งอาจ เป็นผลทำให้ท่านรู้สึกเหนื่อยล้า และปวดเมื่อยบริเวณร่างกายครึ่งตัว

3. ความเสี่ยงอื่นๆ ทั่วไป เช่น การเสียเวลา ความไม่สะดวกสบายในการเดินทางมารับการทดสอบ

ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันอาการไม่พึงประสงค์ดังกล่าว รวมทั้งอาการอื่นๆ ที่อาจจะพบร่วมด้วย ให้ท่านแจ้งผู้วิจัยทันที และระหว่างเข้าร่วมในโครงการวิจัยหากมีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับสุขภาพของท่าน ขอให้ท่านรายงานให้ผู้วิจัยทราบโดยด่วน

### **ความเสี่ยงที่ไม่ทราบแน่นอน**

ท่านอาจเกิดอาการข้างเคียง หรือความไม่สบาย นอกเหนือจากที่ได้แสดงในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งอาการข้างเคียงเหล่านี้เป็นอาการที่ไม่เคยพบมาก่อน เพื่อความปลอดภัยของท่าน ควรแจ้งผู้ทำวิจัยให้ทราบทันทีเมื่อเกิดความผิดปกติใดๆ เกิดขึ้น หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจได้รับการจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านสามารถสอบถามจากผู้ทำวิจัยได้ตลอดเวลา

หากมีการค้นพบข้อมูลใหม่ ๆ ที่อาจมีผลต่อความปลอดภัยของท่านในระหว่างที่ท่านเข้าร่วมในโครงการวิจัย ผู้ทำวิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบทันที เพื่อให้ท่านตัดสินใจว่าจะอยู่ในโครงการวิจัยต่อไป หรือจะขอถอนตัวออกจากการวิจัย

### **การพบแพทย์นอกตารางนัดหมายในกรณีที่เกิดอาการข้างเคียง**

หากมีอาการข้างเคียงใด ๆ เกิดขึ้นกับท่าน ขอให้ท่านรีบมาพบแพทย์ที่สถานพยาบาลทันที ถึงแม้ว่าจะอยู่นอกตารางการนัดหมาย เพื่อแพทย์จะได้ประเมินอาการข้างเคียงของท่าน และให้การรักษาที่เหมาะสมทันที หากอาการดังกล่าวเป็นผลจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะไม่เสียค่าใช้จ่าย

### **ประโยชน์ที่อาจได้รับ**

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้อาจจะทำให้ท่านมีสุขภาพที่ดีขึ้น หรืออาจจะลดความรุนแรงของโรคได้ แต่ไม่ได้รับรองว่าสุขภาพของท่านจะต้องดีขึ้นหรือความรุนแรงของโรคจะลดลงอย่าง

แน่นอน แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ได้จะใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการฟื้นฟูและแนะนำการออกกำลังกายในผู้ที่มีประวัติการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า เพื่อให้สามารถกลับไปเล่นกีฬาได้อย่างเหมาะสม และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในประชากรกลุ่มอื่นต่อไป

### **วิธีการและรูปแบบการรักษาอื่นๆ ซึ่งมีอยู่สำหรับอาสาสมัคร**

ท่านไม่จำเป็นต้องเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้เพื่อประโยชน์ในการรักษาโรคที่ท่านเป็นอยู่ เนื่องจากมีแนวทางการรักษาอื่น ๆ หลายแบบสำหรับรักษาโรคของท่านได้ ดังนั้นจึงควรปรึกษาแนวทางการรักษาวิธีอื่นๆ กับแพทย์ผู้ให้การรักษาท่านก่อนตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย

### **ข้อปฏิบัติของท่านขณะที่ร่วมในโครงการวิจัย**

ขอให้ท่านปฏิบัติดังนี้

- ขอให้ท่านให้ข้อมูลทางการแพทย์ของท่านทั้งในอดีต และปัจจุบัน แก่ผู้ทำวิจัยด้วยความสัตย์จริง
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบความผิดปกติที่เกิดขึ้นระหว่างที่ท่านร่วมในโครงการวิจัย
- ขอให้ท่านงดการใช้วิธีการรักษาหรือโปรแกรมการออกกำลังกายอื่นนอกเหนือจากที่ผู้ทำวิจัยได้จัดให้ เช่น การรักษาทางกายภาพบำบัด หรือการฝังเข็ม เป็นต้น
- ขอให้ท่านแจ้งให้ผู้ทำวิจัยทราบทันที หากท่านได้รับวิธีการรักษาหรือโปรแกรมการออกกำลังกายอื่นนอกเหนือจากโปรแกรมที่ใช้ในการศึกษาตลอดระยะเวลาที่ท่านอยู่ในโครงการวิจัย
- งดการออกกำลังกายแบบมีแรงต้านของระยางค์ร่างกายส่วนล่าง, กีฬาเพาะกาย, การฝึกโยคะ เป็นต้น ตลอด ระยะเวลาที่ท่านเข้าร่วมโครงการวิจัย
- งดการออกกำลังกายหรือทำกิจกรรมทางกายอย่างหนัก ก่อนการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง
- งดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ก่อนการทดสอบและก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึกทุกครั้ง อย่างน้อย 48 ชั่วโมง
- งดอาหารอย่างน้อย 3 ชั่วโมงก่อนเข้ารับการทดสอบและก่อนเข้าร่วมโปรแกรมการฝึก

- ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเตรียมรองเท้าผ้าใบ ถุงเท้า เสื้อผ้าสำหรับการออกกำลังกายมาเองทุก ครั้งเพื่อสุขอนามัยที่ดี

### อันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมในโครงการวิจัยและความรับผิดชอบของผู้ทำวิจัย/

#### ผู้สนับสนุนการวิจัย

หากพบอันตรายที่เกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะได้รับการรักษาอย่างเหมาะสมทันที หากท่านปฏิบัติตามคำแนะนำของทีมผู้ทำวิจัยแล้ว ผู้ทำวิจัย/ผู้สนับสนุนการวิจัยยินดีจะรับผิดชอบต่อค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลของท่าน อีกทั้งจะได้รับการชดเชยการสูญเสียเวลา เสียรายได้ตามความเหมาะสม

ในกรณีที่ท่านได้รับอันตรายใด ๆ หรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย ท่านสามารถติดต่อกับผู้ทำวิจัยคือ นางสาวอรรพรรณ ใจหาญ หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ 083-648-0349 ได้ตลอด 24 ชั่วโมง

#### ค่าใช้จ่ายของท่านในการเข้าร่วมการวิจัย

ท่านไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายอื่นใด ที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย เช่น การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic) รวมถึงค่าเดินทางมายังห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทย์พัฒนา ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้ผู้วิจัยจะเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายทั้งหมดดังกล่าวให้แก่ท่าน

#### ค่าตอบแทนสำหรับผู้เข้าร่วมวิจัย

ท่านจะไม่ได้รับเงินค่าตอบแทนจากการเข้าร่วมในการวิจัย แต่ท่านจะได้รับค่าเดินทางและค่าชดเชยการเสียเวลาในการมาเข้ารับการทดสอบ ครั้งละ 300 บาท

#### การเข้าร่วมและการสิ้นสุดการเข้าร่วมโครงการวิจัย

การเข้าร่วมในโครงการวิจัยครั้งนี้เป็นไปโดยความสมัครใจ หากท่านไม่สมัครใจจะเข้าร่วมการศึกษาแล้ว ท่านสามารถถอนตัวได้ตลอดเวลา การขอถอนตัวออกจากโครงการวิจัยจะไม่มีผลต่อการดูแลรักษาโรคของท่านแต่อย่างใด

ผู้ทำวิจัยอาจถอนท่านออกจากการเข้าร่วมการวิจัย เพื่อเหตุผลด้านความปลอดภัยของท่าน หรือเมื่อผู้สนับสนุนการวิจัยยุติการดำเนินงานวิจัย หรือ ในกรณีดังต่อไปนี้

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ทำวิจัยได้ครบถ้วน

- ท่านไม่สามารถปฏิบัติตามโปรแกรมการออกกำลังกายที่กำหนดได้ครบถ้วน
- ท่านเกิดอาการข้างเคียง หรือความผิดปกติจากการทดสอบในโครงการวิจัย
- ท่านต้องการปรับเปลี่ยนการรักษาหรือประสงค์อยากออกกำลังกายอื่น ที่เป็นข้อดเว้นของโครงการวิจัย

### **การปกป้องรักษาข้อมูลความลับของอาสาสมัคร**

ข้อมูลที่ท่านนำไปสู่การเปิดเผยตัวท่าน จะได้รับการปกปิดและจะไม่เปิดเผยแก่สาธารณชน ในกรณีที่ผลการวิจัยได้รับการตีพิมพ์ ชื่อและที่อยู่ของท่านจะต้องได้รับการปกปิดอยู่เสมอ โดยจะใช้เฉพาะรหัสประจำโครงการวิจัยของท่าน

จากการลงนามยินยอมของท่าน ผู้ทำวิจัย และผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย ผู้ตรวจสอบการวิจัย และหน่วยงานควบคุมระเบียบกฎหมาย สามารถเข้าไปตรวจสอบบันทึกข้อมูลทางการแพทย์ของท่านได้แม้จะสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วก็ตาม โดยไม่ละเมิดสิทธิของท่านในการรักษาความลับเกินขอบเขตที่กฎหมายและระเบียบกฎหมายอนุญาตไว้

หากท่านต้องการยกเลิกการให้สิทธิ์ดังกล่าว ท่านสามารถแจ้ง หรือเขียนบันทึกขอยกเลิกการให้คำยินยอม โดยส่งไปที่ นางสาวอรรพรรณ ใจหาญ สาขาเวชศาสตร์การกีฬา อาคารแพทย์พัฒนา ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

หากท่านขอยกเลิกการให้คำยินยอมหลังจากที่ท่านได้เข้าร่วมโครงการวิจัยแล้ว ข้อมูลส่วนตัวของท่านจะไม่ถูกบันทึกเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามข้อมูลอื่น ๆ ของท่านอาจถูกนำมาใช้เพื่อประเมินผลการวิจัย และท่านจะไม่สามารถกลับมาเข้าร่วมในโครงการนี้ได้อีก ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลของท่านที่จำเป็นสำหรับใช้เพื่อการวิจัยไม่ได้ถูกบันทึก

### **สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย**

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย

4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับการวิจัย
5. ท่านจะได้รับการเปิดเผยถึงทางเลือกในการรักษาด้วยวิธีอื่น ยา หรืออุปกรณ์ซึ่งมีผลดีต่อท่านรวมทั้งประโยชน์และความเสี่ยงที่ท่านอาจได้รับ
6. ท่านจะได้รับทราบแนวทางในการรักษา ในกรณีที่พบโรคแทรกซ้อนภายหลังการเข้าร่วมในโครงการวิจัย
7. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
8. ท่านจะได้รับทราบว่ากรยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถขอถอนตัวจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถขอถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใด ๆ ทั้งสิ้น
9. ท่านจะได้รับเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยและสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
10. ท่านมีสิทธิ์ในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

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

การลงนามในเอกสารให้ความยินยอม ไม่ได้หมายความว่าท่านได้สละสิทธิ์ทางกฎหมายตามปกติที่

ท่านพึงมี

ขอขอบคุณในการให้ความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

.....



ภาคผนวก จ  
...รับสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัย...

หัวข้อเรื่อง ผลของการออกกำลังกายกล้ามเนื้อกลุ่มสะโพกต่อระยะเวลาที่ใช้ในการทำให้เกิดความมั่นคง ขณะทำการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว ในข้อเข่าของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า (Effects of hip-focused exercise on time to stabilization of knee joint during jump-landing task after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction)

คุณสมบัติของผู้เข้าร่วมการวิจัย

1. เพศชาย อายุระหว่าง 18-35 ปี
2. มีประวัติการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้า ที่ระยะเวลา อย่างน้อย 1 ปี แต่ไม่เกิน 3 ปี และสามารถกลับไปเล่นกีฬาได้ (Return to play)
3. ออกกำลังกายประจำอย่างน้อยครั้งละ 30 นาที 2-3 ครั้ง/สัปดาห์
4. ไม่มีประวัติการบาดเจ็บและ/หรือประวัติการผ่าตัดที่บริเวณตำแหน่งอื่นๆ (เช่น สะโพก, ข้อเท้า) ที่ส่งผลต่อความมั่นคงของข้อเข่า

รายละเอียดของโครงการวิจัย (อย่างย่อ)

อาสาสมัครจะได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ร่วมกับมีการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อด้วยเครื่องไอโซไคเนติก (Isokinetic) การทดสอบเพื่อหาระยะเวลาการเกิดความมั่นคงของข้อเข่าหลังจากการกระโดดลงน้ำหนักขาเดียว และประเมินการใช้งานของข้อเข่า รวมทั้งได้รับคำแนะนำการออกกำลังกายเพื่อการฟื้นฟูภายหลังจากการผ่าตัดซ่อมสร้างเอ็นไขว้หน้าข้อเข่า เพื่อให้สามารถกลับไปเล่นกีฬาได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย

สถานที่เก็บข้อมูลการวิจัย

ห้องปฏิบัติการ 304 ชั้น 3 และห้องปฏิบัติการเวชศาสตร์การกีฬาระดับชั้น 4 อาคารแพทยพัฒน์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพระราม 4 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

## ประวัติผู้เขียน

|                   |  |
|-------------------|--|
| ชื่อ-สกุล         | ORAWAN JAIHARN   |
| วัน เดือน ปี เกิด | 06 August 1992   |
| สถานที่เกิด       | Phuket, Thailand   |
| รางวัลที่ได้รับ   | Best Poster presentation (Bronze level) on International Conference for Adaptations and Nutrition in Sports (ICANS) 2018 on 18-20 July 2018 at Herritage Hotel (Bangsan, Chonburi) |



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY