ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

นางสาวศิริขวัญ เฮงธารากูล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเวชศาสตร์การกีฬา
คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

Effect of Ballistic and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching on vertical jump performance and hamstring flexibility in athlete with hamstring tightness

Miss Sirikwan Heangthalakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Medicine
Faculty of Medicine
Chulalongkorn University
Academic Year 2011
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาที่กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น
โดย	นางสาวศิริขวัญ เฮงธารากูล
สาขาวิชา	เวชศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ นายแพทย์วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะแพทยศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์โศภณ นภาธร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ นายแพทย์อี๊ด ลอประยูร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ นายแพทย์วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงรัตนา รัตนาธาร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ นายแพทย์ฉกาจ ผ่องอักษร)

ศิริขวัญ เฮงธารากูล : ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (EFFECT OF BALLISTIC AND PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION STRETCHING ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE AND HAMSTRING FLEXIBILITY IN ATHLETE WITH HAMSTRING TIGHTNESS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ.นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ ,อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ.นพ.วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล, 111 หน้า.

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทและแบบกระตุกต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง หลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

วิธีดำเนินการ: อาสาสมัครเป็นนักกีฬาเพศชายอายุ 18-30 ปี มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น จำนวน 48 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท 16 คน กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก 16 คน และกลุ่มควบคุม(ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง) 16 คน ระยะเวลาในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งสามกลุ่มจะได้รับการวัดค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง แบบ concentric และ eccentric , ความสามารถในการกระโดด, มุมองศาการเหยียดเข่า ก่อนและหลังสิ้นสุดโปรแกรมการฝึก

ผลการวิจัย: ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 48 คน เข้าร่วมการศึกษาครบ 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ทั้งสามกลุ่ม กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ,กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มควบคุม (ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง) มีค่าความสามารถในการกระโดด ค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า ค่ามุมองศาการเหยียดเข่า เพิ่มขึ้นทั้งสามกลุ่ม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม โดยใช้ ANCOVA พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อ แต่หลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันของค่าความสามารถในการกระโดด ,มุมองศาการเหยียดเข่า , ค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่าแบบ eccentric ระหว่างกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง

สรุปผลการวิจัย: หลังโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อครบ 4 สัปดาห์ การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง ไม่แตกต่างกันทั้งสามกลุ่ม ทุกกลุ่มสามารถเพิ่มสมรรถภาพทางกายทั้งในด้านความสามารถในการกระโดด มุมองศาการเหยียดเข่า และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นนักกีฬาสามารถเลือกเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อได้ตามความเหมาะสมของแต่ละบุคคล

สาขาวิชา เวชศาสตร์การกีฬา ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2554 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5274853830 : MAJOR SPORTS MEDICINE

KEYWORDS : HAMSTRING MUSCLE/ HAMSTRING TIGHTNESS/ STATIC STRETCHING / BALLISTIC STRETCHING/ PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION STRETCHING/ VERTICAL JUMP

SIRIKWAN HEANGTHALAKUL: EFFECT OF BALLISTIC AND PROPRIOCEPTIVE NEUROMUSCULAR FACILITATION STRETCHING ON VERTICAL JUMP PERFORMANCE AND HAMSTRING FLEXIBILITY IN ATHLETE WITH HAMSTRING TIGHTNESS. ADVISOR: ASSOC. PROF. PONGSAK YUKTANANDANA, M.D., CO-ADVISOR: ASSOC. WASUWAT KITISOMPRAYOONKUL, M.D., 111 pp.

***Abstract*— Introduction**: Hamstrings tightness is a common problem in athletes and may cause deterioration of sport performance. Appropriate rehabilitation technique to stretch hamstring may improve flexibility and performance.

Purpose: The objective of this study is to compare effects of static stretching, ballistic stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump height and hamstring flexibility in athlete with hamstring tightness after 4 weeks training peroid.

Methods: Forty-eight healthy Thai male athletes with hamstrings tightness aged between 18-30 years old were recruited and randomized into 3 groups; proprioceptive neuromuscular facilitation stretching group (PNF), ballistic stretching group (BS) and control group (static stretching,SS). Subjects participated in 3 time a week, 4-week hamstrings flexibility training program according to group. Vertical jump height by Vertec system and force plate, range of motion, concentric and eccentric peak torque(PT) of hamstrings and quadriceps were recorded before and after training.

Results: Forty-eight volunteers (16 of PNF,16 BS and 16 SS) completed the study. Vertical jump height, range of motion , concentric and eccentric peak torque(PT) of hamstrings and quadriceps were significantly increase in three groups after training ($p<0.05$). Acute vertical jump in PNF group measured by Vertec system was increased but not statistically significant. There were no between groups difference in all measured outcome (ANCOVA, $p>0.05$).

Conclusions: The 4-weeks rehabilitation program of static, ballistic and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching could improve performance in athletes with hamstring tightness. PNF stretching is not recommend for acute performance right after stretching. .

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

Academic Year : 2011 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดีด้วยความกรุณาจาก รศ.นพ.พงศักดิ์ ยุกตะนันทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อ.นพ.วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ข้อคิดเห็น และคำแนะนำ ตลอดจนความเอาใจใส่ในการปรับปรุงข้อบกพร่องและแก้ปัญหาต่างๆ เป็นอย่างดี อีกทั้งยังคอยกรุณาให้ความสนับสนุน ติดตาม และห่วงใยผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณ อ.นพ.อี๊ด ลอประยูร , ผศ.พญ.รัตนา รัตนาธาร และ อ.ดร.นพ.ฉกาจ ผ่องอักษร คณะกรรมการวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำแก้ไข ปรับปรุง และข้อคิดเห็นต่างๆ ที่ถือเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณโครงการทุนวิจัยรัชดาภิเษกสมโภช คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ทำให้งานสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว ร.พ.จุฬาลงกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือในการศึกษา

ขอขอบคุณสถานที่ทำการวิจัย ณ ห้องกิจกรรม อาคาร 14 มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่ใช้เป็นสถานที่ในการฝึกการยืดกล้ามเนื้อ

ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง นิสิตเวชศาสตร์การกีฬาทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา แง่คิดดีๆ สนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้ด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วนทุกท่าน ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้แก่ผู้วิจัย ทั้งทางด้านวิชาการและการดำเนินชีวิต พ่อแม่และญาติพี่น้อง ที่คอยให้กำลังใจเสมอมา ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่าน จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ..... 1

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย..... 1

คำถามงานวิจัย..... 4

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 4

สมมติฐานของการวิจัย..... 5

กรอบแนวความคิดในการวิจัย..... 5

ขอบเขตของการวิจัย..... 5

ข้อตกลงเบื้องต้น..... 6

ข้อจำกัดในการวิจัย..... 6

คำสำคัญ..... 6

คำนิยามเชิงปฏิบัติการวิจัย..... 6

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 8

2. กายวิภาคศาสตร์ของกล้ามเนื้อ..... 9

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ..... 10

การฝึกความอ่อนตัว..... 11

ความยืดหยุ่นกับการบาดเจ็บ..... 12

การตอบสนองต่อการยืดของระบบประสาทกล้ามเนื้อ..... 13

หน้าที่ของกล้ามเนื้อ..... 15

บทที่		หน้า
	ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ	17
	ความสัมพันธ์ของแรงกับความยาวของมัดกล้ามเนื้อ	21
	รูปแบบของการยืดกล้ามเนื้อ	23
	ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	25
3.	วิธีการดำเนินการวิจัย	34
	ประชากร	34
	การเลือกกลุ่มตัวอย่าง	35
	การคำนวณขนาดตัวอย่าง	35
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	36
	วิธีการดำเนินการวิจัย	40
	ขั้นตอนการวิจัย	41
	การวิเคราะห์ข้อมูล	50
4.	ผลการวิเคราะห์	51
	ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย	52
	ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการกระโดด	53
	ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อ	57
	ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ	60
	ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการบาดเจ็บ	61
5.	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	62
	อภิปรายผลการวิจัย	64
	สรุปผลการวิจัย	68
	ข้อเสนอแนะ	68
รายการอ้างอิง		69
ภาคผนวก		74
	ภาคผนวก ก ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย	75
	ภาคผนวก ข แสดง peak torque และ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัยจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isokinetic	78

หน้า

ภาคผนวก ค แสดง peak torque และ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัยจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic..... 84

ภาคผนวก ง แสดงสัดส่วนค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Hamstring : Quadricep Ratio) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ isokinetic แบบ concentric..... 87

ภาคผนวก จ แสดงสัดส่วนค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Hamstring : Quadricep Ratio ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ isokinetic แบบ eccentric..... 88

ภาคผนวก ฉ แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* มุมองศาการเหยียดเข่าของผู้เข้าร่วมวิจัย..... 89

ภาคผนวก ช แสดงค่าความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก (acute vertical jump) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง..... 90

ภาคผนวก ซ แสดงค่าความสามารถในการกระโดด (vertical jump) หลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง..... 91

ภาคผนวก ฌ แสดงค่าความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก (acute vertical jump) วัดโดยใช้เครื่องวัดแรงขณะกระโดด (Force plate) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้างค้าง..... 92

หน้า

ภาคผนวก ญ แสดงค่าความสามารถในการกระโดด (vertical jump) หลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ วัดโดยใช้เครื่องวัดแรงขณะกระโดด (Force plate) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง..... 93
ภาคผนวก ฎ เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำแก่ผู้เข้าร่วมโครงการ..... 94
ภาคผนวก ฐ ใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (Consent form)..... 101
ภาคผนวก ฑ แบบสอบถามข้อมูลเพื่อการคัดกรองเบื้องต้น..... 103
ภาคผนวก ฒ แบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย..... 104
ภาคผนวก ณ แบบบันทึกข้อมูลของการวิจัย..... 107
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 111

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ของข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย..... 51

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Vertec..... 52

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Force plate..... 52

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดหลังได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Vertec..... 53

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดหลังได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Force plate..... 54

ตารางที่ 4.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Agreement) ระหว่างการทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และการทดสอบด้วยเครื่องวัดแรง (Force plate)..... 55

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ของ peak torque และ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic 55

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ของ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isokinetic 56

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ของอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hamstrings และ Quadriceps (H:Q Ratio) ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงแบบ isokinetic 57

หน้า

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$±*S.D.)* มุมองศาการเหยียดเข่าของผู้เข้าร่วมวิจัย..... 58

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\overline{X}$±*S.D.)* ของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นระหว่างเข้าโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ..... 59

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดวิจัย..... 5
ภาพที่ 2.1 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง..... 9
ภาพที่ 2.2 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง(แยกเป็นมัดกล้ามเนื้อ)..... 10
ภาพที่ 2.3 ตำแหน่งของ Golgi tendon organ..... 14
ภาพที่ 2.4 ตำแหน่งของ Muscle spindle..... 15
ภาพที่ 2.5 เปรียบเทียบความเร็วในการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วกับแบบหดตัวช้า..... 20
ภาพที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ..... 20
ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของแรงดึงกล้ามเนื้อกับความยาวของมัดกล้ามเนื้อ..... 22
ภาพที่ 3.1 Universal standard goniometer # Jamar® 35
ภาพที่ 3.2 เตียงตรวจประเมิน..... 36
ภาพที่ 3.3 เครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec)..... 36
ภาพที่ 3.4 กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว #Oqus camera..... 36
ภาพที่ 3.5 Force Platform; BERTEC # FP 4060-08..... 37
ภาพที่ 3.6 isokinetic dynamometer #Cybex 6000..... 37
ภาพที่ 3.7 คอมพิวเตอร์ใช้วิเคราะห์และบันทึกข้อมูล..... 37
ภาพที่ 3.8 เครื่องจับจังหวะ (Metronome)..... 38
ภาพที่ 3.9 Marker..... 38
ภาพที่ 3.10 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (supine hamstring stretch)..... 43
ภาพที่ 3.11 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps stretch)..... 43
ภาพที่ 3.12 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (butterfly stretch)..... 44
ภาพที่ 3.13 ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius stretch)..... 44
ภาพที่ 3.14 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (sit and reach)..... 45
ภาพที่ 3.15 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (lung knee bent)..... 45
ภาพที่ 3.16 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (butterfly stretch)..... 46

หน้า

ภาพที่ 3.17 ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง (standing heel cord knee extend)..... 46
ภาพที่ 3.18 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (sit and reach)..... 47
ภาพที่ 3.19 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps stretch)…….. 47
ภาพที่ 3.20 ท่ายืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (butterfly stretch)..... 48
ภาพที่ 3.21 ท่ายืดกล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius stretch)..... 48

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ความสามารถในทางกีฬาของนักกีฬา (performance) ที่แสดงออกมาจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ลักษณะโครงสร้างของร่างกายที่เหมาะสมกับชนิดกีฬา ความพร้อมทางด้านร่างกายและจิตใจ สมรรถภาพทางกาย ระดับทักษะ เป็นต้น นอกเหนือจากปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้แล้ว การบาดเจ็บหรือความไม่พร้อมของร่างกาย เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬา ปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บมีทั้งปัจจัยภายใน(ตัวบุคคลเอง) และปัจจัยภายนอก (สิ่งแวดล้อม)(Croisier et al.,2004) ปัจจัยภายในซึ่งประกอบด้วย ความอ่อนตัว, ความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อ, อายุ, ความบกพร่องของข้อต่อ, และฮอร์โมน โดยพบว่าความไม่ยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ จากการศึกษาของ Charles และคณะปี 2007 Witvrouw ปี 2003 พบว่าการบาดเจ็บของนักกีฬาเกิดการบาดเจ็บที่รยางค์ส่วนล่าง 68-88 เปอร์เซ็นต์ ในจำนวนนี้ 17 เปอร์เซ็นต์ เป็นการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle) มากที่สุด เนื่องจากกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และเป็นกล้ามเนื้อที่มีสัดส่วนของ type II fiber สูง ซึ่งมีคุณสมบัติหดตัวเร็วและแรงมาก แต่ล้าได้ง่าย จึงทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่าย นักกีฬาหรือผู้ฝึกสอนจึงควรตระหนักถึงปัจจัยดังกล่าวที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ การบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมหรือแข่งขันกีฬาเป็นปัญหาที่สำคัญของนักกีฬาและผู้ฝึกสอน จึงทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาวิธีการลดอัตราการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมและการแข่งขันในนักกีฬา

นักกีฬาส่วนใหญ่มักพบว่ามีภาวะที่ความยาวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (Hamstring tightness) พบได้บ่อยในหลายชนิดกีฬา กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อสามมัด คือ biceps femoris , semitendinosus และ semimembranosus ซึ่งประกอบกันเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และกล้ามเนื้อ biceps femoris มักเป็นกล้ามเนื้อที่พบปัญหาในการหดสั้นมากที่สุด การหดสั้นของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังเกิดจากนักกีฬามีความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังน้อยหรือไม่ได้รับการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เพียงพอ นักกีฬาที่เกิดภาวะดังกล่าวจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดการบาดเจ็บได้สูงกว่าคนอื่นๆ (Croisier et al.,2004) และที่สำคัญทำให้ความสามารถในการเคลื่อนไหวมีประสิทธิภาพลดลง ไม่ว่าจะเป็นการกระโดด การวิ่ง

ด้วยความเร็วสูง การเคลื่อนที่หลายทิศทาง เป็นต้น ฉะนั้นนักกีฬาที่มีภาวะดังกล่าวจึงควรต้องมีรูปแบบการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่เหมาะสมและสามารถเพิ่มความอ่อนตัวให้กับนักกีฬาในกลุ่มนั้นๆ ได้ ซึ่งการยืดเหยียดกล้ามเนื้อไม่ว่าจะก่อนหรือหลังการฝึกซ้อมและแข่งขันเป็นสิ่งที่จำเป็นมาก จึงควรเตรียมความพร้อมและลดปัจจัยดังกล่าวเพื่อเพิ่มความสามารถหรือสมรรถภาพทางกายให้แก่นักกีฬา การยืดกล้ามเนื้อส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาดังนี้ กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นดีสามารถหดตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคลายตัวได้เร็ว เพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อและอวัยวะอื่นๆ ขณะเล่นกีฬา เพิ่มการส่งสัญญาณประสาทและขบวนการเมตาโบลิซึมในกล้ามเนื้อ เพิ่มการไหลเวียนเลือดในกล้ามเนื้อ เพิ่มความแข็งแรงและความเร็วของกล้ามเนื้อขณะเคลื่อนไหว ลดโอกาสของการบาดเจ็บและการใช้งานเกินกำลังของกล้ามเนื้อ เพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ เพิ่มความสามารถทนต่อแรงดึงและแรงยืด ลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ เอ็นกล้ามเนื้อ และข้อต่อ (Jari et al.,2008) นักกีฬาหรือแม้แต่บุคคลทั่วไปมีความจำเป็นมากในการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ

วิธีในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อมีอยู่หลายวิธี เช่น การยืดกล้ามเนื้อ การประคบด้วยความร้อน การใช้เครื่อง shortwave และ ultrasound แต่วิธีที่ได้รับความนิยมและสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง คือ การยืดกล้ามเนื้อเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าวิธีอื่น เทคนิคในการยืดกล้ามเนื้อ มีหลายเทคนิค เช่น การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching), การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation : PNF), การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (Ballistic Stretching) เป็นต้น

การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretching) เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ทำได้โดยการจัดท่าให้มีการยืดกล้ามเนื้อที่ต้องการยืดแล้วค้างไว้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ เนื้อเยื่อ และเอ็นรอบข้อต่อ ช่วยรักษาและเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ลดความเสี่ยงในการเกิดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย และป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย จากการศึกษาของ Davis DS และคณะ ปี 2005 พบว่าเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างสามารถเพิ่มความอ่อนตัวได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่จากการศึกษาของ Bradley PS. และคณะปี 2007 พบว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง 4.0% และการศึกษาของ Fowles และคณะในปี 2000 พบว่าหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง 30 วินาที มีค่า torque ลดลง 28% ซึ่งมีผลสอดคล้องกับอีกหลายงานวิจัยที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างมีผลต่อความสามารถในการ

กระโดดและความแข็งแรง

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation : PNF) เป็นวิธีที่เร่งเร้าการตอบสนองของกลไกทางระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยการกระตุ้นผ่านตัวรับรู้ข้อต่อ (proprioceptor) ซึ่งเป็นตัวรับความรู้สึกในกล้ามเนื้อเอ็น และข้อต่อ ทำให้เนื้อเยื่อระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อดีขึ้น จนสามารถถูกกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองได้ง่ายขึ้น การศึกษาของ Sady SP. และคณะ ปี 1981 พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มความอ่อนตัวเมื่อเปรียบเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกหรือการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง และการศึกษาของ Young & Elliott และคณะปี 2001 พบว่าความสามารถในการกระโดดลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อด้วยวิธีอื่น แต่จากการศึกษาของ Bradley PS. และคณะปี 2007 พบว่าความสามารถในการกระโดดลดลง 5.1% หลังการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แต่ในการศึกษาของ Christensen BK. และคณะในปี 2008 พบว่าหลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ไม่มีผลทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (Ballistic Stretching) ปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน โดยให้ส่วนของร่างกายได้ยืดออกในช่วงของการเคลื่อนไหวที่กว้างอย่างเป็นจังหวะ เช่น การกระโดดแยกขา การกระโดดสลับขา ฯลฯ วิธีนี้เป็นที่นิยมกันพอสมควร แต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดี และการทำซ้ำ ๆ อาจเป็นอันตรายทำให้กล้ามเนื้อยืดมากเกินหรืออาจถึงขั้นฉีกขาดได้ จากการศึกษาของ Jaggers JR. และคณะปี 2008 พบว่า ความสามารถในการกระโดดไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นซึ่งพบว่ามีความสามารถในการกระโดดลดลง ส่วนการศึกษาของ Nelson & Kokkonen และคณะในปี 2001 พบว่าหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกมีค่า maximal strength โดยการวัด peak torque ลดลงเมื่อวัดขณะเหยียดเข่าและงอเข่า

โดยสรุปจากงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลของการยืดกล้ามเนื้อแต่ละแบบต่อความสามารถในการกระโดด, ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และความอ่อนตัว ยังให้ผลไม่ชัดเจน (controversy) และผลการศึกษาส่วนใหญ่เป็นการวัดผลหลังการยืดกล้ามเนื้อทันที ไม่มีโปรแกรมการฝึก แต่ละการศึกษามีความหลากหลายในเรื่องของรูปแบบ และเวลาในการยืด เทคนิคการยืด ระยะเวลาของการฝึก และยังไม่พบว่ามีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัย สามารถทำได้ด้วยตนเอง กับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ซึ่งเป็นวิธีที่นักกีฬาส่วน

ใหญ่มักใช้กัน แต่ต้องใช้ความชำนาญสูงในการปฏิบัติ เนื่องจากสามารถทำให้เกิดอันตรายได้ง่าย ในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทและการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น ต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง เพื่อเป็นแนวทางเลือกทางหนึ่งและนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมศักยภาพของนักกีฬาที่อาศัยความสามารถในการกระโดด และนำไปพัฒนาให้กับนักกีฬาที่มีความอ่อนตัวน้อยกว่าปกติและเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อไป

คำถามการวิจัย

คำถามหลัก

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีความแตกต่างกันอย่างไรต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

คำถามรอง

ผลของการยืดเหยียดกล้ามแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีความแตกต่างกันอย่างไรต่อความอ่อนตัวของต้นขาด้านหลังและแรงเหยียดเข่างอเข่าในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท หลังได้รับการยืดกล้ามเนื้อในครั้งแรก ต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness)

2. เพื่อศึกษาผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีความแตกต่างกันอย่างไรต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังจากได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์

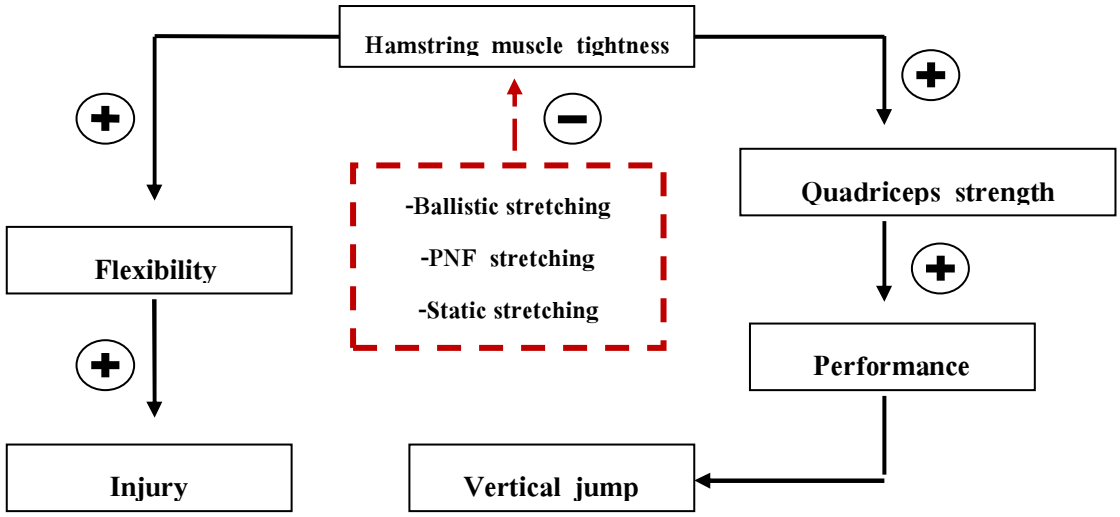
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังจากได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์

สมมติฐานของการวิจัย

1. การวัดผลทันทีหลังจากได้รับการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก ของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีผลต่อความความสามารถในการกระโดดในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) ต่างกัน

2. การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีผลต่อความความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ต่างกัน

กรอบแนวความคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาไปข้างหน้าเชิงทดลองเปรียบเทียบแบบสุ่ม (Randomize controlled trials study) โดยกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเป็นอาสาสมัครที่เป็นนักกีฬาชายที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น อายุ 18-30 ปี การวิจัยครั้งนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เนื่องจากเป็นการวิจัยในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นมนุษย์ ดังนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมการศึกษาวิจัยเป็นลายลักษณ์อักษร โดยสามารถขอถอนตัวจากการเข้าร่วมการศึกษาวิจัยในช่วงเวลาใดๆ ของการศึกษาวิจัยได้ ไม่ว่าจะด้วยเหตุผลใดก็ตาม

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกคนยินยอมเข้าร่วมวิจัยด้วยความสมัครใจ ให้ความร่วมมืออย่างเต็มที่ และเข้าใจรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยชิ้นนี้ก่อนการลงนามยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬาที่มีความยาวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังน้อยกว่าปกติ (มุมในการเหยียดเข่าน้อยกว่า 160 องศา)

3. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีปัญหาทางสุขภาพร่างกายที่เป็นอุปสรรคในการทำวิจัย

4. ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องไม่ใช้ยาคลายกล้ามเนื้อตลอดช่วงเข้าร่วมการวิจัย

5. ผู้วิจัยทำการสอบเทียบเครื่องมือวิจัย (calibration) ทุกครั้งที่มีการเริ่มต้นเก็บข้อมูล

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การศึกษาครั้งนี้จะต้องอาศัยความร่วมมือในการเข้าโปรแกรมการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น อายุ 18-30 ปี ที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือกเข้าร่วมวิจัย

2. การศึกษาครั้งนี้จะต้องอาศัยความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ ที่มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยดังกล่าว

คำสำคัญ

Vertical jump, Static stretching, PNF stretching, Ballistic stretching, Hamstring muscle tightness, Flexibility, Performance

คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

Vertical jump

หมายถึง ความสามารถในการกระโดดในแนวดิ่ง ใช้สำหรับทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา นิยมใช้กับนักกีฬาที่เกี่ยวข้องกับการกระโดด เช่น บาสเกตบอล วอลเลย์บอล

Hamstring muscle tightness

หมายถึง ภาวะที่ความยาวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น หรือมีความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังน้อยกว่าปกติ (มุมในการเหยียดเข่าน้อยกว่า 160 องศา) (Davis et al.,2005) กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อสามมัด คือ biceps femoris ,

semitendinosus และ semimembranosus ซึ่งประกอบกันเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ กล้ามเนื้อ biceps femoris มักเป็นกล้ามเนื้อที่พบปัญหาในการหดสั้นมากที่สุด

Static stretching

หมายถึง การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่ปลอดภัย ทำได้โดยจัดท่าให้กล้ามเนื้อที่ต้องการยืดถูกยืดค้างไว้ประมาณ 10-30 วินาที เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อและเอ็นรอบข้อต่อ ช่วยเพิ่มองศาการเคลื่อนไหว และป้องกันการเกิดการบาดเจ็บ

Ballistic stretching

หมายถึง การยืดกล้ามเนื้อที่ปฏิบัติโดยใช้หลักการให้กล้ามเนื้อมีการหดตัวซ้ำ ๆ กัน โดยการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะ การยืดกล้ามเนื้อชนิดนี้จะต้องอาศัย การทรงตัวที่ดี การควบคุมการเคลื่อนไหว ความแข็งแรง และความเร็ว วิธีนี้เป็นที่นิยมกันในนักกีฬาหลายประเภท เนื่องจากช่วยในการเพิ่มการทำงานประสานกันของกล้ามเนื้อที่ดี และช่วยเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้มาก แต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดี เนื่องจากการทำซ้ำ ๆ อาจเป็นอันตรายทำให้กล้ามเนื้อยืดมากเกินไปหรืออาจถึงขึ้นฉีกขาดได้

Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNF)

หมายถึง การยืดกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหว โดยใช้วิธีเร่งเร้าการตอบสนองของกลไกทางระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยการกระตุ้นผ่านตัวรับรู้ข้อต่อ (proprioceptor) ซึ่งเป็นตัวรับความรู้สึกในกล้ามเนื้อ เอ็น และข้อต่อ ทำให้จุดรับรู้การเปลี่ยนแปลง(threshold) ของเนื้อเยื่อประสาทลดลง จนสามารถถูกกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองได้ง่ายขึ้น การยืดกล้ามเนื้อชนิดนี้จะเน้นการยืดกล้ามเนื้อโดยที่มุมองศาการเคลื่อนไหวสุดท้ายจะให้กล้ามเนื้อหดตัวแบบคงค้าง แล้วตามด้วยการคลายตัวของกล้ามเนื้อ จะทำให้กล้ามเนื้อคลายตัวได้ดี ควรทำซ้ำ 3-4 ครั้ง ในการฝึก

PNF stretching เทคนิค Hold relax

หมายถึง เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (isometric contraction) ของ antagonist pattern ในช่วงที่มีการจำกัดการเคลื่อนไหวโดยให้เกร็งค้างไว้สักครู่แล้วปล่อยออก (relax) แล้วอาจตามด้วย passive movement หรือ active movement ต้านแรงน้อยๆ เพื่อเพิ่มองศาการเคลื่อนไหว ค่อยๆเปลี่ยนท่าเริ่มต้น เมื่อมีการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวมากขึ้นถึงจุดที่มีการจำกัดการเคลื่อนไหวทุกครั้ง ทำจนกว่าไม่สามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้ เทคนิคนี้ใช้เพื่อเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวเนื่องจากมีความตึงของเนื้อเยื่อ ควรทำในช่วงที่ไม่มีอาการเจ็บ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อและผลต่อความสามารถในการกระโดดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

2. ใช้เป็นแนวทางเพื่อเลือกใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อนำไปประยุกต์ใช้ในนักกีฬาในการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและการฟื้นฟูต่อไป

3. เพื่อเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางเวชศาสตร์การกีฬา, เป็นข้อมูลพื้นฐานของประชากรไทยและเพื่อใช้ในการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

บทที่ 2

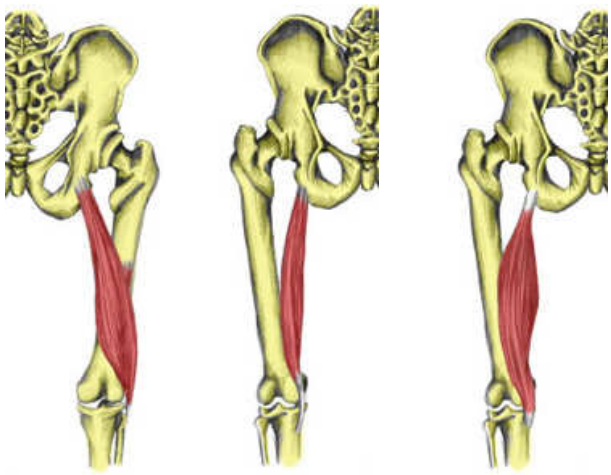
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

<u>กายวิภาคและการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง</u>

กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstrings muscle) ประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อสามมัด คือ biceps femoris, semitendinosus และ semimembranosus ซึ่งประกอบกันเป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ หน้าที่การทำงานของกล้ามเนื้อ biceps femoris มีทั้ง long head และ short head หน้าที่ของ long head จะเชื่อมโยงระหว่างสะโพกกับข้อเข่า ทำหน้าที่ในการยืดสะโพกและงอเข่า ส่วน short head จะเชื่อมโยงสั้นๆ แค่กล้ามเนื้อเข่า และทำหน้าที่ในการงอเข่าเช่นเดียวกัน กล้ามเนื้อทั้งสองนี้ยังช่วยทำหน้าที่ในการแยกเท้าออกจากกัน (lateral rotation of the knee) semitendinosus และ semimembranosus เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ภายในเชื่อมโยงระหว่างสะโพกกับข้อเข่า ทำหน้าที่ในการยืดสะโพกและงอเข่าและยังช่วยทำหน้าที่ในการหมุนเข่าเข้าด้านใน (medial rotation) กล้ามเนื้ออื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ประกอบด้วยกล้ามเนื้อที่ช่วยในการงอเข่า ได้แก่ sartorius, garcilis, gastrocnemius กล้ามเนื้อที่ช่วยในการยืดสะโพก ได้แก่ ก้น และ หลังส่วนล่าง

กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstrings muscle) ตอบสนองต่อการยกแบบ eccentric ได้ดี จากหลักฐานที่ว่านักกีฬาเขย่งก้าวกระโดด และนักกีฬากระโดดไกลมีกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง มีความแข็งแรงไม่แพ้นักวิ่งระยะสั้น ทั้งนี้เนื่องจากจังหวะลงจอดในการกระโดดแต่ละครั้ง กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ต้องรองรับแรงกระแทกจากจังหวะการผ่อนน้ำหนักลงในลักษณะเดียวกันกับจังหวะการยกแบบ eccentric

ภาพที่ 2.1 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle)



ภาพที่ 2.2 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle)

ชนิดการหดตัวของกล้ามเนื้อ

กล้ามเนื้อที่ประกอบกันเป็นรูปร่างของร่างกาย จะรับผิดชอบทำหน้าที่หดตัว (contraction) และคลายตัว (relaxation) โดยกล้ามเนื้อจะหดตัวเมื่อได้รับการกระตุ้นและเมื่อการกระตุ้นสิ้นสุดลงกล้ามเนื้อจะคลายตัว การหดตัวของกล้ามเนื้อแบ่งเป็น 3 ชนิด (เจริญ กระบวนรัตน์.,2548)

1.การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Isotonic contraction) โดยที่ความตึงตัวของกล้ามเนื้อคงที่ตลอดการเคลื่อนไหว การหดตัวของกล้ามเนื้อชนิดนี้มี 2 รูปแบบ คือ การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดสั้น (concentric contraction) และการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออก (eccentric contraction) การหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดสั้น การที่กล้ามเนื้อหดตัวออกแรงเอาชนะความต้านทานหรือน้ำหนักที่ใช้ในการฝึก ซึ่งน้ำหนักจะมีค่าน้อยกว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออกเป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับการหดตัวแบบหดสั้น โดยกล้ามเนื้อจะหดตัวออกแรงต้านกับน้ำหนัก ในขณะที่ความยาวของกล้ามเนื้อยืดยาวออกเป็นการเคลื่อนไหวของข้อต่อในลักษณะกลับคืนสู่จุดเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อมัดนั้น

2.การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไม่มีการเคลื่อนที่หรือหดเกร็ง (Isometric contraction) เป็นการหดตัวที่ข้อต่อจะไม่มีการเคลื่อนไหว แรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบนี้มีค่า

มากกว่าการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อ (Isotonic contraction)

3.การหดตัวของกล้ามเนื้อด้วยความเร็วคงที่ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว (Isokinetic contraction) เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อที่ต้องออกแรงต้านกับเครื่องมือที่ออกแบบมาเป็นพิเศษให้ปรับความเร็วคงที่ได้ โดยที่กล้ามเนื้อของผู้เข้ารับการฝึกจะหดตัวสั้น (concentric) และยืดยาวออก (eccentric) ต้านกับแรงต้านจากเครื่องมือฝึก ซึ่งแรงต้านจากเครื่องมือฝึกจะเท่ากับแรงหดตัวของกล้ามเนื้อ การฝึกให้กล้ามเนื้อหดตัวในลักษณะนี้จะทำให้กล้ามเนื้อต้องออกแรงตลอดช่วงการเคลื่อนไหว สามารถช่วยป้องกันและลดปัญหามุมการเคลื่อนไหวที่เป็นจุดอ่อนของกล้ามเนื้อในการปฏิบัติทักษะกีฬาและทักษะการเคลื่อนไหวได้เป็นอย่างดี

การฝึกความอ่อนตัว (flexibility training)

ความอ่อนตัว หมายถึง ความสามารถในการเคลื่อนไหวของข้อต่อในมุมที่กว้างที่สุด การฝึกความอ่อนตัวจึงเท่ากับเป็นการกำหนดรูปแบบการเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย อย่างไรก็ตามความอ่อนตัวจะถูกจำกัดโดยปัจจัยพื้นฐาน 4 ประการ คือ (สาลี่ สุภาภรณ์.,2541)

1.ความยืดหยุ่นตัวของพังผืดและเอ็นที่พาดผ่านข้อต่อส่วนนั้น

2.ความยืดหยุ่นตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่อยู่โดยรอบข้อต่อส่วนนั้น

3.ลักษณะโครงสร้างของกระดูกและข้อต่อส่วนนั้น

4.ผิวหนังของร่างกาย

การพัฒนาความอ่อนตัวเพื่อเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของร่างกาย สามารถกระทำได้โดยอาศัยกิจกรรมการออกกำลังกายและการบริหารร่างกายหลายรูปแบบ และไม่ว่าจะเป็นการฝึกความอ่อนตัวด้วยรูปแบบใด ล้วนแต่ต้องใช้ข้อต่อในการเคลื่อนไหวมากเกินกว่ามุมปกติทั้งสิ้น โดยมุ่งเน้นให้เกิดผลเฉพาะส่วนของร่างกายตามที่ต้องการ ขณะเดียวกันจะส่งผลให้เนื้อเยื่อเกี่ยวพันและกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องอยู่โดยรอบข้อต่อส่วนนั้นมีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้นด้วย

<u>จุดประสงค์ของการเพิ่มความอ่อนตัว</u>

1.เพื่อคงไว้และเพิ่ม joint mobility

2.เพิ่ม safety margin ของข้อต่อในการรับน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

3.ป้องกันการบาดเจ็บที่เกิดจาก co-ordination part ของ musculoskeletal system

4.ปรับสภาพของข้อต่อและระบบกระดูกกล้ามเนื้อ (musculoskeletal system) สำหรับการทำงานพิเศษในกีฬาบางชนิด

การพัฒนามุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อ เพื่อให้เกิดความอ่อนตัวในการเคลื่อนไหวดียิ่งขึ้น เป็นความสำคัญและจำเป็นอีกประการหนึ่งของการฝึกหรือออกกำลังกาย ซึ่งมีส่วนช่วยลดและป้องกันอันตรายที่อาจจะนำไปสู่การบาดเจ็บ ขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การฝึกหรือการออกกำลังกายจะต้องพยายามกระตุ้นกล้ามเนื้อบริเวณรอบๆ ข้อต่อให้มีการทำงานและปรับตัว เพื่อเตรียมรับความหนักในการฝึกที่เพิ่มมากขึ้นตามลำดับอย่างต่อเนื่อง และไม่ควรฝึกกล้ามเนื้อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเพียงกลุ่มเดียว เพราะจะทำให้เกิดความไม่สมดุลในการเคลื่อนไหว

การยืดกล้ามเนื้อจะช่วยให้กล้ามเนื้อมีความยืดหยุ่นมากขึ้น ช่วยลดความรุนแรงที่อาจจะมีผลทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ส่วนหนึ่ง นอกจากนี้ควรหลีกเลี่ยงการเคลื่อนไหวที่ก่อให้เกิดแรงบิดหมุน หรือแรงกระชากที่รุนแรงขึ้นที่บริเวณข้อต่อ การให้กล้ามเนื้อหรือข้อต่อแต่ละส่วนได้ยืดตัวมากที่สุด อย่างน้อยประมาณ 1 นาที จะช่วยให้มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อเป็นอิสระและเคลื่อนไหวได้มุมหรือระยะทางเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้มีโอกาสใช้แรงได้มากขึ้น แต่ควรระมัดระวังมิให้กล้ามเนื้อต้องยืดเหยียดมากเกินไปจนกระทั่งรู้สึกเจ็บปวด

<u>ความยืดหยุ่นกับการบาดเจ็บ</u> (สาลี่ สุภาภรณ์.,2541)

ผู้ที่ข้อต่อมีความยืดหยุ่นน้อยเกินไปหรือมากเกินไป และผู้ที่มีความยืดหยุ่นของข้อต่อที่ไม่สมดุลระหว่างอวัยวะข้างที่ถนัดกับข้างที่ไม่ถนัด คือกลุ่มบุคคลที่มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของข้อต่อสูง ตัวอย่างเช่น คนที่ถนัดขวามักจะมีความยืดหยุ่นของข้อต่อทางซีกขวาของลำตัว เช่น ข้อไหล่ ข้อเข่า หรือข้อสะโพก มากกว่าซีกซ้าย ทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างการทำงานของข้อต่อซีกขวาและซีกซ้าย เป็นผลให้เกิดการบาดเจ็บเกี่ยวกับข้อต่อได้ง่าย ในทำนองเดียวกัน ข้อต่อที่ติดขัดหรือไม่ยืดหยุ่นก็บาดเจ็บได้ง่ายเมื่อร่างกายจำเป็นต้องมีการเคลื่อนไหวที่เกิดกว่าขีดจำกัดของความยืดหยุ่น อาการบาดเจ็บอาจจะเกิดขึ้นได้ที่ กล้ามเนื้อ เอ็น และเนื้อเยื่อรอบ ๆ ข้อต่อ สำหรับลักษณะของการบาดเจ็บนั้น เป็นได้ตั้งแต่การยืดเกินกว่าปกติไปจนถึงการฉีกขาดของเนื้อเยื่อและอวัยวะรอบๆ ข้อต่อส่วนนั้น ๆ

จากการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างนักยิมนาสติกที่มีการบาดเจ็บบ่อยกับกลุ่มนักกีฬาประเภทเดียวกันที่มีการบาดเจ็บน้อยกว่า พบว่า นักยิมนาสติกที่บาดเจ็บน้อยมีความยืดหยุ่นของข้อไหล่ ข้อศอก ข้อมือ ข้อสะโพกและข้อเข่ามากกว่ากลุ่มที่บาดเจ็บบ่อย ในทางกลับกัน ข้อต่อที่หลวมหรือยืดจนเกินปกติจะไม่มีความมั่นคงของข้อต่อ เป็นผลให้เกิดการบาดเจ็บเกี่ยวกับข้อหลุดและข้อเคลื่อนได้ง่าย จากการวิจัยพบว่า นักกีฬาระดับมหาวิทยาลัยซึ่งมีความยืดหยุ่นในการ

เหยียดสะโพกข้างซ้ายและขวาที่ไม่สมดุลตั้งแต่ 15% ขึ้นไป จะมีการบาดเจ็บของข้อต่อรยางค์ สูงกว่ากลุ่มที่มีความสมดุลของการยืดหยุ่นข้อต่อถึง 2.5 เท่า

ปริมาณความยืดหยุ่นของข้อต่อที่เหมาะสม ขึ้นอยู่กับชนิดของกีฬาที่เล่นและการออกกำลังกายที่ปฏิบัติอยู่เป็นประจำ นักยิมนาสติกและนักบัลเล่ต์จะต้องมีความยืดหยุ่นของข้อต่อสูงกว่านักกีฬาประเภทอื่น นักกีฬาทั่วๆ ไปจะมีความยืดหยุ่นสูงกว่าผู้ที่ไม่ใช่นักกีฬา อย่างไรก็ตาม นักยิมนาสติกและนักบัลเลย์จะต้องมีกล้ามเนื้อและเอ็นที่แข็งแรงด้วย เพื่อให้สามารถปฏิบัติทักษะกีฬาได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีอัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บน้อยลง ข้อต่อที่มั่นคงและแข็งแรงจะมีระยะ/มุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อมากกว่าข้อต่อที่ไม่แข็งแรง สำหรับมัดกล้ามเนื้อที่ใหญ่เกินไปหรือกล้ามเนื้อที่มีเนื้อเยื่อไขมันอยู่มากจะมีความยืดหยุ่นน้อย

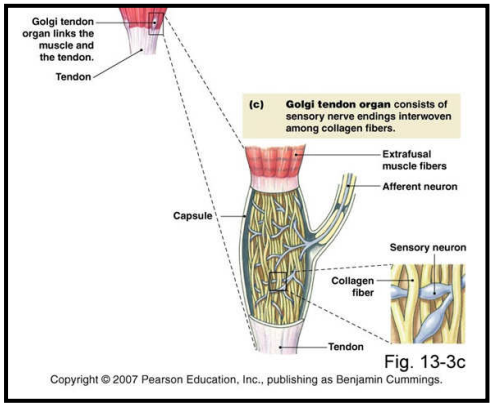
ความยืดหยุ่นในคนทั่วๆ ไปจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะคนที่อายุมากส่วนใหญ่มีการเคลื่อนไหวน้อยลง ข้อต่อต่างๆ จึงไม่ได้รับการบริหารหรือไม่ถูกใช้งาน ปัจจัยที่แท้จริงของการขาดความยืดหยุ่นมิใช่เนื่องมาจากอายุ แต่เป็นเพราะขาดการออกกำลังกายและขาดการบริหารร่างกายเพื่อช่วยให้ข้อต่อมีการเคลื่อนไหวอยู่เสมอ ไม่ว่าบุคคลจะมีอายุเท่าใดก็ตาม ถ้าเนื้อเยื่อคอลลาเจน กล้ามเนื้อ ตลอดจนเอ็นที่ยึดข้อต่อไม่ได้รับการใช้งานบ่อยๆ ขนาดของมันก็จะหดสั้นลง ความยืดหยุ่นก็ลดลงด้วย ในทางตรงกันข้าม ถ้าเนื้อเยื่อคอลลาเจนและกล้ามเนื้อถูกใช้งานสม่ำเสมอ ขนาดความยาวจะเป็นปกติหรือยาวกว่าปกติเล็กน้อย เป็นผลให้ความยืดหยุ่นเพิ่มขึ้นด้วย จากการศึกษาพบว่า คนในวัยสูงอายุที่เข้าร่วมโครงการการออกกำลังกายและฝึกยืดกล้ามเนื้อ มีความยืดหยุ่นของข้อต่อเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม

การเพิ่มความยืดหยุ่นของข้อต่อมีความสำคัญในวงการกายภาพบำบัด การฟื้นฟูสมรรถภาพ และการวางโปรแกรมการฝึกนักกีฬาแต่ละประเภท การดำรงไว้และการเพิ่มประสิทธิภาพด้านความยืดหยุ่นของข้อต่อนั้น มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับกล้ามเนื้อและเอ็น สำหรับกล้ามเนื้อและเอ็นที่ไม่แข็งแรงจะเป็นตัวจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อต่อ นอกจากนั้น การบริหารข้อต่อก็เป็นการฝึกความยืดหยุ่นของข้อต่อซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี แต่ละวิธีอาจให้ผลแตกต่างกันไปบ้างทั้งนี้เพราะประสาทที่ควบคุมกล้ามเนื้อลายจะมีการตอบสนองต่อการฝึกที่ต่างกัน

<u>การตอบสนองต่อการยืดของระบบประสาทที่กล้ามเนื้อ</u>

ตัวรับความรู้สึกที่ชื่อ กอลไจ เทนดอน ออร์แกน (Golgi tendon organs, GTOs) ซึ่งตั้งอยู่ที่รอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อและเอ็นยึดกล้ามเนื้อหรือบางครั้งก็อยู่ที่เอ็นยึดกล้ามเนื้อโดยตรง

(ภาพประกอบที่ 2.3) เมื่อกล้ามเนื้อผลิตแรงดึง กอลไจ เทนดอน ออร์แกน ก็จะได้รับการกระตุ้น กอลไจ เทนดอน ออร์แกน จะตอบสนองต่อการกระตุ้นโดยการรั้งหรือถ่วงการผลิตแรงดึงที่กล้ามเนื้อให้ช้าลง (ทำให้กล้ามเนื้อยู่ในสภาพผ่อนคลาย) และในขณะเดียวกันก็ไปกระตุ้นให้มีการผลิตแรงดึงของกลุ่มกล้ามเนื้อฝั่งตรงข้าม (Antagonist) เนื่องจาก กอลไจ เทนดอน ออร์แกน อยู่ภายในเนื้อเยื่อเอ็น (Tendinous tissue) หรือกล่าวได้ว่า มีเนื้อเยื่อเอ็นห่อหุ้มอยู่ โดยปกติแล้วเนื้อเยื่อเอ็นมีความยืดหยุ่นน้อยมากเมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ ด้วยเหตุนี้ แรงดึงขนาดเล็กซึ่งเป็นผลมาจากการยืดเหยียดกล้ามเนื้ออย่างช้า ๆ และเบา ๆ อาจจะไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้ กอลไจ เทนดอน ออร์แกน ตอบสนอง

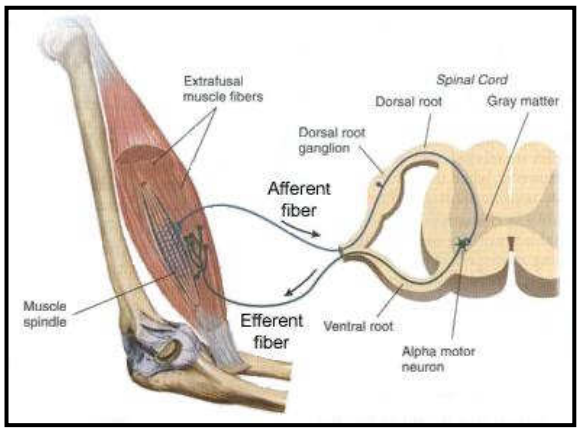


ภาพประกอบที่ 2.3 ตำแหน่งของ Golgi tendon organs

ประสาทรับความรู้สึกอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า สปินเดิล (Muscle spindle) ซึ่งกระจายอยู่ทั่วเส้นใยกล้ามเนื้อและโดยปกติจะมีทิศทางขนานไปกับเส้นใยกล้ามเนื้อ (ดังแสดงในภาพประกอบที่ 2.4) สปินเดิลจะทำหน้าที่ตอบสนองต่อการยืดของกล้ามเนื้อเช่นเดียวกับ กอลไจ เทนดอน ออร์แกน อย่างไรก็ตาม สปินเดิลจะตอบสนองต่อการกระตุ้นได้รวดเร็วกว่า กอลไจ เทนดอน ออร์แกน ไม่ว่าจะเป็นการยืดอย่างเบาๆ การยืดอย่างช้าๆ หรือการยืดที่รวดเร็วและรุนแรงของกล้ามเนื้อ สปินเดิลจะได้รับการกระตุ้นและมีการตอบสนอง การกระตุ้นยิ่งมีความรุนแรงมาก สปินเดิลก็จะมีการตอบสนองที่รวดเร็วและรุนแรงมากตามไปด้วย เช่น ถ้าเพิ่มความรวดเร็วในการยืดกล้ามเนื้อ การตอบสนองของสปินเดิลก็ยิ่งเร็วตามไปด้วย การตอบสนองของสปินเดิลเมื่อมีการยืดของกล้ามเนื้อนั้น แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ก่อให้เกิดการตอบสนองต่อการยืดแบบฉับพลัน (Stretch reflex) และก่อให้เกิดความล่าช้าในการสร้างแรงดึงของกล้ามเนื้อกลุ่มตรงข้าม

(Antagonist) ซึ่งกระบวนการตอบสนองแบบหลังนี้มีชื่อเฉพาะ เรียกว่า รีซิปโพรคอล อินฮิบิชั่น (Reciprocal inhibition)

การตอบสนองต่อการยืดแบบฉับพลัน (Stretch reflex) เกิดจากการทำงานของสปินเดิล ซึ่งอยู่ในมัดกล้ามเนื้อที่ได้รับการยืด การตอบสนองอย่างรวดเร็วที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการถ่ายโยงของประสาทข้ามจุดเชื่อมโยง (Synapse) ซึ่งเป็นการนำกระแสประสาทของประสาทนำเข้า (Afferent nerve) จากสปินเดิลไปยังไขสันหลังและต่อไปถึงประสาทนำออก (Efferent nerve) ทำให้การกระตุ้นนั้นถูกส่งต่อโดยตรงจากไขสันหลังไปยังกล้ามเนื้อ เป็นผลให้เกิดการผลิตแรงดึงขึ้นที่กล้ามเนื้อ ตัวอย่าง การเคาะเข่า การเคาะทำให้เอ็นที่สะบ้าหัวเข่าตอบสนองโดยสปินเดิลมีการทำงานอย่างฉับพลัน ผลก็คือ ทำให้เกิดการผลิตแรงดึงที่กล้ามเนื้อควอดริเซป (Quadriceps) นั่นคือ มีการตอบสนองโดยการกระตุกหรือเหยียดเข่าออกไปแบบทันทีทันใด



ภาพประกอบที่ 2.4 สปินเดิลที่อยู่ในกล้ามเนื้อ

<u>หน้าที่ของกล้ามเนื้อ</u>

กล้ามเนื้อทำหน้าที่ในเชิงกลศาสตร์หลายอ่างด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวส่วนของร่างกายตามรูปแบบที่ต้องการ จะกล่าวถึงหน้าที่ของกล้ามเนื้อ 4 ประการ

1.กล้ามเนื้อหลักที่หดตัวสั้นเพื่อผลิตแรงดึง (Agonist) และทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ข้อต่อเนื่องจากการเคลื่อนไหวของข้อต่อมักเกิดจากการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อ มิใช่การทำงานของกล้ามเนื้อเพียงมัดเดียว ดังนั้น การเคลื่อนไหวอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การงอศอก จึงเกิดจากการทำงานของกลุ่มกล้ามเนื้อซึ่งประกอบไปด้วยกล้ามเนื้อหลักและกล้ามเนื้อรอง กล้ามเนื้อหลักที่ทำให้เกิดการงอศอก คือ กล้ามเนื้อไบเซป บราชิไอ (Biceps brachii) กับกล้ามเนื้อบราเชียลลิส

(Brachialis) ส่วนกล้ามเนื้อรองได้แก่กล้ามเนื้อมัดอื่นๆ ที่บริเวณปลายแขน เช่น บราชิโอเรดียลลิส (Brachioradialis) ซึ่งทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการงอศอกเช่นเดียวกัน

2.กล้ามเนื้อที่ยืดตัวตามเมื่อกล้ามเนื้อหลักหดสั้น (Antagonist) เพื่อช่วยให้เกิดการเคลื่อนไหวตามแบบที่ต้องการ เมื่อกล้ามเนื้อหลักหดตัวทำให้มีการเคลื่อนไหวขึ้นที่ข้อต่อ กล้ามเนื้อตรงข้ามจะยืดหรือคลายตัวตามเพื่อชะลอการทำงานของกล้ามเนื้อหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหวที่รุนแรง ตัวอย่างเช่น การเดินลงเนิน กล้ามเนื้อควอดไดเซป (Quadriceps) ซึ่งปกติแล้วมีหน้าที่หลักในการเหยียดเข่า จะทำงานแบบอีเซนทริค คือ ยืดตัวตามเพื่อลดความเร็วในการงอเข่าที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อหลักแฮมสตริง (Hamstrings) ซึ่งอยู่ตรงกันข้าม ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า รีซิปโพรคอล อินฮิบิชั่น (Reciprocal inhibition) เป็นกระบวนการป้องกันกลุ่มกล้ามเนื้อที่หดตัวและคลายตัวไม่ให้ทำงานขัดขวางกัน

3.กล้ามเนื้อที่ช่วยสร้างความมั่นคงโดยการยึดส่วนของร่างกายให้อยู่กับที่ (Stabilizer) ในขณะที่มีแรงมากระทำ แรงที่มากระทำเป็นได้ทั้งแรงดึงของกล้ามเนื้อ หรือแรงจากภายนอก เช่น น้ำหนักของวัตถุที่ต้องการยก ตัวอย่าง กล้ามเนื้อรอมบอยส์ (Rhomboids) ที่บริเวณหัวไหล่ จะทำหน้าที่ยึดกระดูกสะบักมิให้หลุดออกไปจากตำแหน่งในขณะที่นักมวยออกแรงชกหมัดตรงแต่พลาดเป้า เป็นต้น

4.กล้ามเนื้อที่จำกัดการเคลื่อนไหวให้เป็นไปตามแบบที่ต้องการ (Neutralizer) เนื่องจากกล้ามเนื้อบางกลุ่มผลิตแรงดึงแล้วทำให้เกิดการเคลื่อนไหวได้มากกว่าหนึ่งแบบ เช่น กล้ามเนื้อไบเซปบราชิไอ (Biceps brachii) การผลิตแรงดึงของกล้ามเนื้อนี้สามารถทำให้เกิดการงอศอก (flexion) และการหงายมือ (supination) ขณะที่นักกีฬาต้องการงอศอกและเหยียดศอกเพื่อยกบาร์เบล กล้ามเนื้อโพรเนเตอร์ เทอเรส (Pronater teres) ก็จะช่วยยับยั้งการหงายมือของกล้ามเนื้อไบเซป บราชิไอ เพื่อให้มีการเคลื่อนไหวตามแบบที่ต้องการ คือ มีการงอศอกและเหยียดศอกเท่านั้น

<u>เส้นใยกล้ามเนื้อ</u>

เส้นใยกล้ามเนื้อลายส่วนใหญ่ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะเป็นเซลล์ชนิดที่หดตัวเร็ว กล่าวคือ สามารถตอบสนองเมื่อมีกระแสประสาทมากระตุ้นเพียงครั้งเดียว การตอบสนองต่อการกระตุ้นก็โดยการหดตัวและผลิตแรงดึง หลังจากมีการกระตุ้นของกระแสประสาท ขนาดของแรงดึงที่เส้นใยกล้ามเนื้อผลิตขึ้นนั้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดในเวลาอันสั้นกว่า 100 มิลลิวินาที จากนั้นจะค่อยๆ ลดลง ในมนุษย์เส้นใยจะถูกกระตุ้นโดยกระแสประสาท เมื่อกระแสประสาทที่ส่งมากระตุ้นที่เส้นใยกล้ามเนื้อมีความรวดเร็วและต่อเนื่องทั้งๆ ที่เส้นใยกล้ามเนื้อได้ทำ

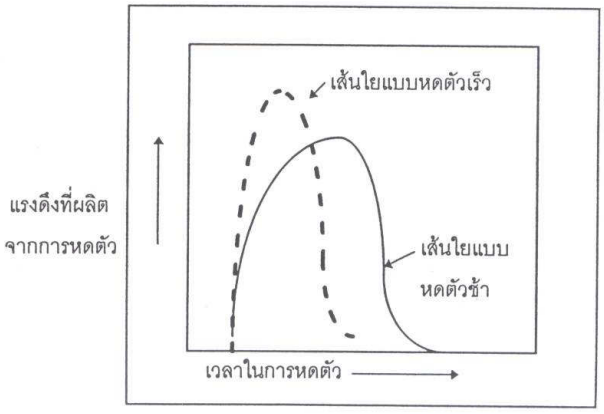
การผลิตแรงดึงแล้ว การสะสมการกระตุ้นจะเกิดขึ้น ทำให้แรงดึงที่ผลิตเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงค่าแรงดึงสูงสุดที่เส้นใยนั้นๆ สามารถผลิตได้

เมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อได้รับการกระตุ้นซ้ำๆ การสร้างแรงดึงสูงสุดก็จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เตตานัส (tetanus) นั่นคือ สภาวะที่กล้ามเนื้อต้องผลิตแรงดึงสูงสุดอย่างต่อเนื่องเพราะการกระตุ้นจากกระแสประสาทดำเนินต่อไปครั้งแล้วครั้งเล่า แรงดึงที่เกิดขึ้นในช่วงเตตานัสนี้ อาจสูงถึง 4 เท่า ของแรงดึงสูงสุดที่เกิดจากการกระตุ้นครั้งเดียว ถ้าสภาวะเตตานัสยังดำเนินอยู่ต่อไป เส้นใยกล้ามเนื้อจะเริ่มเกิดอาการล้า และความล้าที่เกิดขึ้นนี้มีผลทำให้ขนาดของแรงดึงที่กล้ามเนื้อผลิตค่อยๆ ลดลง

เส้นใยกล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์ ส่วนใหญ่จะเป็นเส้นใยที่ตอบสนองได้รวดเร็ว กล่าวคือ การกระตุ้นของกระแสประสาทเพียงครั้งเดียวก็มีผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อทำหน้าที่ อย่างไรก็ตาม เส้นใยบางชนิดเป็นแบบโทนิค (tonic) นั่นคือ จะต้องได้รับการกระตุ้นหลายครั้งจึงจะเริ่มผลิตแรงดึง ตัวอย่างเช่น เส้นใยกล้ามเนื้อที่บริเวณดวงตา

<u>ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อ</u>

เส้นใย (fiber) ของหน่วยยนต์บางชนิดเมื่อได้รับการกระตุ้นจะก่อให้เกิดแรงดึงสูงสุดภายในระยะเวลาที่สั้นกว่าเส้นใยชนิดอื่นๆ ด้วยเหตุที่เส้นใยมีความเร็วในการหดตัวที่แตกต่างกัน ดังนั้น หากจำแนกชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อโดยพิจารณาที่ความเร็วในการหดตัวเป็นหลัก ก็สามารถแบ่งเส้นใยกล้ามเนื้อได้ 2 ชนิด คือ เส้นใยที่หดตัวเร็ว (Fast twitch, FT) และเส้นใยที่หดตัวช้า (Slow twitch, ST) เส้นใยแบบหดตัวเร็วจะใช้เวลาประมาณครึ่งหนึ่งของเส้นใยที่หดตัวช้าในการหดตัวเพื่อสร้างแรงดึงสูงสุดและคลายตัว (ดูภาพประกอบที่ 2.5) อย่างไรก็ตามเวลาในการหดตัวเพื่อผลิตแรงดึงสูงสุดในกลุ่มเส้นใยชนิดเดียวกัน มีความแตกต่างกันมาก ความแตกต่างนี้เกิดจากประมาณของเอทีพีเอส (ATPase) ที่อยู่ในเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็ว นอกจากนี้ เส้นใยที่หดตัวเร็วยังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าเส้นใยที่หดตัวช้า ดังนั้น เส้นใยที่หดตัวเร็วจึงผลิตแรงดึงได้มากกว่าเส้นใยชนิดหดตัวช้า อย่างไรก็ตาม เส้นใยที่หดตัวเร็วจะเกิดการล้าได้เร็วกว่าเส้นใยที่หดตัวช้า



ภาพประกอบที่ 2.5 เปรียบเทียบความเร็วในการหดตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วกับแบบหดตัวช้า

เส้นใยที่หดตัวเร็วแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามโครงสร้างทางเคมี คือเส้นใยที่หดตัวได้เร็วแบบที่มีเส้นใยที่หดตัวได้ช้าปนอยู่เพื่อชะลอการเมื่อยล้า และแบบที่ 2 คือ เส้นใยที่หดตัวได้เร็วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ เส้นใยชนิดนี้จะมีไมโตคอนเดรียอยู่น้อยกว่าจึงเกิดการล้าได้เร็วกว่าแบบแรก กล่าวโดยสรุป ถ้าแบ่งย่อยออกไป เส้นใยกล้ามเนื้อสามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด คือ แบบหดตัวช้า หรือแบบที่ 1 (Type I) แบบหดตัวเร็ว หรือแบบที่ 2ก (Type II a) และแบบหดตัวเร็ว หรือแบบที่ 2ข (Type II b) การแบ่งแบบเดียวกันนี้ ถ้าพิจารณาที่ระบบเผาผลาญพลังงาน เส้นใยแบบที่ 1 เรียกว่าเส้นใยแบบหดตัวช้าที่ต้องอาศัยออกซิเจน (Slow-twitch oxidation, SO) เส้นใยแบบ 2ก เรียกว่าเส้นใยแบบหดตัวเร็วที่ต้องอาศัยออกซิจนในกระบวนการไกลโคไลซิส (Fast-twitch oxidation glycolytic, FOG) และเส้นใยแบบ 2ข เรียกว่าเส้นใยที่หดตัวเร็วแบบไกลโคไลซิส (Fast-twitch glycolytic, FG) ดูตารางที่ 2.1 ประกอบ

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบคุณลักษณะของเส้นใยแบบที่ 1 แบบที่ 2ก และแบบที่ 2ข

คุณลักษณะ	เส้นใยแบบที่ 1 (SO)	เส้นใยแบบที่ 2ก (FOG)	เส้นใยแบบที่ 2ข (FG)
ความเร็วในการหดตัว	ช้า	เร็ว	เร็ว
ความล้าที่เกิดขึ้น	ช้า	ปานกลาง	เร็ว
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	เล็ก	ปานกลาง	ใหญ่
ส่วนประกอบของเอทีพีเอส (ATPase)	ต่ำ	สูง	สูง
ส่วนประกอบของไมโตคอนเดรีย	สูง	สูง	ต่ำ
ปริมาณเอ็นไซม์แบบไกลโคไลสิส	ต่ำ	ปานกลาง	สูง

แม้ว่าเส้นใยทั้งหมดใน 1 หน่วยยนต์จะเป็นชนิดเดียวกัน แต่กล้ามเนื้อลายส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยเส้นใยที่หดตัวได้ช้าและเร็วในปริมาณที่ต่างกันไปในแต่ละมัดกล้ามเนื้อและแต่ละบุคคล เช่น กล้ามเนื้อใต้น่อง (Soleus) ประกอบด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวได้ช้าเป็นส่วนมาก ตรงข้าม กล้ามเนื้อน่อง (Gastrocnemius) ซึ่งอยู่ติดกัน มีเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวเร็วเป็นส่วนประกอบมากกว่าเส้นใยที่หดตัวช้า

เส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวได้เร็วมีความสำคัญต่อการปฏิบัติกิจกรรมกีฬาที่ต้องอาศัยความเร็ว และพลังกล้ามเนื้อในการหดตัว เช่น การกระโดด การวิ่งระยะสั้น กีฬาที่ต้องอาศัยความอดทน เช่นวิ่งระยะไกล ว่ายน้ำ และจักรยาน ต้องการการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อที่หดตัวช้า จากการวิจัยพบว่า นักกีฬาที่ต้องใช้ทั้งความแข็งแรงและกำลังจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวเร็วอยู่มาก ส่วนนักกีฬาที่ต้องใช้ความอดทนสูงจะมีเส้นใยกล้ามเนื้อแบบหดตัวช้ามากกว่าคนทั่วไป

<u>ลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อ</u>

มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ คือ ลักษณะการเรียงตัวของกล้ามเนื้อ ทิศทางของเส้นใยที่อยู่ในกล้ามเนื้อ และการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อที่ยึดเกาะกับเอ็นในกล้ามเนื้อแต่ละมัดจะมีความแตกต่างกัน รูปแบบการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อมีผลต่อความแข็งแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ตลอดจนระยะการเคลื่อนไหวของข้อต่อ (ROM) ซึ่งกล้ามเนื้อกลุ่มนั้นๆ ดึงให้เกิดการเคลื่อนไหว

ลักษณะการเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อมี 2 แบบใหญ่ๆ คือ แบบขนาน (Parallel) กับแบบขนนก (Pennate) การเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบขนาน เส้นใยกล้ามเนื้อจะขนานไปกับแกนดิ่งของกล้ามเนื้อ ตัวอย่างเช่น กล้ามเนื้อซาโทเรียส (Sartorious) กล้ามเนื้อเรคตัส แอบโดมินิส (Rectus obdominis) เป็นต้น เส้นใยกล้ามเนื้อที่มีการเรียงตัวแบบขนนก คือ เส้นใยที่ยึดเกาะเป็นมุมกับแกนดิ่งของกล้ามเนื้อ เส้นใยกล้ามเนื้อแต่ละเส้นสามารถยึดเกาะกับเอ็นกล้ามเนื้อได้มากกว่า 1 ตำแหน่ง และเส้นใยกล้ามเนื้อบางเส้นก็ยึดเกาะตลอดแนวความยาวของกล้ามเนื้อมัดนั้น นอกจากนั้น เส้นใยกล้ามเนื้อยังสามารถยึดเกาะที่เอ็นกล้ามเนื้อเป็นมุมแตกต่างกันไปมากกว่า 1 มุม ตัวอย่างกล้ามเนื้อชนิดนี้ เช่น กล้ามเนื้อทิเบียลลิส โพสทิเรีย (Tibialis posterior) กล้ามเนื้อเรคตัส ฟีโมริส (Rectus femoris)

เส้นใยกล้ามเนื้อแบบขนาน จะมีวิธีการผลิตแรงดึงโดยการหดสั้นลง ส่วนเส้นใยที่เรียงตัวแบบขนนกก็จะผลิตแรงดึงโดยการหดตัวเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม การหดสั้นลงของเส้นใยกล้ามเนื้อแบบขนนก คือ การที่เส้นใยหมุนรอบเอ็นกล้ามเนื้อที่มันยึดเกาะอยู่ ทำให้มุมการยึด

เกาะเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่ามุมในการยึดเกาะของเส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบขนนกยิ่งมากเท่าใด ขนาดของแรงที่จะถ่ายโยงไปยังเอ็นของเส้นใยกล้ามเนื้อเพื่อทำให้กระดูกเคลื่อนไหวก็ยิ่งลดลง เมื่อมุมยึดเกาะเกินกว่า 60 องศา ประมาณแรงที่จะถ่ายโยงไปสู่เอ็นที่เส้นใยกล้ามเนื้อนั้นๆ ยึดเกาะอยู่ จะเหลือน้อยกว่า ½ ของแรงสุทธิที่เส้นใยกล้ามเนื้อผลิตขึ้น

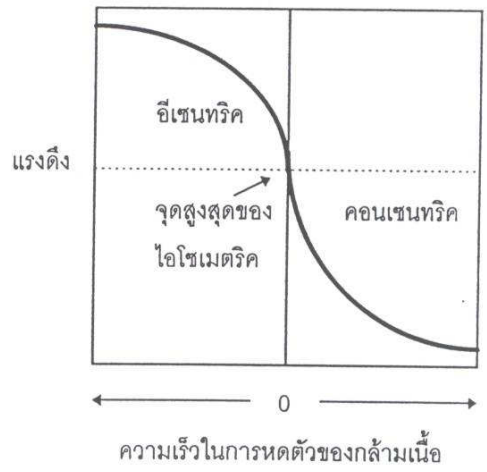
แต่แม้ว่าลักษณะการเรียงตัวแบบขนนกจะทำให้แรงดึงที่กล้ามเนื้อผลิตมีขนาดลดลง แต่การเรียงตัวแบบนี้ทำให้บรรจุเส้นใยได้เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบเป็นพื้นที่ 1 ตารางหน่วย เมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อมีอยู่เป็นจำนวนมาก การผลิตแรงดึงจะทำได้มากพอๆ กัน หรือมากกว่าเส้นใยกล้ามเนื้อที่เรียงตัวแบบขนาน ในขนาดพื้นที่ที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามเส้นใยกล้ามเนื้อแบบขนานมีข้อดี คือ ช่วยให้กล้ามเนื้อทั้งมัดหดตัวได้สั้นกว่ากล้ามเนื้อที่มีเส้นใยเรียงตัวแบบขนนก ดังนั้นกล้ามเนื้อที่มีเส้นใยเรียงตัวแบบขนาน จึงสามารถทำให้ส่วนของร่างกายเคลื่อนไหวไปได้ระยะทางการเคลื่อนไหวที่มากกว่ากล้ามเนื้อที่มีการเรียงตัวแบบขนนก เมื่อเปรียบเทียบในพื้นที่ขนาดเท่ากัน

<u>ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็ว</u>

ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็ว (Force-velocity relationship) กล่าวถึง การทำงานของกล้ามเนื้อโดยการหดตัวสั้น (concentric) จากภาพประกอบที่ 2.6 จะสังเกตได้ว่า ส่วนโค้งที่อยู่ใต้เส้นประ คือ การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดตัวสั้น ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็วนี้สรุปได้ว่า ขนาดของแรงที่กล้ามเนื้อต้องผลิตจะเป็นสัดส่วนกลับกับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ กล่าวคือ เมื่อกล้ามเนื้อต้องผลิตแรงดึงเพื่อเอาชนะแรงต้าน (Force or resistance) ขนาดใหญ่ ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะลดลง ในทางตรงกันข้ามถ้ากล้ามเนื้อผลิตแรงดึงเพื่อเอาชนะแรงต้านขนาดเล็ก ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อจะเพิ่มขึ้น

ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็วนี้มิได้หมายความว่า เมื่อมีแรงต้านขนาดใหญ่แล้วกล้ามเนื้อจะหดตัวอย่างรวดเร็วไม่ได้ สำหรับกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรงมากและกล้ามเนื้อที่ได้รับการฝึกฝนมาดี จะสามารถเอาชนะแรงต้านขนาดใหญ่ด้วยการหดตัวอย่างรวดเร็วได้ กล้ามเนื้อที่แข็งแรงมาก เมื่อหดสั้นลงขนาดของแรงดึงสูงสุดจากการหดตัว (คือจุดสูงสุดในการทำงานแบบไอโซเมตริค ซึ่งอยู่ที่แนวเส้นประ) จะมากตามไปด้วย นั่นแสดงว่า ขนาดของแรงดึงสูงสุดที่กล้ามเนื้อผลิตก่อนที่กล้ามเนื้อจะมีการยืดยาวออก มีขนาดเพิ่มขึ้น แม้ว่าระดับเส้นประที่สูงขึ้นจะเป็นตัวบ่งชี้ว่า การผลิตแรงดึงทั้งแบบหดสั้น (concentric) และแบบยืดออก (eccentric) จะ

เพิ่มขึ้น แต่รูปร่างของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็ว โดยภาพรวมแล้ว จะไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ส่วนโค้งจะมีลักษณะคล้ายกับที่เห็นในภาพประกอบที่ 2.6



ภาพประกอบที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อ

ในทำนองเดียวกัน ความสัมพันธ์ของแรงกับความเร็วนี้ไม่ได้หมายความว่า ถ้าแรงต้านมีขนาดเล็ก(เบา) แล้วร่างกายก็จะต้องเคลื่อนที่ด้วยความรวดเร็วเสมอไป ทั้งนี้เพราะในการดำเนินชีวิตประจำวันของคนทั่วๆ ไป กล้ามเนื้อจะมีการทำงานอย่างช้าๆ เพื่อเอาชนะแรงต้านขนาดปานกลาง การเคลื่อนไหวส่วนใหญ่จะมีการควบคุมให้เร็วหรือช้าตามต้องการ การเคลื่อนไหวด้วยอัตราเร็วปานกลาง ความเร็วในการหดสั้นของกล้ามเนื้อจะถูกควบคุม นั่นคือ หน่วยยนต์จำนวนหนึ่งซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานเท่านั้นที่จะได้รับการกระตุ้นจากระบบประสาท ตัวอย่างเช่น การยกดัมเบลในท่างอ-เหยียดแขน อย่างช้าๆ หรืออย่างรวดเร็ว ขึ้นอยู่กับการควบคุมของหน่วยยนต์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของกล้ามเนื้อแขนส่วนนั้นๆ ว่าต้องการให้มีการเคลื่อนไหวเร็วหรือช้าเพียงใด

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดเกร็ง (Isometric) จะเกิดขึ้นเมื่อแรงต้านกับแรงดึงสูงสุดที่กล้ามเนื้อผลิตมีขนาดพอๆกัน แต่เมื่อใดก็ตามที่แรงต้านมีขนาดเกินกว่าระดับแรงดึงสูงสุดที่กล้ามเนื้อผลิต การทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดเกร็ง จะไม่สามารถรั้งหรือเอาชนะแรงต้านเหล่านั้นได้ ผลก็คือ กล้ามเนื้อจะมีการยืดออก นั่นแสดงว่า กล้ามเนื้อเริ่มมีการทำงานแบบยืดยาวออก (eccentric) ดังที่เห็นในส่วนบนเหนือเส้นประของภาพประกอบที่ 2.6

การฝึกความแข็งแรงแบบอีเซนทริค ทำได้โดยการใช้แรงต้านซึ่งมีขนาดมากกว่าแรงดึงสูงสุดที่กล้ามเนื้อผลิต (มากกว่าแรงดึงสูงสุดแบบไอโซเมตริค) เมื่อมีแรงต้านขนาดดังกล่าวมากระทำ กล้ามเนื้อจะเริ่มยืดออก นั่นคือ เริ่มมีการทำงานแบบอีเซนทริค จากการศึกษาพบว่าการฝึกแบบอีเซนทริคช่วยเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้เช่นเดียวกับการฝึกแบบคอนเซนทริคและไอโซเมตริค โดยสรุปแล้วไม่ว่าจะเป็นการฝึกแบบใด ต่างก็ให้ผลเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อได้ไม่แตกต่างกัน

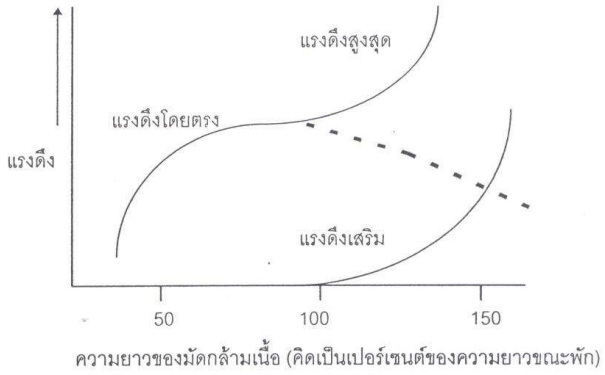
<u>ความสัมพันธ์ของแรงกับความยาวของมัดกล้ามเนื้อ</u>

ความสัมพันธ์ของแรงกับความยาวของมัดกล้ามเนื้อ (Force-length relationship) กล่าวว่า ความยาวของมัดกล้ามเนื้อ คือปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นตัวกำหนดขนาดของแรงดึงสูงสุดแบบไอโซเมตริคที่กล้ามเนื้อผลิตขึ้น หากวิเคราะห์ที่เส้นใยกล้ามเนื้อจะพบว่าความสามารถในการผลิตแรงดึงได้มากที่สุดนั้น เกิดขึ้นเมื่อกล้ามเนื้อมีความยาวปกติ อย่างไรก็ตาม หากกล้ามเนื้อได้รับการยืด (Stretch) เล็กน้อย ความสามารถในการผลิตแรงดึงจะเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อที่เส้นใยเรียงตัวแบบขนานจะผลิตแรงดึงสูงสุดเมื่อความยาวของมันยืดออกไปเกินกว่าความยาวในสภาวะปกติเพียงเล็กน้อย ส่วนกล้ามเนื้อที่เส้นใยเรียงตัวแบบขนนกจะผลิตแรงดึงสูงสุดเมื่อความยาวเพิ่มเป็น 1-1.3 เท่าของความยาวปกติ การที่กล้ามเนื้อผลิตแรงดึงได้เพิ่มขึ้นหลังจากที่มีการยืด (Stretch) เล็กน้อยนั้น เป็นเพราะองค์ประกอบความยืดหยุ่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบซีรี่ (SEC) ซึ่งทำหน้าที่สะสมพลังงานแล้วปล่อยออกไปเหมือนสปริง ช่วยเพิ่มแรงดึงที่กล้ามเนื้อผลิตขึ้น

จากภาพประกอบที่ 2.7 แสดงให้เห็นว่า แรงดึงสูงสุดที่กล้ามเนื้อผลิตนั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของมัดกล้ามเนื้อ กล่าวคือ องค์ประกอบในการหดตัว (CC) มีการหดสั้นทำให้เกิดแรงดึงโดยตรง (Active) นอกจากนั้น องค์ประกอบความยืดหยุ่นแบบซีรีและแบบพาราเรล (SEC&PEC) จะทำหน้าที่สะสมพลังงานแล้วปล่อยออกไปเหมือนสปริงที่ดีดกลับ จึงก่อให้เกิดแรงดึงเสริม (Passive) ดังนั้น แรงดึงสูงสุดที่กล้ามเนื้อผลิต จึงเท่ากับผลรวมของแรงดึงโดยตรงบวกกับแรงดึงเสริม

เมื่อกล้ามเนื้อมีการยืด (Stretch) องค์ประกอบความยืดหยุ่นแบบซีรีจะทำให้เกิดการดีดกลับซึ่งเป็นการเพิ่มแรงดึง ดังนั้น การยืดจึงทำให้ความแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น กล่าวโดยสรุปได้ว่า การหดตัวของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออก (eccentric) ตามด้วยการหดสั้น (concentric) อย่างฉับพลัน มีชื่อเรียกว่า วงจรการยืด-หด (Stretch-shortening cycle) วงจร

การทำงานของกล้ามเนื้อแบบนี้ช่วยเพิ่มพลังหรือแรงของกล้ามเนื้อ เป็นผลให้การปฏิบัติกิจกรรมกีฬาต่างๆ มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ตัวอย่าง พิชเชอร์ในกีฬาเบสบอลจะเริ่มยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ใช้ในการงอไหล่แล้วหุบไหล่ทันทีก่อนที่จะข้างลูกบอลออกไป ในทำนองเดียวกัน การเหยียดกล้ามเนื้อที่ลำตัวและหัวไหล่ขณะที่เหวี่ยงไม้กอล์ฟไปจนถึงจุดที่ต้องการทางด้านหลัง (Backswing) หรือการเหวี่ยงไม้ซอฟบอลไปด้านหลังก่อนที่จะตีลูก ก็เพื่อสร้างวงจรการยืด-หดนั่นเอง



ภาพประกอบที่ 2.7 ความสัมพันธ์ของแรงดึงกล้ามเนื้อกับความยาวของมัดกล้ามเนื้อ

รูปแบบของการยืดกล้ามเนื้อ

<u>การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง</u> (Static Stretching)

เป็นการยืดกล้ามเนื้ออย่างช้าๆ จนถึงจุดที่ตึงที่สุด ซึ่งจะทำให้ความตึงตัวของกล้ามเนื้อค่อยๆ ลดลง และยืดกล้ามเนื้อค้างไว้ 30-60 วินาที จึงกลับมาอยู่ในท่าเดิม และทำซ้ำ 3-5 ครั้ง หรือมากกว่านั้น โดยไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวด

<u>การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท</u> (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation)

เป็นการยืดกล้ามเนื้อที่ต้องการจะยืดจนสุด จากนั้นจะให้เกร็งกล้ามเนื้อที่ต้องการยืดเต็มที่ 3-5 วินาทีหรือมากกว่านั้นแล้วคลาย ขณะที่คลายกล้ามเนื้อให้ยืดกล้ามเนื้อชุดนั้นไปอีกเท่าที่จะทนเจ็บได้แล้วค้างไว้ 15-30 วินาที เป็นอันครบ 1 รอบ ของการยืด แล้วทำซ้ำประมาณ 3 ครั้ง วิธีนี้จะเป็นการกระตุ้น Golgi tendon organs ให้ยับยั้ง alpha motor neurons และ gamma motor neurons ของกล้ามเนื้อ

<u>การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก</u> (Ballistic Stretching)

เป็นการยืดกล้ามเนื้อด้วยแรงกระชากหรือแรงเหวี่ยง ลักษณะเป็นการยืดกล้ามเนื้อแบบรวดเร็วโดยการใช้โมเมนตัมของร่างกายหรือส่วนของร่างกายไปทำให้ข้อต่อมีการเคลื่อนไหวในระยะการเคลื่อนไหวสูงสุด หรือเกินกว่าระยะการเคลื่อนไหวสูงสุดที่ข้อต่อนั้นๆ จะกระทำได้ การ

ยืดชนิดนี้เป็นการกระตุ้นการตอบสนองแบบฉับพลัน (reflex) ด้วยเหตุนี้กล้ามเนื้อที่ถูกยืดจึงผลิตแรงดึงอย่างทันทีทันใด ทำให้อัตราเสี่ยงต่อการบาดเจ็บหรือฉีกขาดของกล้ามเนื้อสูง

การบาดเจ็บจากการเล่นกีฬาเกิดขึ้นได้เสมอจากการที่มีองค์ประกอบเสี่ยง (risk factors) ซึ่งอาจจะยังไม่เป็นที่ยอมรับทั่วไป (universal agreement) ทั้งหมดว่ามาจาก 2 สาเหตุ คือ เหตุภายนอก (extrinsic) เช่น ชนิดกีฬา การฝึก อุปกรณ์การเล่นกีฬา สนาม คู่แข่งขัน ตลอดจนธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ซึ่งถ้าไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมก็สามารถทำให้เกิดอันตรายได้ทั้งสิ้น และเหตุภายใน (intrinsic) จากตัวนักกีฬาเอง เช่น รูปร่าง และโครงสร้างของร่างกาย ความสมบูรณ์ทางด้านกล้ามเนื้อ กระดูก ข้อต่อ ความอดทน ความคล่องแคล่วและความยืดหยุ่นของร่างกาย การบาดเจ็บในอดีต ทำให้ไม่สามารถใช้ร่างกายส่วนนั้นได้อย่างเต็มที่ หรือคอยกังวลว่าจะได้รับบาดเจ็บซ้ำที่เดิมอีกจนลืมป้องกันที่อื่น นอกจากนี้สภาพจิตใจที่เครียดกังกล ทำให้การคาดคะเนไม่ถูกต้องแน่นอน สิ่งต่างๆ ดังกล่าวทำให้เกิดการบาดเจ็บได้ง่าย

Extrinsic and Intrinsic factors in sports injuries (Battams 1987)

Extrinsic factors	Intrinsic factors
Exposure	**Physical characteristics**
-type of sports rule	-age
-playing time	-sex
-position in the team	-body type
-level of competition	-physical fitness
Training Environment	-muscle tightness
-type and condition of	-joint instability
-playing surface	-malalignment of the lower
-weather condition	-extremities
-time of day	**Psychological and social characteristics**
-time of season	
-equipment	
-protective equipment	
-foot wear	

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการยืดกล้ามเนื้อกับความสามารถในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ

การศึกษาของ Sady SP. และคณะในปี 1982 ศึกษาเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (ballistic stretch), แบบคงค้าง(static stretch), และแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) ต่อความอ่อนตัวของข้อไหล่, ลำตัว และกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle) ผู้เข้าร่วมวิจัย 43 คน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง , กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) โปรแกรมในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) เท่านั้นที่มีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น (10.6 องศา) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (3.4 องศา) เมื่อเทียบกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและลำตัว พบว่า กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังมีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้น (9.4 องศา) มากกว่าความอ่อนตัวของลำตัว (5.2 องศา) เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) เป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ

การศึกษาของ Lucas RC. และคณะในปี 1984 ศึกษาเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อ 3 วิธีต่อความอ่อนตัว ผู้เข้าร่วมงานวิจัย 63 คน ใช้เวลาในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลาทั้งหมด 7 สัปดาห์ แบ่งเป็น 3 กลุ่มโดยใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง, แบบกระตุก (Ballistic Stretching) , และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ(PNF stretching) ต่อกล้ามเนื้อ hamstring-gastrocnemius บันทึกผลก่อนการฝึก, หลังได้รับการฝึก 11 ครั้ง และหลังได้รับการฝึก 21 ครั้ง จากผลการศึกษาพบว่า ทุกกลุ่มที่ได้รับการฝึกสามารถเพิ่มความยืดหยุ่นได้เมื่อเทียบผลจากก่อนและหลังการฝึก

การศึกษาของ Davis D.S. และคณะในปี 2005 ศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อ 3 วิธี ต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle) ผู้เข้าร่วมวิจัย 19 คน อายุ 21-35 ปี มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น มุมในการเหยียดเข่าวัดก่อนเข้าโปรแกรม 2,4 สัปดาห์ การศึกษาแบ่งเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ให้ยืดกล้ามเนื้อด้วยตนเอง, กลุ่มที่ 2 ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง, กลุ่มที่ 3 ยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิค PNF, กลุ่มที่ 4 กลุ่มควบคุม เวลาในการยืดกล้ามเนื้อ 30 วินาที , 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า หลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึก ทุกกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อมีองศาการเคลื่อนไหวการเหยียดเข่าเพิ่มขึ้น แต่พบว่ามีเพียงกลุ่มที่ 2 (การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง) เท่านั้นที่มีการเพิ่มขึ้นขององศาการเคลื่อนไหวการเหยียดเข่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

การศึกษาของ Davis D.S. และคณะในปี 2008 ศึกษาความน่าเชื่อถือของวิธีการวัดความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle) วัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดความน่าเชื่อถือของวิธีการวัดความอ่อนตัว 4 วิธี ประกอบด้วย วัดมุมการเหยียดเข่า (knee extension angle : KEA) , วัดมุมก้นกบ (sacral angle), straight leg raise : SLR , sit and reach ผู้เข้าร่วมวิจัย 81 คน เพศชาย 42 คน เพศหญิง 39 คน ผลการศึกษาพบว่า ทุกวิธีในการวัดความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังไม่มีความแตกต่างกัน แต่ข้อมูลจากผลการวิจัยและจากงานวิจัยที่ผ่านมา แนะนำว่า วิธีการวัดความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังโดยการวัดมุมการเหยียดเข่า (KEA) เป็นวิธีที่เป็นมาตรฐานที่นิยมใช้มากกว่าวิธีอื่น

การศึกษาของ Fasen JM. และคณะในปี 2009 ศึกษาเทคนิคในการยืดกล้ามเนื้อ 4 เทคนิค ต่อความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstring วัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบเทคนิคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมวิจัย 100 คน อายุ 21-57 ปี ประกอบด้วย 5 กลุ่ม กลุ่ม A: กลุ่มควบคุม กลุ่ม B: ยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretch, กลุ่ม C: ยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretch , กลุ่ม D: ยืดกล้ามเนื้อแบบ SLR <straight leg raise> active-assisted stretch (เพิ่ม neuro-mobilization), และ กลุ่ม E: SLR passive stretch กลุ่ม B-E ยืดกล้ามเนื้อจำนวน 3 set ยืดค้าง 30 วินาที 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ บันทึกผลในสัปดาห์ที่ 4 และ 8 ของการฝึก ผลการศึกษาในสัปดาห์ที่ 4 ของการฝึก พบว่ากลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretching มีความยาวของกล้ามเนื้อ hamstring เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ $p<0.05$ เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching ในกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretch เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching ในสัปดาห์ที่ 8 ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อกลุ่ม E (SLR passive stretching) มีความยาวของกล้ามเนื้อ hamstring เพิ่มขึ้นมากที่สุด โดยเพศหญิงมีความอ่อนตัวเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเพศชายอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาของ Meroni R และคณะในปี 2010 ทำการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการยืดกล้ามเนื้อในการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ hamstring ระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretching (กลุ่มที่ 1) และการยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching (กลุ่มที่ 2) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี 33 คน ใช้เวลาในการวิจัย 6 สัปดาห์ บันทึกผลในสัปดาห์ที่ 3 และ สัปดาห์ที่ 6 ของการฝึก และบันทึกผลอีกครั้งหลังเสร็จสิ้นการฝึก 4 สัปดาห์ การยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretching ให้ subject นั่งยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง 30 วินาที ทำซ้ำ 4 ครั้ง 2 รอบ/วัน 4 วัน/สัปดาห์ การยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching ประกอบด้วย 2

exercise ให้ subject ทำซ้ำ 3 ครั้ง ครั้ง 2 รอบ/วัน 4 วัน/สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า ในสัปดาห์ที่ 3 ของการฝึก กลุ่มที่ 1 มีองศาการเคลื่อนไหวในการงอข้อสะโพกเพิ่มขึ้น 5.7 องศา กลุ่มที่ 2 มีองศาการเคลื่อนไหวในการงอข้อสะโพกเพิ่มขึ้น 3 องศา ในสัปดาห์ที่ 6 กลุ่มที่ 1 มีองศาการเคลื่อนไหวในการงอข้อสะโพกเพิ่มขึ้น 8.7 องศา กลุ่มที่ 2 มีองศาการเคลื่อนไหวในการงอข้อสะโพกเพิ่มขึ้น 5.3 องศา และหลังจากเสร็จสิ้นการฝึก 4 สัปดาห์ ในผู้เข้าร่วมวิจัย 22 คน พบว่ากลุ่มที่ 1 มีองศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น 6.3 องศา ส่วนในกลุ่มที่ 2 มีองศาการเคลื่อนไหวเพิ่ม 0.1 องศา สรุปได้ว่ากลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretching มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความยืดหยุ่นและคงสภาพความยืดหยุ่นได้ดีหลังจากเสร็จสิ้นการฝึก 4 สัปดาห์เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม การยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching

จากการศึกษาของ Sainz de Baranda P. และคณะในปี 2010 ทำการศึกษาเปรียบเทียบโปรแกรมการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle) โดยใช้โปรแกรมการเพิ่มความยืดหยุ่นของ American college of sports Medicine (ACSM) ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นนักศึกษา 173 คน แบ่งกลุ่มการทดลองทั้งหมด 7 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม, กลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อแบบ passive stretching 3 กลุ่ม (12x15 s, 6x30 s, 4x45 s) และกลุ่มที่ได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อแบบ active stretching 3 กลุ่ม (12x15 s, 6x30 s, 4x45 s) แต่ละกลุ่มจะได้รับการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 180 วินาทีเท่ากัน ใช้เวลาในการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ บันทึกผลในสัปดาห์ที่ 4 , 8, และ 12 ของการฝึก ผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อมีความอ่อนตัวของการงอสะโพกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ยืดกล้ามเนื้อ และเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองเทคนิคไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ในสัปดาห์ที่ 12 พบว่ากลุ่มควบคุมมีมุมองศาการเคลื่อนไหวของการงอข้อสะโพกลดลง -0.08 องศา ขณะที่กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อมีมุมองศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น 15.14 องศา จากการศึกษา แนะนำว่าการเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อโดยใช้โปรแกรมของ ACSM สามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวการงอข้อสะโพกได้

การศึกษาของ Ayala F. และคณะในปี 2010 ศึกษาผลของระยะเวลาที่แตกต่างกัน 3 ช่วง ของการยืดกล้ามเนื้อด้วยตนเอง (active stretch) ต่อมุมการเคลื่อนไหวของการงอข้อสะโพก ผู้เข้าร่วมวิจัย 150 คน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อ 12x15 s , กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อ 6x30 s , กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อ 4x45 s ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 180 วินาที/วัน โปรแกรมการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ บันทึกผลก่อนการฝึก, สัปดาห์ที่ 4, 8 และหลังจากเสร็จสิ้นการฝึก

โดยใช้เครื่อง inclinometer ผลการศึกษาพบว่าทั้งสามกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวการงอข้อสะโพก

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการยืดกล้ามเนื้อกับความสามารถในการกระโดด

การศึกษาของ Bradley PS. และคณะในปี 2007 ศึกษาผลของเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretch) , แบบกระตุก (ballistic stretch) , และแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) ต่อสมรรถภาพด้านการกระโดด ผู้เข้าร่วมวิจัย 18 คน เป็นนักเรียนมหาวิทยาลัย ทุกคนได้รับการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ โดยระยะเวลาห่างกันแต่ละครั้งอย่างน้อย 72 ชั่วโมง ก่อนยืดกล้ามเนื้อจะได้รับการอบอุ่นร่างกายเวลา 5 นาที เวลาในการยืดกล้ามเนื้อ 10 นาที บันทึกผลการกระโดดก่อนการยืดกล้ามเนื้อและหลังการยืดกล้ามเนื้อ 5, 15, 30, 45, 60 นาที ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) มีความสามารถในการกระโดดลดลง (4.0% และ 5.1% ตามลำดับ $p<0.05$) กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (ballistic stretch) มีความสามารถในการกระโดดลงลดเพียงเล็กน้อย (2.7% $p>0.05$) ดังนั้นจากผลการศึกษา การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) ไม่เหมาะสมกับกีฬาที่เกี่ยวข้องกับการใช้แรงทันที

การศึกษาของ Jaggers JR. และคณะในปี 2008 ศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ (Dynamic stretch), แบบกระตุก(Ballistic stretch) ต่อความสามารถในการกระโดด ,แรง,และกำลัง ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักเรียนที่มีสุขภาพดี 20 คน อายุ 22-34 ปี ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะได้รับการทดสอบทั้ง 3 แบบ คือ ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อ ,ยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่,และยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก โปรแกรมในการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองแบบจะให้ยืดกล้ามเนื้อ 5 กล้ามเนื้อ แต่ละกล้ามเนื้อ 30 วินาที ทำ 2 รอบ การยืดกล้ามเนื้อแต่ละแบบห่างกันอย่างน้อย 2 วัน ผลการศึกษาพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในความสามารถในการกระโดด แรง และกำลัง เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อและกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และแบบเคลื่อนที่ แต่พบว่ากำลังของการกระโดดมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ยืดกล้ามเนื้อ

การศึกษาของ Christensen BK. และคณะในปี 2008 ศึกษาเรื่องเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) และการยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ (dynamic stretch) ต่อความสามารถในการกระโดด ผู้เข้าร่วมวิจัย 68 คนเป็นนักกีฬา Division I เพศชาย 36 คน, เพศหญิง 32 คน วัตถุประสงค์ข้อแรกเพื่อศึกษาผลการยืดกล้ามเนื้อ 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 อบอุ่นร่างกายโดยการวิ่งเหยาะ 600 เมตร ,กลุ่มที่ 2 อบอุ่นร่างกายโดย

การวิ่งเหยาะ 600 เมตร หลังจากนั้นยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนที่ (dynamic stretch) กลุ่มที่ 3 โดยการวิ่งเหยาะ 600 เมตร หลังจากนั้นยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) วัตถุประสงค์ข้อสองเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของเพศชายและเพศหญิง ต่อความสามารถในการกระโดด วิธีดำเนินการวิจัย แบ่งผู้เข้าร่วมวิจัยเป็น 6 กลุ่ม ผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนจะได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อครบทั้ง 3 แบบ ทดสอบโดยให้กระโดด 3 ครั้ง หลังจากได้รับการอบอุ่นร่างกายและยืดกล้ามเนื้อเสร็จ 2 นาที โดยใช้เครื่อง Just Jump System ระหว่างการกระโดดแต่ละครั้งพัก 45 วินาที ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการกระโดดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งสามกลุ่มการยืดกล้ามเนื้อ และไม่มีความแตกต่างกันของเพศชายและเพศหญิงอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Samuel MN. และคณะในปี 2008 ศึกษาผลการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและแบบกระตุกต่อความแข็งแรง โดยวัดความสามารถของการกระโดด ,กำลังของรยางค์ล่าง,และทอร์คของกล้ามเนื้อ quadriceps-hamstring muscle ผู้เข้าร่วมวิจัย 24 คน อบอุ่นร่างกาย 5 นาที และตามด้วยการยืดกล้ามเนื้อ 2 มัด คือ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (quadriceps-hamstring muscle) โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ไม่ยืดกล้ามเนื้อ,กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก,และกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ความสามารถในการกระโดดวัดโดยใช้ Vertec VJ system และทอร์คของกล้ามเนื้อ quadriceps-hamstring muscle วัดโดยใช้ Biodex System 3 Dynamometer ที่ 60 องศา.วินาที ผลการศึกษาพบว่า เพศชายและเพศหญิงการยืดกล้ามเนื้อแต่ละแบบไม่มีความแตกต่างกัน และพบว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้งแบบคงค้างและแบบกระตุก ไม่มีผลต่อความสามารถในการกระโดด และทอร์คของกล้ามเนื้อ quadriceps-hamstring muscle แต่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองแบบทำให้กำลังของรยางค์ล่างลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาของ Woolstenhulme MT. และคณะในปี 2006 ศึกษาผลการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกต่อความสามารถในการกระโดดเมื่อผสมผสานกับการเล่นบาสเกตบอล ผู้เข้าร่วมวิจัย 43 คน โปรแกรมประกอบด้วย 4 กลุ่ม คือ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก(ballistic stretch) กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretch) กลุ่มการฝึกวิ่งเร็ว (sprint) และกลุ่มควบคุม เวลาในการฝึก 2 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ การวัดจะวัดความอ่อนตัวและความสามารถในการกระโดด โดยความอ่อนตัวจะวัดครั้งแรกก่อนเข้าโปรแกรม 1 สัปดาห์ และหลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมในสัปดาห์ที่ 7 ความสามารถในการกระโดดจะวัดทั้งก่อนยืดกล้ามเนื้อ หลังยืดกล้ามเนื้อ และหลังการเล่นบาสเกตบอล ผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มการฝึกมีค่าความอ่อนตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ความสามารถในการกระโดด

พบว่าหลังจากเล่นบาสเกตบอล กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกมีค่าความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการยืดกล้ามเนื้อกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ

การศึกษาของ Bacurau RF. และคณะในปี 2009 ศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างต่อความอ่อนตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมวิจัย 14 คน รูปแบบการวิจัยประกอบด้วยกลุ่มควบคุม , กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกเป็นเวลา 20 นาที, และกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง 20 นาที หลังจากอบอุ่นร่างกายเสร็จจะได้รับการประเมินความอ่อนตัว 5 นาที และตามด้วย specific warm-up ด้วยเครื่อง leg press จำนวน 5 ครั้งที่ 50% 1RM หลังจากนั้นทดสอบด้วย leg press 1RM ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างมีองศาการเคลื่อนไหวการงอข้อสะโพกเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก แต่พบว่ากลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างเมื่อทดสอบด้วย leg press 1RM มีค่าลดลง 13.4% ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกที่มีค่าลดลง 2.2% ดังนั้นการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างไม่แนะนำสำหรับกิจกรรมที่ต้องใช้แรงมากๆ การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกเป็นอีกทางเลือกในการยืดกล้ามเนื้อเนื่องจากมีการลดลงของความแข็งแรงเล็กน้อย

การศึกษาของ Herda TJ. และคณะในปี 2008 ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ต่อค่าทอร์คของกล้ามเนื้อ, ค่าสัญญาณการทำงานของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (biceps femoris muscle) ขณะกล้ามเนื้อหดตัวเต็มที่ ผู้เข้าร่วมวิจัยเพศชาย 14 คน โดยให้ยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังข้างขวา จำนวน 4 ท่า ครั้งละ 30 วินาที ทั้งหมด 3 ครั้ง มุมที่วัดคือ 41° ,61°, 81° และ 101 ° ผลการศึกษาพบว่าค่าทอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังลดลงหลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง แต่ไม่เปลี่ยนแปลงหลังจากยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ และเมื่อวัดค่าการทำงานของกล้ามเนื้อหลังยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่พบว่ามีค่าการทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาของ Manoel ME.และคณะในปี 2008 ศึกษาผลการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretch) แบบเคลื่อนที่ (dynamic stretch) แบบกระตุ้นระบบประสาท (PNF stretch) และไม่ยืดกล้ามเนื้อ ต่อพลังของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าในเพศหญิง ผู้เข้าร่วมวิจัย 12 คน ทุกคนจะได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 4 แบบ โดยกล้ามเนื้อที่ยืดคือกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า โดยระยะเวลาแต่ละครั้งของการยืดกล้ามเนื้อจะห่างกันอย่างน้อย 48 ชั่วโมง ก่อนทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหลังการยืด จะพักเป็นเวลา 4 นาที ทดสอบที่ 2 ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อ

วินาทีและ 180 องศาต่อวินาที ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทและแบบคงค้างมีค่าความแข็งแรงลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มีค่ากำลังของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นทั้งสองความเร็วเชิงมุมอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Sekir U. และคณะในปี 2010 ศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันของการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่ต่อค่าทอร์คของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า และค่าการทำงานของกล้ามเนื้อ ในผู้เข้าร่วมวิจัยเพศหญิง 10 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างมีค่าทอร์คของกล้ามเนื้อลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนที่มีค่าทอร์คของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และการวัดผลการทำงานของกล้ามเนื้อพบว่าให้ผลเช่นเดียวกับค่าทอร์คของกล้ามเนื้อ

จากการศึกษาของ Worrell TW. และคณะในปี 1994 ศึกษาผลการยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง โดยใช้เทคนิค การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท(PNF stretch) และการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretch) ต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมวิจัย 19 คน วัดความเร็วเชิงมุมที่ 60 และ 120 องศาต่อวินาที แบบ concentric และ eccentric contraction ผลการศึกษาพบว่าที่ทั้งสองความเร็วเชิงมุมของการทำงานแบบ concentric และความเร็วเชิงมุมที่ 120 องศาต่อวินาที ของการทำงานแบบ eccentric มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่พบว่าที่ความเร็วเชิงมุม 60 องศาต่อวินาที ของการทำงานแบบ eccentric ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ดังนั้นจากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น จะเห็นว่าการศึกษาถึงผลของการยืดกล้ามเนื้อแต่ละแบบ ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างนั้นมีผลทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง ซึ่งต่างจากการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทและแบบกระตุกที่พบว่าผลการศึกษายังไม่เป็นที่ชัดเจนในเรื่องของผลที่มีต่อความสามารถในการกระโดด มีความหลากหลายในเรื่องของความถี่ในการยืด ระยะเวลาในการยืด เทคนิคในการยืด และช่วงระยะเวลาในการฝึก ขาดการควบคุมถึงวิธีการที่ดี มีจำนวนตัวอย่างค่อนข้างน้อย ใช้ตัวชี้วัดที่ไม่สอดคล้องกัน ทำให้ผลของการศึกษาไม่แน่นอน ไม่สามารถนำผลที่ได้มาเทียบเคียงกันได้ ผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท ซึ่งเป็นวิธีที่ปลอดภัย สามารถทำได้ด้วยตนเอง และการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ซึ่งเป็นวิธีที่นักกีฬานิยมใช้กันอย่างแพร่หลายก่อนการออกกำลังกาย แต่ค่อนข้างไม่ปลอดภัยเนื่องจากผู้ยืดควรมีความชำนาญ ต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น โดย

การเพิ่มจำนวนตัวอย่างในแต่ละกลุ่ม เพื่อประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้กับนักกีฬาบาสเกตบอล วอลเลย์บอล กระโดดสูง หรือประเภทกีฬาที่อาศัยความสามารถในการกระโดด หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ถึงประสิทธิภาพพื้นฐานของการยืดกล้ามเนื้อในการป้องกันและรักษาภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness)

ตารางที่ 2.2 สรุปงานวิจัยที่มีผลต่อความแข็งแรงและไม่มีผลต่อความแข็งแรง

งานวิจัย	มีผลต่อ Strength			ไม่มีผลต่อ Strength		
	Static	Ballistic/ Dynamic	PNF	Static	Ballistic/ Dynamic	PNF
Bacurau RF, et al. (2009)[3]	⊖					
Bradley PS, et al. (2007)[8]	⊖		⊖			
Christensen BK, et al. (2008)[10]						✓
Church JB, et al. (2001)[11]			⊖	✓		
Egan AD, et al. (2006)[15]				✓		
Herda TJ, et al. (2008)[18]	⊖					
Higg F, et al. (2009)[19]						✓
Jaggers JR, et al. (2008)[20]		⊕			✓	
Manoel ME, et al. (2008)[25]	⊖	⊕				✓
Marek SM, et al. (2005)[26]	⊖		⊖			
Samuel MN, et al. (2008)[31]				✓	✓	
Sekir U, et al. (2010)[33]	⊖					
Unick J, et al. (2005)[40]					✓	
Woolstenhulme MT,et al. (2006)[41]					✓	
Worrell TW, et al. (1994)[42]					✓	✓
Yuktasir B, et al. (2009)[45]					✓	

หมายเหตุ ⊖ = decrease strength

⊕ = improve strengtn

✓ = no change strength

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเปรียบเทียบครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่ม (Randomized controlled trial study) เพื่อเปรียบเทียบผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดด ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และแรงในการเหยียดเข่างอเข่า ในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

ประชากร

ประชากร (target population) สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ คือ นักกีฬาชายอายุระหว่าง 18-30 ปี โดยมีประชากรตัวอย่าง (sample population) คือ อาสาสมัครนักกีฬาชายอายุระหว่าง 18-30 ปีที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยมีเกณฑ์คัดเลือกดังต่อไปนี้

<u>เกณฑ์ในการคัดเลือกเข้าศึกษา (inclusion criteria)</u>

1) นักกีฬาเพศชายที่ศึกษาอยู่ในมหาวิทยาลัยอายุระหว่าง 18-30 ปี
2) ผู้เข้าร่วมการศึกษาวิจัยเป็นนักกีฬาชายที่มีความยาวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังน้อยกว่าปกติ (มุมในการยืดเหยียดเข่าน้อยกว่า 160 องศา)[14]
3) ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้มีสุขภาพดี และไม่มีการบาดเจ็บใด ๆ ขณะเริ่มเข้าร่วมงานวิจัย
4) ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงในข้อเข่า
5) ผู้เข้าร่วมงานวิจัยลงนามในใบแสดงความยินยอมในการเข้าร่วมศึกษาวิจัย

<u>เกณฑ์ในการคัดออกจากการศึกษา (Exclusion Criteria)</u>

1) อยู่ในสภาวะเจ็บป่วย/ บาดเจ็บในปัจจุบัน
2) มีประวัติกล้ามเนื้อขาอักเสบภายใน 3 เดือนที่ผ่านมา
3) มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงในข้อเข่า
4) มีการหดสั้นของกล้ามเนื้อต้นขาด้านในหรือกล้ามเนื้อน่อง
5) มีโรคประจำตัว ที่มีผลต่อการเข้าโปรแกรมการฝึก
6) ไม่สมัครใจเข้าร่วมในการวิจัยหลังจากได้รับโปรแกรมการฝึกแล้ว
7) ขาดการเข้าร่วมในการวิจัยมากกว่า 20%

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธีการเลือกโดยการสุ่มตัวอย่าง โดยใช้ Simple random sampling เพื่อให้จำนวนตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มมีจำนวนเท่ากันและเป็นการกระจายตัวกัน โดยสุ่มจากนักกีฬาชายที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น และผู้เข้าร่วมการวิจัยจะต้องอยู่ในเกณฑ์การคัดเลือกเข้าในการวิจัย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลองโดยยืดกล้ามเนื้อ 2 แบบ คือ ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก, ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท และกลุ่มควบคุม (ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง)

การคำนวณขนาดตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มประชากรตัวอย่าง ได้มาจากการคำนวณหากลุ่มประชากรตัวอย่างจากการศึกษาของ Woolstenhulme MT, et al และคณะในปี 2007 ทำการศึกษาในนักเรียนสุขภาพดี 12 คน ที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก แล้วทดสอบความสามารถในการกระโดด พบว่ามีค่าความสามารถในการกระโดด เฉลี่ย (mean $\pm$ SD) เท่ากับ 45.1 $\pm$ 3.3 และเท่ากับ 49.5 $\pm$ 3.8 ในกลุ่มควบคุม จากการศึกษาจะเห็นได้ว่า มีค่าความแตกต่างของ ความสามารถในการกระโดดอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มควบคุม ดังนั้นสามารถคำนวณตัวอย่างได้จากสูตร 2-independent group

$$\text{สูตร n/ group} = 2(Z_{\alpha/2} + Z\beta)^2 \sigma^2 / (x_1-x_2)^2$$

α = 0.05 , $Z_{\alpha/2}$ = 1.96

β = 0.10 , $Z\beta$ = 1.28

เนื่องจากไม่ทราบค่า σ^2 จึงใช้ s_p^2 (Pooled Variance) แทน

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

$$= \frac{(12-1)(3.3)^2 + (10-1)(3.8)^2}{12+10-2}$$

$$= 12.48$$

แทนค่า $\quad n/\text{ group} = 2\,[(1.96 + 1.28)^2]\,12.48 / (45.1 - 49.5)^2$

$$n/\text{ group} = 13.53$$

เพราะฉะนั้นจะต้องใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มจำนวนทั้งสิ้น 14 คน แต่เพื่อป้องกันการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างในขณะทำการวิจัย และเพื่อให้ผลการศึกษาเป็นที่น่าเชื่อถือ ในขณะทำการวิจัยนี้จึงเพิ่มจำนวนตัวอย่างอีกร้อยละ 10 การวิจัยครั้งนี้ ใช้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้นกลุ่มละ 16 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบบันทึกข้อมูล แบบสอบถาม
2. เครื่องชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง
3. นาฬิกาจับเวลา (Timer)
4. ปากกา marker/ปากกา / ดินสอ
5. ที่วัดองศาการเคลื่อนไหว (Universal standard goniometer ,12 ½" Jamar plastic goniometer)

ภาพที่ 3.1 Universal standard goniometer # Jamar®

6. เตียงนอนสำหรับการตรวจประเมิน

ภาพที่ 3.2 เตียงตรวจประเมิน

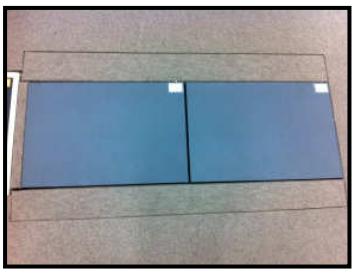
7. เครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec ™)

ภาพที่ 3.3 เครื่องวัดความสามารถในการกระโดด

8. กล้อง 6 ตัว (Oqus camera : marker capture frequency 120 Hz software Qualisys Motion Capture System และ Visual-3D Basic/RT ver.3.99.25.6)

ภาพที่ 3.4 กล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว #Oqus camera

9. Force platform (Bertec ขนาด 400X600 mm #FP4060-08)

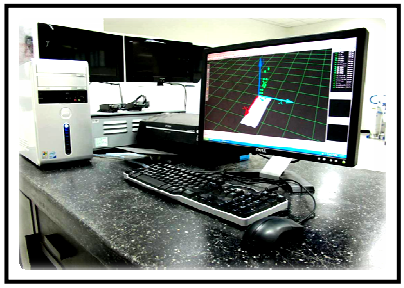


ภาพที่ 3.5 Force Platform; BERTEC # FP 4060-08

10. เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ isokinetic dynamometer (Cybex 6000)

ภาพที่ 3.6 isokinetic dynamometer #Cybex 6000

11. คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง เพื่อวิเคราะห์และบันทึกข้อมูลจากกล้องและ Force platform,



ภาพที่ 3.7 คอมพิวเตอร์ใช้วิเคราะห์และบันทึกข้อมูล

12. เครื่องให้จังหวะ (Metronome)

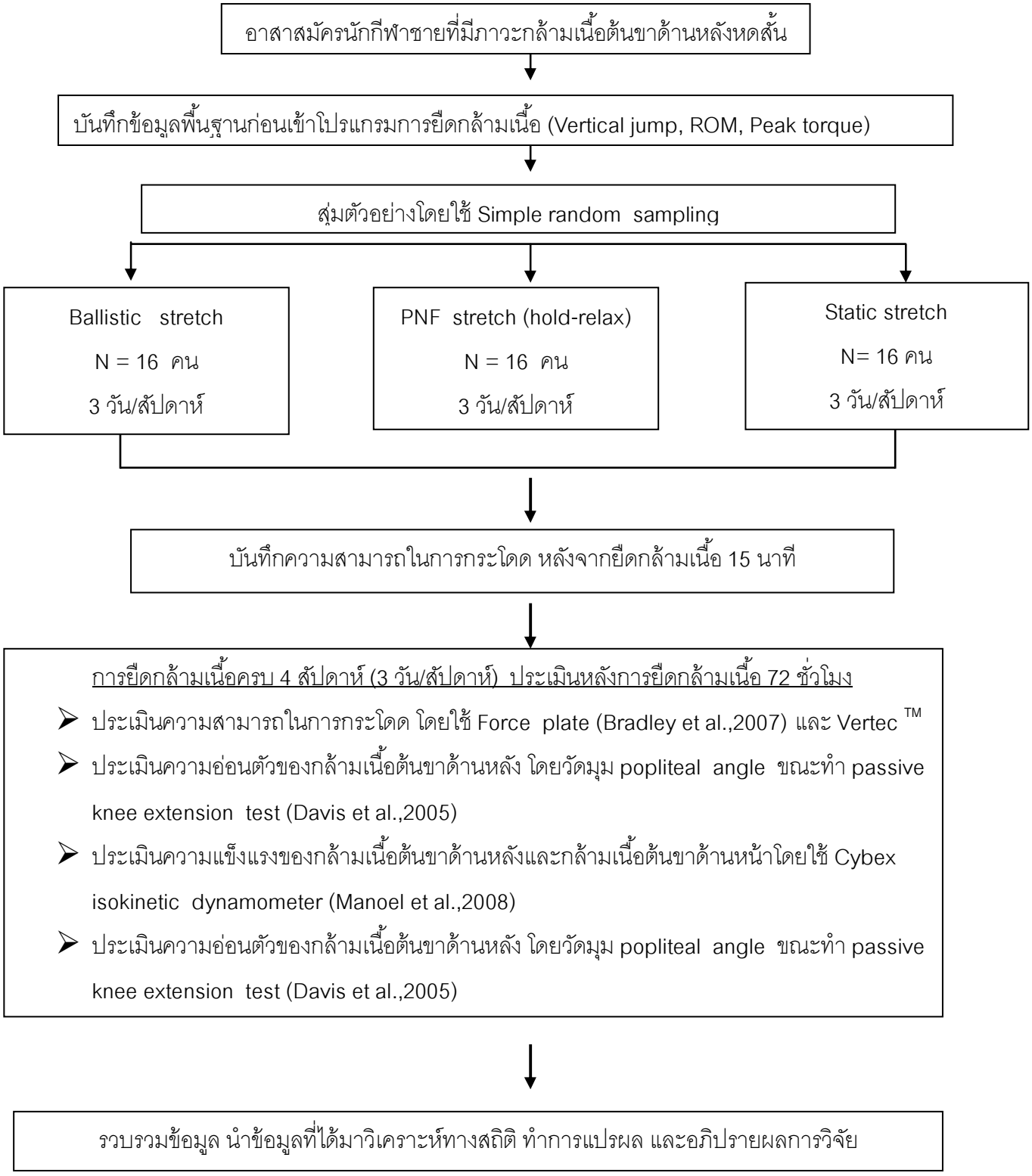
ภาพที่ 3.8 เครื่องให้จังหวะ (Metronome)

13. Marker ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.9 Marker

14. กางเกงขาสั้น
15. กระดาษกาวสำหรับติด marker
16. เก้าอี้

วิธีดำเนินการวิจัย



ขั้นตอนการวิจัย

1. คัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์คัดเลือก อธิบายจุดประสงค์ของการวิจัยให้อาสาสมัครทราบอย่างละเอียด พร้อมตอบคำถามทุกกรณีอย่างชัดเจน

2. อาสาสมัครเซ็นยินยอมเข้าร่วมการวิจัย พร้อมทั้งกรอกแบบบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของอาสาสมัคร

3. บันทึกข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

3.1 เพศ, อายุ, และโรคประจำตัว

3.2 ประวัติเกี่ยวกับข้อเข่า โรคทางกระดูก กล้ามเนื้อและข้อ และประวัติอุบัติเหตุ

4. ประเมินและบันทึกข้อมูลด้านสรีรวิทยาของผู้เข้าร่วมวิจัย

4.1 ชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูง

4.2 วัดดัชนีมวลกาย (body mass index; BMI)

4.3 วัดองศาการเคลื่อนไหวของขาข้างที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

5. สุ่มอาสาสมัครออกเป็น 3 กลุ่ม โดยใช้วิธี Simple random sampling

- กลุ่มที่ 1 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (ballistic stretching)
- กลุ่มที่ 2 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (proprioceptive neuromuscular facilitation stretching)
- กลุ่มที่ 3 ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (control group)

6. อธิบายวิธีการทดลองให้ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าใจถึงวิธีปฏิบัติ

7. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกขอร้องให้งดการดื่มเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์หรือคาเฟอีน หลีกเลี่ยงการมีกิจกรรมที่มีความหนักมาก (vigorous activity) อย่างน้อย 24 ชั่วโมง และงดรับประทานอาหารก่อนมาเข้าร่วมงานวิจัย อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

8. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยมาถึงห้องปฏิบัติการ ให้นั่งพัก 10 นาที

9. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการอบอุ่นร่างกาย (Warm Up) โดยการปั่นจักรยาน Monark 5 นาที เพื่อเตรียมร่างกายให้พร้อมสำหรับการทดสอบ

10. ผู้เข้าร่วมวิจัยสวมกางเกงขาสั้น ไม่สวมถุงเท้าและรองเท้าเพื่อความสะดวกในการวัดผลการทดสอบ

11. ในครั้งแรกก่อนเข้าโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ ประเมินความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อโดยวัดมุม popliteal angle ขณะทำ passive knee extension test ในขาข้างที่มีภาวะกล้ามเนื้อ

ต้นขาด้านหลังหดสั้น / ประเมินความสามารถในการกระโดด โดยใช้ Force plate และ Vertec ™ / ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาโดยใช้ Cybex isokinetic dynamometer

12. เข้าโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อจำนวน 4 มัดกล้ามเนื้อ ท่าละ 30 วินาที พัก 10 วินาที เวลาในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ 4 สัปดาห์

13. ประเมินความสามารถในการกระโดด โดยใช้ Force plate และ Vertec ™ หลังยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก โดยประเมินหลังการยืดกล้ามเนื้อ 15 นาที ในแต่ละกลุ่ม

14. ประเมินความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ โดยวัดมุม popliteal angle ขณะทำ passive knee extension test / ประเมินความสามารถในการกระโดด โดยใช้ Force plate และ Vertec ™ / ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาโดยใช้ Cybex isokinetic dynamometer หลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ (วัดหลังจากการเสร็จสิ้นโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ 72 ชั่วโมง)

<u>การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อไอโซคิเนติก</u>

1. ประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแบบไอโซคิเนติก ด้วย Isokinetic dynamometer (Cybex 6000) ทดสอบที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อนาที โดยใช้การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่า (Knee extension – Flexion Testing Protocol)

-ผู้เข้าร่วมวิจัยอยู่ในท่านั่ง หลังตรงสะโพกงอ 90 องศา เข่างอ 90 องศา ป้องกันการเคลื่อนไหวของลำตัว สะโพก และต้นขาไว้ด้วยสายรัด ขาข้างที่จะทดสอบยึดติดกับresistance pad ของเครื่องตรงตำแหน่งเหนือจาก lateral malleolus ประมาณ 1-2 cm ส่วนขาอีกข้างหนึ่งจะถูกจำกัดการเคลื่อนไหวไว้

-ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ขาข้างที่มีกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นออกแรงเหยียดเข่าโดยใช้คำสั่ง (verbal command) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงมากที่สุด ว่า “เหยียดอีก เหยียดอีก เหยียดอีก” ทดสอบ knee extension แบบ concentric โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งในท่าเริ่มต้น คือ ขาปล่อยอิสระ จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงเหยียดเข่าจนเข่าเหยียดตรง หลังจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย ทดสอบ knee extension แบบ eccentric โดยใช้คำสั่งเช่นเดียวกันคือให้ออกแรงเหยียดเข่า แต่ละลักษณะของเข่าจะเริ่มต้นจากเข่าเหยียดมาเป็นเข่างอ 90 องศาในช่วงสุดท้ายของการทดสอบ ก่อนทดสอบจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองทำเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือและโปรแกรม โดยทดลองทำ 3 ครั้ง แล้วพัก 30 วินาที หลังจากนั้นทดสอบจริง 3 ครั้ง โดยระหว่างการทดสอบจริงแต่ละครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 1 นาที

-ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่า โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยใช้ขาข้างที่มีกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นออกแรงงอเข่าโดยใช้คำสั่ง (verbal command) เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงมากที่สุด ว่า “งอเต็มที่ งอเต็มที่ งอเต็มที่” ทดสอบ knee flexion แบบ concentric โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งในท่าเริ่มต้น คือ ขาปล่อยอิสระจากนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงงอเข่าจนเข่างอ 90 องศา หลังนั้นให้ผู้เข้าร่วมวิจัย ทดสอบ knee flexion แบบ eccentric โดยใช้คำสั่งเช่นเดียวกันคือให้ออกแรงงอเข่า แต่ละลักษณะของเข่าจะเริ่มต้นจากเข่างอ 90 องศา มาเป็นเข่าเหยียดตรง ในช่วงสุดท้ายของการทดสอบ ก่อนทดสอบจริงให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทดลองทำเพื่อสร้างความคุ้นเคยกับเครื่องมือและโปรแกรม โดยทดลองทำ 3 ครั้ง แล้วพัก 30 วินาที หลังจากนั้นทดสอบจริง 3 ครั้ง โดยระหว่างการทดสอบจริงแต่ละครั้ง พักระหว่างการทดสอบ 1 นาที

<u>โปรแกรมการฝึกความอ่อนตัวโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (stretching)</u>

ประยุกต์จาก Bradley PS. และคณะ ปี 2007 , Schuback B. และคณะปี 2004

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการทดสอบ

1. ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกขอร้องให้งดรับประทานอาหารก่อนมาเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 2 ชั่วโมง
2. เมื่อผู้เข้าร่วมการวิจัยมาถึงห้องปฏิบัติการ ให้นั่งพัก 10 นาที
3. ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทำการอบอุ่นร่างกาย (Warm Up) โดยการปั่นจักรยาน Monark 5 นาที เพื่อเตรียมร่างกายให้พร้อมสำหรับการทดสอบ
4. ทั้ง 3 กลุ่มที่มีการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ,แบบกระตุ้นระบบประสาท และแบบคงค้าง ทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 4 มัดกล้ามเนื้อเหมือนกัน เป็นเวลาท่าละ 30 วินาที พัก 10 วินาที (จากนั้นทำสลับอีกข้าง) จำนวน 3 ครั้งต่อท่า
5. ระยะเวลาในการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์
6. การยืดกล้ามเนื้อแต่ละเทคนิค จะประกอบไปด้วยการยืดกล้ามเนื้อ 4 มัด ดังนี้

   ท่าที่ 1 sit and reach/supine hamstring stretch (hamstrings muscle)

   ท่าที่ 2 lunge knee bent/quadriceps stretch (quadriceps muscle)

   ท่าที่ 3 butterfly stretch (adductor muscle)

   ท่าที่ 4 standing heel cord–knee extended / lower leg stretch (gastrocnemius muscle)

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching)

โดยใช้เทคนิค Hold relax

ข้อปฏิบัติในการยืดกล้ามเนื้อ

ท่าที่ 1 ยืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

ท่าเตรียมนอนราบบนเตียง โดยใช้ผ้าขนหนูรองที่หลังเพื่อป้องกันหลังแอ่น จากนั้นยกขาทีละข้างขึ้นเหยียดตรง ใช้มือประคองที่บริเวณหลังข้อเข่า ส่วนขาอีกข้างเหยียดตรง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยพยายามเหยียดขาข้างที่ยก ลงบนเตียงต้านแรงกับมือตนเอง โดยให้ทำค้างไว้ 30 วินาที และพัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.10 Supine hamstring stretch (hamstring muscle)

ท่าที่ 2 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

ท่าเตรียมยืนตรงจากนั้นงอเข่าขวาให้ปลายเท้าชิดกับสะโพกด้านหลังแล้วใช้มือขวาจับข้อเท้าขวาไว้ จากนั้นให้พยายามเหยียดเข่าออกต้านแรงกับมือตนเอง ค้างไว้ 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.11 Quadriceps stretch (quadriceps muscle)

ท่าที่ 3 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อขาพับด้านใน

ท่าเตรียมนั่งปลายเท้าชนกัน มือวางที่ต้นขา พยายามโน้มตัวไปด้านหน้า จนรู้สึกตึงที่บริเวณต้นขาด้านใน ศีรษะมองตรงไปด้านหน้า ไม่ก้มหน้า จากนั้นให้พยายามลงน้ำหนักกดเข่าที่มือทั้งสองข้าง ต้านแรงกับตนเองโดยให้พยายามหุบขาเข้าด้านใน ค้างไว้ 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.12 butterfly stretch (adductor muscle)

ท่าที่ 4 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง

ท่าเตรียมยืนปลายเท้าข้างหนึ่งชี้ไปด้านหน้า ขาที่อยู่ข้างหลังเหยียดตรง ระยะห่างเท้าข้างหน้าและเท้าข้างหลังประมาณหนึ่งช่วงแขน จากนั้นค่อยๆ ย่อตัวไปด้านหน้าจนรู้สึกตึงที่บริเวณน่องของเท้าข้างหลัง จากนั้นพยายามกระดกปลายเท้าขาข้างหลังลงต้านแรงกับพื้น ค้างไว้ 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.13 gastrocnemius stretch (gastrocnemius muscle)

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (Ballistic Stretching)

ข้อปฏิบัติในการยืดกล้ามเนื้อ

ท่าที่ 1 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

ท่าเตรียมนั่งบนพื้นราบเหยียดขาทั้งสองข้างไปทางด้านหน้า จากนั้นค่อยโน้มตัวไปด้านหน้าโดยใช้มือทั้งสองข้างก้มแตะไปที่ปลายเท้าขวา จนรู้สึกตึงที่บริเวณต้นขาด้านหลัง ขณะโน้มตัวไปขาเหยียดตลอด จากนั้นให้เคลื่อนไหวเป็นจังหวะตามเครื่องบอกจังหวะ (metronome) เซ็ทความเร็วที่ 60 ครั้งต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.14 Sit and reach stretch (hamstring muscle)

ท่าที่ 2 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

ท่าเตรียมก้าวเท้ามาด้านหน้าระยะห่างพอประมาณ เท้าที่อยู่ด้านหน้าย่อเข่ามาด้านหน้า เท้าอีกข้างงอเข่าวางติดพื้น อยู่ในท่าเดิมไม่เปลี่ยนตำแหน่งเข่าที่วางติดพื้น พยายามโน้มตัวมาด้านหน้าเคลื่อนไหวเป็นจังหวะตามเครื่องบอกจังหวะ (metronome) เซ็ทความเร็วที่ 60 ครั้งต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.15 Lung knee bent (quadriceps muscle)

ท่าที่ 3 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อขาพับด้านใน

ท่าเตรียมนั่งปลายเท้าชนกัน มือจับที่ข้อเท้า พยายามโน้มตัวไปด้านหน้า ศีรษะมองตรงไปด้านหน้าไม่ก้มหน้า จนรู้สึกตึงที่บริเวณต้นขาด้านใน จากนั้นให้เคลื่อนไหวเป็นจังหวะตามเครื่องบอกจังหวะ (metronome) เซ็ทความเร็วที่ 60 ครั้งต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.16 butterfly stretch (adductor muscle)

ท่าที่ 4 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง

ท่าเตรียมยืนบนสเต็ป โดยเท้าข้างหนึ่งวางที่ปลายสเต็ปเท้าอีกข้างวางบนสเต็ป พยายามถ่ายน้ำหนักลงที่เท้าที่วางที่ปลายสเต็ปเข่าของขาข้างหลังเหยียดตึงตลอดการเคลื่อนไหว จนรู้สึกตึงเท่าที่ทำได้โดยไม่มีอาการเจ็บ ให้เคลื่อนไหวขึ้น-ลงเป็นจังหวะตามเครื่องบอกจังหวะ (metronome) เซ็ทความเร็วที่ 60 ครั้งต่อนาที เป็นเวลา 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.17 Standing heel cord – knee extended (gastrocnemius muscle)

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static Stretching)

ท่าที่ 1 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

ท่าเตรียมนั่งบนพื้นราบเหยียดขาทั้งสองข้างไปทางด้านหน้า จากนั้นโน้มตัวไปด้านหน้าแล้วใช้มือทั้งสองข้างก้มแตะที่ปลายเท้า จนรู้สึกตึงที่บริเวณต้นขาด้านหลัง ขณะทำขาเหยียดตรงตลอดเวลา เข่าไม่งอ ค้างไว้ 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.18 Sit and reach stretch (hamstring muscle)

ท่าที่ 2 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า

ท่าเตรียมยืนตรงจากนั้นงอเข่าขวาให้ปลายเท้าชิดกับสะโพกด้านหลังแล้วใช้มือขวาจับข้อเท้าขวาไว้ ค้างไว้เป็นเวลา 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.19 quadriceps stretch (quadriceps muscle)

ท่าที่ 3 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อขาพับด้านใน

ท่าเตรียมนั่งปลายเท้าชนกัน มือวางที่ต้นขา พยายามโน้มตัวไปด้านหน้า จนรู้สึกตึงที่บริเวณต้นขาด้านใน ไม่มีอาการเจ็บ ศีรษะมองตรงไปด้านหน้า ไม่ก้มหน้า ทำค้างไว้ 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.20 butterfly stretch (adductor muscle)

ท่าที่ 4 ท่ายืดเหยียดกล้ามเนื้อน่อง

ท่าเตรียมยืนปลายเท้าข้างหนึ่งชี้ไปด้านหน้า ขาที่อยู่ข้างหลังเหยียดตรง ระยะห่างเท้าข้างหน้าและเท้าข้างหลังประมาณหนึ่งช่วงแขนจากนั้นค่อยๆ ย่อตัวไปด้านหน้าจนรู้สึกตึงที่บริเวณน่องของเท้าข้างหลัง ค้างไว้ 30 วินาที พัก 10 วินาที

ภาพที่ 3.21 gastrocnemius stretch (gastrocnemius muscle)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1.เปรียบเทียบลักษณะทั่วไปของกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง แบบกระตุก และแบบกระตุ้นระบบประสาท แสดงเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2.เปรียบเทียบองศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและต้นขาด้านหน้า ค่าอัตราส่วนพีททอร์คระหว่างกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า ความสามารถในการกระโดด ภายในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อ แบบกระตุก แบบกระตุ้นระบบประสาท และแบบคงค้าง ก่อนการฝึก หลังการฝึกทันที และหลังสิ้นสุดการฝึกสัปดาห์ที่ 4 เนื่องจากข้อมูลมีการแจกแจงปกติ จึงใช้สถิติ Pair Sample T-Test

3.เปรียบเทียบองศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ค่าพีททอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและต้นขาด้านหน้า ค่าอัตราส่วนพีททอร์ระหว่างกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า จากการทดสอบแรงแบบ isokinetic ความสามารถในการกระโดดระหว่างกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก แบบกระตุ้นระบบประสาท และแบบคงค้าง ก่อนการฝึก หลังการฝึกทันที และหลังสิ้นสุดการฝึกสัปดาห์ที่ 4 โดยใช้สถิติ ANCOVA

4.การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการบาดเจ็บ โดยใช้สถิติ Chi-square test

5.กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรม SPSS สำหรับ Window เวอร์ชัน 17

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก แบบกระตุ้นระบบประสาท และแบบคงค้างต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น วิเคราะห์ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเพศชาย อายุ 18-30 ปี ที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นและเล่นกีฬาเป็นประจำ 3 วันต่อสัปดาห์ จำนวน 48 คน ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดถูกทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการกระโดด

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อเมื่อทดสอบด้วยเครื่องไอโซไคเนติก

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับมุมองศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการบาดเจ็บ

การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดใช้โปรแกรม SPSS สำหรับ Window เวอร์ชัน 17
(ลิขสิทธิ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ผลการวิเคราะห์

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ของข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมการวิจัย (48 คน)

ข้อมูลทั่วไป	PNF group (n=16)	Ballistic group (n=16)	Static group (n=16)	P-value
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	
อายุ (ปี)	21.87 ± 1.41	21.69 ± 0.95	21.06 ± 1.24	0.15
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	62.22 ± 7.17	66.25 ± 10.73	61.63 ± 7.64	0.26
ส่วนสูง (เมตร)	1.69 ± 0.04	1.72 ± 0.07	1.74 ± 0.05	0.11
BMI (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	21.53 ± 1.76	22.14 ± 2.58	20.33 ± 2.41	0.08
มุมองศาการเหยียดเข่า(องศา)	135.17 ± 9.71	135.28 ± 8.89	130.16 ± 6.03	0.15
ความสามารถในการกระโดด (เซนติเมตร)	51.26 ± 5.12	51.80 ± 5.33	49.55 ± 5.87	0.48

Between-group difference between PNF group, Ballistic group and Static group : ANCOVA

ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย เป็นเพศชาย จำนวน 48 คน พบว่าลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัยก่อนเข้ารับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อทั้งกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก แบบกระตุ้นระบบประสาท และแบบคงค้าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มทดลองคือ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท กลุ่มควบคุมคือ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก มีอายุเฉลี่ย 21.69 ± 0.95 น้ำหนักเฉลี่ย 66.25 ± 10.73 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.72 ± 0.07 เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 22.14 ± 2.58 กิโลกรัม/เมตร^2 กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท มีอายุเฉลี่ย 21.87 ± 1.41 น้ำหนักเฉลี่ย 62.22 ± 7.17 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.69 ± 0.04 เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 21.53 ± 1.76 กิโลกรัม/เมตร^2 กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง มีอายุเฉลี่ย 21.06 ± 1.24 น้ำหนักเฉลี่ย 61.63 ± 7.64 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.74 ± 0.05

เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 20.33 ± 2.41 กิโลกรัม/เมตร^2 พบว่าลักษณะทั่วไปของทั้งสามกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการกระโดด

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดครั้งแรกของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Vertec

Protocol	Acute Vertical jump (cm)		P-value
	Before	After	
PNF stretching	51.26 ± 5.12	52.01 ± 5.85	
Ballistic stretching	51.80 ± 5.33	55.16 ± 4.77*	0.009
Static stretching	49.55 ± 5.87	52.43 ± 4.93*	

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with $p<0.05$

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบผลของความสามารถในการกระโดดโดยวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก เมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) พบว่าความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นจาก 51.80 ± 5.33 เป็น 55.16 ± 4.77 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และ 49.55 ± 5.87 เป็น 52.43 ± 4.93 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$

ทั้งกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสามารถในการกระโดด $p<0.05$ โดยพบว่ากลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง มีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดโดยวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Force plate

Protocol	Acute Vertical jump (cm)		P-value
	Before	After	
PNF stretching	52.80 ± 4.94	53.94 ± 5.49*	
Ballistic stretching	52.90 ± 5.52	55.85 ± 5.13*	0.037
Static stretching	50.51 ± 6.22	53.66 ± 5.92*	

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with $p<0.05$

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบผลของความสามารถในการกระโดดโดยวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก เมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดแรงขณะกระโดด (Force plate) พบว่าความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นจาก 52.80 ± 4.94 เป็น 53.94 ± 5.49 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท จาก 52.90 ± 5.52 เป็น 55.85 ± 5.13 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และ 50.51 ± 6.22 เป็น 53.66 ± 5.92 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$

ทั้งกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสามารถในการกระโดด โดยพบว่ากลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกกับกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดหลังได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ของผู้เข้าร่วมวิจัยเปรียบเทียบกับก่อนได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Vertec

Protocol	Vertical jump (cm)		P-value
	Before	After	
PNF stretching	51.26 ± 5.12	52.87 ± 5.28*	
Ballistic stretching	51.80 ± 5.33	55.01 ± 5.37*	0.069
Static stretching	49.55 ± 5.87	54.24 ± 4.58*	

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with p<0.05

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบผลของความสามารถในการกระโดดโดยวัดผลหลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์เมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) พบว่าความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นจาก 51.26 ± 5.12 เป็น 52.87 ± 5.28 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท เพิ่มขึ้นจาก 51.80 ± 5.33 เป็น 55.01 ± 5.37 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และ 49.55 ± 5.87 เป็น 54.24 ± 4.58 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p<0.05

ทั้งกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสามารถในการกระโดด

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ความสามารถในการกระโดดหลังได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ของผู้เข้าร่วมวิจัยเปรียบเทียบกับก่อนได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ จากการทดสอบความสามารถในการกระโดดโดยใช้เครื่อง Force plate

Protocol	Vertical jump (cm)		P-value
	Before	After	
PNF stretching	52.80 ± 4.94	54.35 ± 5.50*	

Ballistic stretching	52.90 ± 5.52	55.93 ± 6.32*	0.112
Static stretching	50.51 ± 6.22	55.05 ± 5.02*	

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with p<0.05

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบผลของความสามารถในการกระโดดโดยวัดผลหลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์เมื่อทดสอบด้วยเครื่องวัดแรง (Force plate) พบว่าความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นจาก 52.80 ± 4.94 เป็น 54.35 ± 5.50 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท จาก 52.90 ± 5.52 เป็น 55.93 ± 6.32 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และ 50.51 ± 6.22 เป็น 55.05 ± 5.02 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p<0.05

ทั้งกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของความสามารถในการกระโดด

ตารางที่ 4.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Agreement) ระหว่างการทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และการทดสอบด้วยเครื่องวัดแรง (Force plate)

Test		ICC
Pre-test	Vertical jump – Force plate	0.981
Post-test		0.957
Post4-test		0.963

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, Agreement

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Agreement) ระหว่างการทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และการทดสอบด้วยเครื่องวัดแรง (Force plate) เมื่อวัดผลการกระโดดช่วงก่อนยืดกล้ามเนื้อ หลังยืดกล้ามเนื้อทันทีและหลังเสร็จสิ้นโปรแกรมยืดกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ทั้งสามช่วงเวลา พบว่ามีความสัมพันธ์กันเท่ากับ 0.981, 0.957, 0.963 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเมื่อทดสอบด้วยเครื่องไอโซไคเนติก

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ของ peak torque และ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic

Isokinetic 120°/sec	Groups	Peak torque (N▪m)		Peak torque/bodyweight (N▪m/kg)		P-value
		Before	After	Before	After	
Concentric	PNF	39.06 ± 17.22	70.31 ± 27.10*	0.63 ± 0.28	1.14 ± 0.43*	
	Ballistic	38.50 ± 21.19	53.43 ± 29.36*	0.54 ± 0.26	0.81 ± 0.46*	0.001
	Static	36.43 ± 19.76	42.06 ± 18.35	0.58 ± 0.28	0.68 ± 0.27	
Eccentric	PNF	125.75 ± 36.61	157.50 ± 34.18*	2.02 ± 0.56	2.55 ± 0.60*	
	Ballistic	120.56 ± 36.12	156.43 ± 48.66*	1.82 ± 0.46	2.37 ± 0.65*	0.344
	Static	113.00 ± 39.61	136.68 ± 50.91	1.91 ± 0.56	2.19 ± 0.71	

PNF : Proprioceptive neuromuscular facilitation

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with $p<0.05$

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพีคทอร์คและพีคทอร์คต่อน้ำหนักตัว ทดสอบก่อน-หลังได้รับการโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะทำการทดสอบแบบ concentric พบว่า ค่าเฉลี่ยพีคทอร์คต่อน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้นจาก 0.63 ± 0.28 เป็น 1.14 ± 0.43 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท และ 0.54 ± 0.26 เป็น 0.81 ± 0.46 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และขณะทำการทดสอบแบบ eccentric เพิ่มขึ้นจาก 2.02 ± 0.56 เป็น 2.55 ± 0.60 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท และ 1.82 ± 0.46 เป็น 2.37 ± 0.65 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p<0.05$

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของค่าเฉลี่ยพีคทอร์คและพีคทอร์คต่อน้ำหนักตัว จากการ

ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะทำการทดสอบแบบ concentric แต่ขณะทดสอบแบบ eccentric พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ของ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isokinetic

Isokinetic 120°/sec	Groups	Peak torque (N·m)		Peak torque/bodyweight (N·m/kg)		P-value
		Before	After	Before	After	
Concentric	PNF	31.25 ± 15.30	54.12 ± 16.01*	0.51 ± 0.25	0.88 ± 0.28*	
	Ballistic	33.50 ± 18.40	40.50 ± 23.40	0.49 ± 0.25	0.60 ± 0.32	0.001
	Static	25.81 ± 14.39	28.93 ± 15.96	0.41 ± 0.22	0.47 ± 0.25	
Eccentric	PNF	73.37 ± 17.61	91.81 ± 15.03*	1.18 ± 0.26	1.48 ± 0.22*	
	Ballistic	78.62 ± 14.80	97.93 ± 33.15*	1.20 ± 0.24	1.47 ± 0.43*	0.389
	Static	77.56 ± 26.56	83.56 ± 21.91	1.18 ± 0.34	1.35 ± 0.30*	

PNF : Proprioceptive neuromuscular facilitation

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with p<0.05

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยพีคทอร์ค และพีคทอร์คต่อน้ำหนักตัว ทดสอบก่อน-หลังได้รับการโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isokinetic ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะทำการทดสอบแบบ concentric พบว่า ค่าเฉลี่ยพีคทอร์คต่อน้ำหนักตัว เพิ่มขึ้นจาก 0.51 ± 0.25 เป็น 0.88 ± 0.28 และขณะทำการทดสอบแบบ eccentric เพิ่มขึ้นจาก 1.18 ± 0.26 เป็น 1.48 ± 0.22 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท เพิ่มขึ้นจาก 1.20 ± 0.24 เป็น 1.47 ± 0.43 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ประสาท และ 1.18 ± 0.34 เป็น 1.35 ± 0.30 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ของค่าเฉลี่ยพีคทอร์คและพีคทอร์คต่อน้ำหนักตัว จากการ

ทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isokinetic ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะทำการทดสอบแบบ concentric แต่ขณะทดสอบแบบ eccentric พบว่าไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ของอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ Hamstrings และ Quadriceps (H:Q Ratio) ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงแบบ isokinetic

Isokinetic 120°/sec	Groups	Hamstrings : Quadriceps (H:Q Ratio)		P-value
		Before	After	
Concentric	PNF	0.86 ± 0.33	0.85 ± 0.31	0.301
	Ballistic	0.90 ± 0.42	0.80 ± 0.36	
	Static	0.87 ± 0.65	0.78 ± 0.22	
Eccentric	PNF	0.62 ± 0.20	0.60 ± 0.12	0.814
	Ballistic	0.68 ± 0.17	0.63 ± 0.15	
	Static	0.75 ± 0.38	0.64 ± 0.16	

H: Hamstrings , Q: Quadriceps , PNF: Proprioceptive neuromuscular facilitation

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with $p<0.05$

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของกล้ามเนื้อ Hamstrings ต่อกล้ามเนื้อ Quadriceps ทดสอบก่อน-หลังได้รับการโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากการทดสอบแบบ isokinetic ที่ความเร็วเชิงมุม 120 องศาต่อวินาที ขณะทำการทดสอบแบบ concentric และ eccentric พบว่า ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนของกล้ามเนื้อ Hamstrings ต่อกล้ามเนื้อ Quadriceps ไม่มีความแตกต่างกันของทั้งสามกลุ่ม และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มก็พบว่าไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับองศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{X}$±*S.D.)* องศาการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของผู้เข้าร่วมวิจัย

Protocol	Range of motion (degree)		P-value
	Before	After	
PNF stretching	135.17 ± 9.71	160.65 ± 6.10*	
Ballistic stretching	135.28 ± 8.89	157.21 ± 10.39*	0.310
Static stretching	130.16 ± 6.03	155.73 ± 6.08*	

* Within-group difference between before and after, paired t-test, significant with p<0.05

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, ANCOVA

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของมุมองศาการเคลื่อนไหวของการเหยียดเข่า โดยวัดผลหลังจากได้รับการโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่ามุมองศาการเคลื่อนไหวของการเหยียดเข่าเพิ่มขึ้นจาก 135.17 ± 9.71 เป็น 160.65 ± 6.10 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท เพิ่มขึ้นจาก 135.28 ± 8.89 เป็น 157.21 ± 10.39 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และ 130.16 ± 6.03 เป็น 155.73 ± 6.08 ในกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ทั้งกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 5 การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการบาดเจ็บ

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\bar{x}$±*S.D.)* ของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้นระหว่างเข้าโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ

Protocol	Injury	No injury	Total	P-value
PNF stretching	1	15	16	
Ballistic stretching	2	14	16	0.80
Static stretching	2	14	16	
Total	5	43	48	

Between-group difference between PNF stretching, Ballistic stretching and Static stretching, Chi-square test, significant with $p<0.05$

จากการเปรียบเทียบอุบัติการณ์การเกิดการบาดเจ็บ เมื่อเปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง พบว่าหลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันของการเกิดการบาดเจ็บ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลองแบบสุ่ม (Randomized controlled trial study) เพื่อศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง ในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นอาสาสมัครเพศชายจำนวน 48 คน ระยะเวลาในการให้โปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์

สรุปผลการวิจัย

1.ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ข้อมูลส่วนบุคคล

ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มทดลองคือ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก และกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท กลุ่มควบคุมคือ กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก มีอายุเฉลี่ย 21.69 ± 0.95 น้ำหนักเฉลี่ย 66.25 ± 10.73 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.72 ± 0.07 เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 22.14 ± 2.58 กิโลกรัม/เมตร^2 กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท มีอายุเฉลี่ย 21.87 ± 1.41 น้ำหนักเฉลี่ย 62.22 ± 7.17 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.69 ± 0.04 เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 21.53 ± 1.76 กิโลกรัม/เมตร^2 กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง มีอายุเฉลี่ย 21.06 ± 1.24 น้ำหนักเฉลี่ย 61.63 ± 7.64 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 1.74 ± 0.05 เมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกาย 20.33 ± 2.41 กิโลกรัม/เมตร^2 พบว่าลักษณะทั่วไปของทั้งสามกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ข้อมูลเกี่ยวกับความสามารถในการกระโดด

ค่าความสามารถในการกระโดดของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสามกลุ่ม เมื่อวัดผลทันทีหลังการยืดกล้ามเนื้อในครั้งแรก วัดผลโดยใช้เครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และเครื่องวัดแรง (Force plate) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ยกเว้นกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทเมื่อวัดผลด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด

(Vertec) และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้งสามกลุ่มพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าความสามารถในการกระโดดของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสามกลุ่มภายหลังสิ้นสุดการฝึกสัปดาห์ที่ 4 เมื่อวัดผลโดยใช้เครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และเครื่องวัดแรง (Force plate) มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้งสามกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ข้อมูลเกี่ยวกับการทดสอบความแข็งแรงแบบไอโซคิเนติก

ผลจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบไอโซคิเนติก ทำการทดสอบในขาข้างที่ถนัดและมีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ก่อนและหลังโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการทดสอบครบทั้งสองครั้ง จำนวน 48 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยของ peak torque/body weight ที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าทั้งแบบ concentric และ eccentric กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทค่า peak torque/body weight มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้งสามกลุ่มพบว่าขณะทดสอบแบบ eccentric ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลจากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบไอโซคิเนติก ทำการทดสอบในขาข้างที่ถนัดและมีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นที่ความเร็ว 120 องศาต่อวินาที ก่อนและหลังโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ ผู้เข้าร่วมวิจัยเข้ารับการทดสอบครบทั้งสองครั้ง จำนวน 48 คน พบว่า ค่าเฉลี่ยของ peak torque/body weight ที่ได้จากการทดสอบทั้งสองครั้งของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ concentric พบว่ามีเพียงกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทเพียงกลุ่มเดียวที่ค่า peak torque/body weight มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และแบบ eccentric พบว่า ทุกกลุ่มการยืดกล้ามเนื้อ ค่า peak torque/body weight มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้งสามกลุ่มพบว่า ขณะทดสอบแบบ eccentric ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Hamstring: Quadriceps Ratio, H:Q) ซึ่งมีค่าปกติอยู่ที่ 50-80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าจากการทดสอบทั้งสองครั้ง เมื่อทดสอบแบบ concentric และ eccentric ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้งสามกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ข้อมูลเกี่ยวกับมุมองศาการเคลื่อนไหว

มุมองศาการเคลื่อนไหวของผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสามกลุ่มภายหลังสิ้นสุดการฝึกสัปดาห์ที่ 4 พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของทั้งสามกลุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อภิปรายผลการวิจัย

ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดด

จากวัตถุประสงค์การศึกษาข้อแรกเพื่อศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดเมื่อวัดผลทันทีหลังจากได้รับการยืดกล้ามเนื้อครั้งแรก เพื่อหาวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และมีผลต่อความสามารถในการกระโดดน้อยที่สุด จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าเป็นไปตามสมมติฐาน ผลการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทมีความแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อมีความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น ทั้งสองวิธีจากการทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และเครื่องวัดแรง (Force plate) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Woolstenhulme และคณะปี 2006 ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกทำให้ความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นการยืดที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายทำให้เป็นการเตรียมความพร้อมของกล้ามเนื้อให้พร้อมในการทำกิจกรรมต่างๆ อย่างเต็มที่ เพิ่ม coordination ของกล้ามเนื้อ ส่งผลให้กล้ามเนื้อพร้อมที่จะหดตัวแบบหดสั้นและยืดยาวออก แต่จากผลการศึกษาพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการกระโดดก่อน-หลัง น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบคงค้าง ซึ่งสาเหตุที่ทำให้การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทมีการเปลี่ยนแปลงของความสามารถใน

การกระโดดน้อยกว่าการยืดชนิดอื่น น่าจะเกิดจากการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาทมีช่วงเวลาของการใช้แรงต้านขณะยืดกล้ามเนื้อร่วมด้วย ซึ่งผลดังกล่าวทำให้กล้ามเนื้อใช้พลังงานไปมากกว่าการยืดกล้ามเนื้อชนิดอื่น ดังนั้นเมื่อวัดผลหลังการยืด จึงทำให้ได้การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการกระโดดที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบคงค้าง ระยะเวลาในการฟื้นคืนแรงสู่สภาวะปกติก็พบว่ามีส่วนเกี่ยวข้อง ดังการศึกษาของ Bradley และคณะ ที่พบว่าการวัดผลของความสามารถในการกระโดดหลังการยืดกล้ามเนื้อทันที ทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง แต่เมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที และวัดความสามารถในการกระโดดอีกครั้ง ความสามารถในการกระโดดทั้งสามกลุ่มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากวัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้ข้อที่สองเพื่อศึกษาผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีความแตกต่างกันอย่างไรต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังจากได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ เพื่อหาวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย จากการศึกษาพบว่าไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท มีผลต่อความสามารถในการกระโดดแตกต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าทั้งสองวิธีของการยืดกล้ามเนื้อไม่มีความแตกต่างกันต่อความสามารถในการกระโดดเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง) หลังได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทั้งจากการทดสอบด้วยเครื่องวัดความสามารถในการกระโดด (Vertec) และเครื่องวัดแรง(Force plate) ผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของ Samuel และคณะปี 2008 ศึกษาการยืดกล้ามเนื้อทั้งแบบคงค้างและแบบกระตุก พบว่าไม่มีผลต่อความสามารถในการกระโดด ผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน เกิดจากการศึกษาใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อคล้ายกัน และเวลาในการยืดใช้ระยะเวลาที่ใกล้เคียงกับที่นักกีฬาใช้เป็นประจำ คือ 30 วินาที จำนวน 3 ครั้ง รวมเวลาต่อ 1 มัดกล้ามเนื้อ 90 วินาที ซึ่งการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง อาจเกิดจากเทคนิคและระยะเวลาในการยืดที่ต่างกัน พบว่าบางการศึกษาใช้เวลาในการยืดกล้ามเนื้อนานโดยประมาณ 8-30 นาที การศึกษาของ Cramer และคณะปี 2004 ใช้เวลาในการยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าเพียงกล้ามเนื้อเดียว รวมเวลาประมาณ 8 นาที ซึ่ง Church และคณะปี 2001 และ Marek และคณะปี 2005 ได้อธิบายว่าสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง อาจเกิดจากการใช้เวลาในการยืดที่นาน ทำให้มีผลต่อ sensitivity of muscle spindle ทำให้เกิด inhibition of muscle spindle เพิ่มมากขึ้น

จำนวน motor unit ที่ใช้ในการหดตัวของกล้ามเนื้อลดลง นอกจากนั้นยังทำให้ stiffness ในกล้ามเนื้อลดลงอย่างมากด้วย

การศึกษาของ Bradley และคณะปี 2007 ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง แบบกระตุก และแบบกระตุ้นระบบประสาท ทำให้ความสามารถในการกระโดดลดลง (4.0% , 2.7% และ 5.1% ตามลำดับ) ซึ่งค่าความสามารถในการกระโดดที่ลดลงอาจเกิดจากการศึกษานี้ บันทึกผลการกระโดดหลังการยืดกล้ามเนื้อทันที ซึ่งอาจเกิดจากเวลาในการวัดความสามารถในการกระโดดหลังจากการยืดกล้ามเนื้อเร็วเกินไป กล้ามเนื้อยังไม่สามารถฟื้นคืนแรงได้สู่ภาวะปกติ แต่จากการศึกษาพบว่าเมื่อผ่านไป 15 นาที และวัดความสามารถในการกระโดดอีกครั้ง ความสามารถในการกระโดดทั้งสามกลุ่มเพิ่มขึ้นมากกว่าการวัดทันทีหลังการกระโดด และไม่มีความแตกต่างกันทั้งสามกลุ่ม

ความสามารถในการกระโดดที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นทั้งสามกลุ่ม อาจจะมีความเกี่ยวข้องกับผลจากการที่ผู้เข้าร่วมวิจัยมีองศาการเคลื่อนไหวที่เพิ่มมากขึ้น ภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นลดลงหลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ ส่งผลให้สามารถกระโดดได้ดีขึ้น กล้ามเนื้อหดตัวได้ดีและสามารถส่งแรงได้เต็มที่

ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง

จากวัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้ข้อที่สาม เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังจากได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่าทั้งสามกลุ่มมีความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังเพิ่มขึ้นไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา เช่นการศึกษาของ Davis และคณะปี 2005 Bandy และคณะปี 1994 Bacurae และคณะปี 2009 พบว่าหลังการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ทำให้มุมองศาการเหยียดเข่าเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากการศึกษานี้ใช้ระยะเวลาที่ใช้ในการยืดเช่นเดียวกับการศึกษาที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าเป็นระยะเวลามีความเหมาะสมและเพียงพอในการเพิ่มมุมองศาการเหยียดเข่า ระยะเวลาที่ใช้ในการยืดคือ 30 วินาที จำนวน 3 ครั้งต่อกล้ามเนื้อ ความถี่ 3 วันต่อสัปดาห์ กลไกในการเพิ่มขึ้นขององศาการเหยียดเข่า อธิบายว่าเกิดจาก ปรากฏการณ์ viscoelastic stress relaxation ลักษณะที่พบคือ ความยืดหยุ่นของเอ็นกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น (tendon elasticity), ความหนืดภายใน

กล้ามเนื้อลดลง (muscle viscosity) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้เกิด passive joint torque ลดลง สาเหตุดังกล่าวเป็นผลให้มีมุมองศาการเหยียดเข่าที่เพิ่มมากขึ้น

สอดคล้องกับงานวิจัยของ William และคณะปี 1992 Lucas และคณะปี 1984 ที่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเพิ่มองศาการเหยียดเข่าของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง เนื่องจากการยืดด้วยเทคนิคนี้ เป็นการทำให้ soft tissue ยืดยาวออกและมีการหดตัวของกล้ามเนื้อไปพร้อมๆ กัน ทำให้เกิด inverse myotatic reflex through stimulating GTO

ผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขา

ผลการยืดกล้ามเนื้อทั้งแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทจากการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มที่ได้รับการยืดกล้ามเนื้อมีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า แบบ concentric เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่ากลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทมีค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากสุดเมื่อเทียบกับการยืดด้วยเทคนิคอื่น น่าจะเกิดจากการเทคนิคการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาท จะมีช่วงของการใช้แรงต้านขณะยืด ขณะที่มีการใช้แรงต้านจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในกล้ามเนื้อ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Manoel และคณะปี 2008 ที่พบว่าหลังการยืดกล้ามเนื้อทำให้มีค่ากำลังกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นจากเหตุผลการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในกล้ามเนื้อขณะยืด ส่งผลให้ขณะยืดกล้ามเนื้อจะเพิ่ม intramuscular friction เพิ่มสัญญาณการนำกระแสประสาท ความสัมพันธ์ของแรงและความเร็วดีขึ้น กระบวนการ glycogenolysis เพิ่มขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อสามารถใช้แรงได้เต็มที่ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาส่วนใหญ่ที่พบว่าหลังการยืดกล้ามเนื้อ จะส่งผลให้ความแข็งแรงลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ Sekir และคณะ ปี 2010 การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างทำให้ค่าพีคทอร์คของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าลดลงทั้งแบบ concentric และ eccentric ซึ่งอาจเกิดจากสมมุติฐานสองข้อคือ 1.ปัจจัยทางด้านกลศาสตร์(mechanical factors) ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติความหนืดที่เหมาะสมในเอ็นกล้ามเนื้อ (musculotendinous unit) 2.ปัจจัยด้านระบบประสาท (neural factors) เช่น การกระตุ้นจำนวนเซลล์ประสาทสั่งการลดลง (motor neuron) ส่งผลให้การส่งกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อหรือการเปลี่ยนแปลงความไวในการตอบสนองของกล้ามเนื้อลดลง ผลจากการยับยั้งการตอบสนองอย่างฉับพลันของ musculotendinous proprioceptors และการศึกษาของ Church และคณะปี 2001 พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาททำให้มีค่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง เนื่องจาก

การศึกษาของ Church ใช้เทคนิค contract-relax agonist contract (CRAC) ต่างจากการศึกษานี้ที่ใช้เทคนิค hold-relax ซึ่งพบว่าเทคนิค contract-relax agonist contract (CRAC) จากการบันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง มีการทำงานของกล้ามเนื้อ 89-110% มากกว่าเทคนิค hold-relax ผลคือกล้ามเนื้อเกิดการล้าได้ง่าย ส่งผลโดยตรงต่อความเข็งแรงของกล้ามเนื้อ

อีกหนึ่งเหตุผล คือ การที่ผู้เข้าร่วมวิจัยมีมุมองศาการเหยียดเข่าได้เพิ่มมากขึ้น หลังการยืดกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ ทำให้ภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้นลดลง ส่งผลให้กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าสามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Vastus medialis oblique (VMO) ซึ่งสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพในช่วงสุดท้ายของการเหยียดเข่า ดังนั้นจึงทำให้ได้ค่าพีคทอร์คเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ค่าเฉลี่ยของอัตราความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อต้นขาด้านหน้า (H:Q ratio) พบว่า หลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท ทั้งแบบ concentric และ eccentric

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่าเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อทั้งแบบกระตุก แบบกระตุ้นระบบประสาท และแบบคงค้าง ไม่มีความแตกต่างกันของความสามารถในการกระโดด ค่ามุมองศาการเหยียดเข่า และ ผลการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ หลังได้รับโปรแกรมการฝึกเป็นเวลา 4 สัปดาห์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นนักกีฬาหรือผู้ฝึกสอนสามารถเลือกเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อได้ตามความเหมาะสมของชนิดกีฬาและตัวบุคคลเองในการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย แต่สำหรับกีฬาที่ต้องใช้ความสามารถในการกระโดดหรือก่อนการแข่งขันกีฬาไม่แนะนำให้ใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทเนื่องจากทำให้ความสามารถในการกระโดดเพิ่มขึ้นน้อยสุดเมื่อเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อด้วยเทคนิคอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเป็นนักกีฬาหลายประเภทที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ได้ผลที่ไม่ชัดเจนในเรื่องของสมรรถภาพทางกายเรื่องความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ และอุบัติการณ์การเกิดการบาดเจ็บเนื่องจากกีฬาแต่ละชนิดต้องใช้ความแข็งแรงและการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อต่างกัน และบาง

ชนิดความอ่อนตัวของชนิดกีฬาก็มีความแตกต่างกันด้วย นอกจากนั้นในการศึกษานี้กลุ่มควบคุมใช้เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง ซึ่งการศึกษาในอนาคตหากต้องการได้ผลเปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อที่ชัดเจน กลุ่มควบคุมควรเป็นกลุ่มที่ไม่มีการยืดกล้ามเนื้อเปรียบเทียบกับการยืดกล้ามเนื้อแบบต่างๆ เพื่อให้ได้ความแตกต่างที่ชัดเจน และควรศึกษาในนักกีฬาประเภทเดียวกันเพื่อให้ผลที่ได้เกิดความแตกต่างกันน้อยที่สุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

สาลี่ สุภาภรณ์. กลศาสตร์ชีวภาพในการกีฬาและการออกกำลังกาย. เอกสารประกอบการสอน เรื่อง กลศาสตร์ชีวภาพในการกีฬาและการออกกำลังกาย. ภาควิชาพลศึกษา คณะพลศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,2541.

เจริญ กระบวนรัตน์. การฝึกความแข็งแรงกล้ามเนื้อ. การอบรมเชิงปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬาสำหรับผู้ฝึกสอนกีฬาสถาบันการพลศึกษา ณ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548.

คณาจารย์ภาควิชาเวชศาสต์ฟื้นฟู . เอกสารประกอบการสอน วิชา การฟื้นฟูสมรรถภาพจากการบาดเจ็บ ทางการกีฬา. ภาควิชาเวชศาสต์ฟื้นฟู คณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

ภาษาอังกฤษ

.

Anders HE, Grethe M, Ingar H, Lars E, Roald B. Intrinsic Risk Factors for Hamstring Injuries Among Male Soccer Players : A Prospective Cohort Study. Am J Sports Med. 38 (2010):1147.

Ayala F, Sain SD, Baranda A. Effect of 3 different active stretch durations on hip flexion range of motion. J Strength Condit Res. 24(2010): 430-436.

Bacurau RF., Monteiro GA, Ugrinowitsch C, Tricoli V. Acute effects of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximum strength. J Strength Condit Res. 23(2009):304-308.

Bandy WD, Irion JM .The Effect of Time on static stretch on the flexibility of the hamstring muscles. Phys Ther. 74(1994): 845-850.

Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of static stretch and dynamic range of motion training on the flexibility of the hamstring muscle. J Orthop Sports Phys Ther. 27(1998): 295-300.

Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. Phys Ther. 77(1997): 1090-1096.

Bonnar BP, Deivert RG, Gould TE. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. J Sports Med Phys Fitness. 44(2004): 258-261.

Bradley PS, Olsen PD, Portas MD. The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance. J Strength Condit Res. 21(2007): 223-226.

Bruce E, John W. Training in Sport Applying Sport Science. Arthritis Rheum.(1998): 259-263.

Christensen BK, Nordstrom BJ. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching technique on vertical jump performance. J Strength Condit Res. 22(2008):1826-1831.

Church JB, Wiggins MS, Moode EM, Crist R. Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. J Strength Condit Res. 15(2001):332-336.

Charles B. Corbin, Ruth Lindsey. Fitness for Life. Fifth edition.2007.

Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Beck TW. Acute effects of static stretching on peak torque in women. J Strength Cond Res. 18(2004):236-241.

Croisier,J.L. Factors associated with recurrent hamstring injuries. Sports Med. 34(2004): 681-695.

Davis DS, Ashby PE, Mccale KL, Mcquain JA, Wine JM. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistant stretching parameters. J Strength Condit Res. 19(2005): 27-32.

Egan AD, Cramer JT, Massey LL, Marek SM. Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in National Collegiate Athletic Association

Division I women's basketball players. J Strength Condit Res. 20(2006): 778-782.

Fasen JM, O'Connor AM, Schwartz SL, Watson JO. A randomized controlled trial of hamstring stretching : comparison of four techniques. J Strength Condit Res. 23(2009): 660-667.

Gajdosik R, Lusin G. Hamstring muscle tightness reliability of an active-knee-extension test. Phys Ther. 63(1983) :1085-1090.

Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, Mchugh MP. Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque electromyography and mechanomyography of the biceps femoris muscle. J Strength Condit Res. 22(2008): 809- 817.

Higg F, Winter SL. The effect of a four-week proprioceptive neuromuscular facilitation stretching program on isokinetic torque production. J Strength Condit Res. 23(2009) : 1442-1447.

Jaggers JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The Acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, Force, and power. J Strength Condit Res. 22(2008):1844-1849.

Jari Y, Leon C. Stretching Therapy for sport and manual therapies.2008.

Kofotolis N, Kellis E. Effects of Two 4-Week Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Programs on Muscle Endurance, Flexibility, and Functional Performance in Women With Chronic Low Back Pain. Phys Ther. 86(2006):1001-1012.

Lucas RC, Koslow R. Comparative Study of static, dynamic, and Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching techniques on flexibility. Perceptud and Moror Skills. (58)1984 : 615-618.

Mahieu NN, Mcnair P, De Muynck M, Stevens V, Blanckaert I, Smits N, et al. Effect of static and ballistic stretching on the muscle-tendon tissue properties. Med Sci Sports Exerc. 39(2007): 494-501.

Manoel ME, Harris-Love MO, Danoff JV, Miller TA. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in woman. J Strength Condit Res. 22(2008) :1528-1534.

Marek SM, Cramer JT, Fincher AL, Massey LL, Dangelmaier SM, Purkayastha S, et al. Acute effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output. Journal of athletic training 40(2005) : 94–103.

Marques AP, Vasconcelos AA, Cabral CM, Sacco I.C. Effect of frequency of static stretching on flexibility, hamstring tightness and electromyographic activity. Braz J Med Biol Res. 42(2009): 949-953.

Meroni R, Cerri CG, Lanzarini , Barindelli G. Comparison of Active Stretching Technique and Static Stretching Technique on Hamstring Flexibility. Clin J Sport Med. 20(2010):8–14.

Sady SP, Wortman M, Blanke D. Flexibility Training: Ballistic, Static or Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. Arch Phys Med Rehabil. 63(1982) :261-263.

Sainz de Baranda P, Ayala F. Chronic flexibility improvement after 12 week of stretching program utilizing the ACSM recommendations: hamstring flexibility. Int J Sports Med. 31(2010) : 389–396.

Samuel MN, Holcomb WR, Guadagnoli MA. Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. J Strength Condit Res. 22(2008): 1422-1428.

Schuback B, Hooper J, Salisbury L. A comparison of a self-stretch incorporating proprioceptive neuromuscular facilitation components and a therapist-applied PNF-technique on hamstring flexibility. Phys Ther. (2004): 151–157.

Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan SM. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. Scand J Med Sci Sports. 20(2010): 268-281.

Sheard PW, Paine TJ. Optimal contraction intensity during proprioceptive neuromuscular facilitation for maximal increase of range of motion. J Strength Cond Res. 24(2003): 416-421.

Sherry MA, Best TM, A comparison of 2 rehabilitation programs in the treatment of acute hamstring strains. J Orthop Sports Phys Ther. 34(2004) :116-125.

Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. J Strength Cond Res. 22(2008) : 40-46.

Spernoga SG, Uhlt TL, Arnold BL, Gensneder BM. Duration of Maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. Journal of athletic training 36(2001) : 44–48.

Thomas D. Fahey, Paul M. Insel, Walton T. Roth. Fit and well core concepts and labs in physical fitness and wellness Second edition. (1997): 104-108.

Thomas R. Baechle, Roger W. Essentials of stretch training and conditioning Second edition. (2000): 321-342.

Unick J, Kieffer HS, Cheesman W, Feeney A. The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women. J Strength Cond Res. 19(2005) : 206-212.

Woolstenhulme MT, Griffiths CM, Woolstenhulme EM, Parcell AC. Ballistic stretching increase flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity. J Strength Condit Res. 20(2006) :799-803.

Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. J Orthop Sports Phys Ther. 20(1994) : 154-159.

Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, et al. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injury in male professional soccer player : a prospective study. Am J Sports Med. 31(2003) :41-46.

William LC, Mary RH. The effects of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique. Journal of athletic training 27(1992): 112-114.

Youdas JW, Haeflinger KM, Kreun MK, Andrew M.H. The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. J Physiother Theor Pract. 26(2010): 240–250.

Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. J Bodywork Mvmt Ther. 13(2009) : 11–21.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท

No.	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m^2)	ROM (degree)
1	20	61	1.75	19.92	148.3
2	22	54	1.65	19.83	133.3
3	20	55	1.7	19.03	131.6
4	21	63	1.69	22.06	130
5	24	57.5	1.65	21.12	131.6
6	24	65	1.7	22.49	131.6
7	23	51	1.65	18.73	148.3
8	21	72	1.76	23.24	135
9	21	57	1.61	21.99	133.3
10	20	61	1.69	21.36	128.3
11	23	70	1.72	23.66	123.3
12	23	72	1.73	24.06	155
13	21	66	1.69	23.11	125
14	23	58	1.71	19.84	123.3
15	21	75	1.78	23.67	148.3
16	23	58	1.69	20.31	136.6
Mean	21.87	62.22	1.69	21.53	135.17
S.D.	1.41	7.17	0.04	1.76	9.71

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก

No.	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m^2)	ROM (degree)
1	21	54	1.6	21.09	141.6
2	21	63	1.73	21.05	128.3
3	21	85	1.75	27.76	138.3
4	23	78	1.82	23.55	131.6
5	24	68	1.73	22.72	133.3
6	21	55	1.69	19.26	140
7	22	65	1.70	22.49	131.6
8	21	72	1.70	24.91	120
9	21	57	1.60	22.27	131.6
10	23	65	1.74	21.47	130
11	21	64	1.82	19.32	145
12	22	54	1.68	19.13	135
13	21	77	1.82	23.25	128.3
14	21	66	1.75	21.55	136.6
15	22	85	1.81	25.95	160
16	22	52	1.68	18.42	133.3
Mean	21.69	66.25	1.72	22.14	135.28
S.D.	0.95	10.73	0.07	2.58	8.89

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง

No.	Age (yr)	Weight (kg)	Height (cm)	BMI (kg/m^2)	ROM (degree)
1	23	69	1.82	20.83	126.6
2	21	54	1.74	17.84	123.3
3	21	62	1.69	21.71	128.3
4	21	66	1.75	21.55	130
5	20	67	1.65	24.61	120
6	24	63	1.72	21.3	130
7	20	65	1.75	21.22	125
8	20	65	1.70	22.49	133.3
9	23	67	1.85	19.58	126.3
10	20	51	1.73	17.04	135
11	21	62	1.75	20.24	128
12	21	67	1.85	19.58	130.3
13	21	51	1.73	17.04	133.3
14	20	50	1.68	17.72	133.3
15	21	75	1.75	24.49	146.6
16	20	52	1.70	17.99	133.3
Mean	21.06	61.63	1.74	20.33	130.16
S.D.	1.41	7.64	0.05	2.41	6.03

ภาคผนวก ข

แสดง peak torque และ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้องอเข่าแบบ isokinetic

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท

No.	peak torque (N)				peak torque/BW (N/kg)			
	Concentric		Eccentric		Concentric		Eccentric	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	45	53	60	71	0.74	0.87	0.98	1.16
2	41	54	76	91	0.76	1	1.41	1.69
3	24	76	72	100	0.44	1.38	1.31	1.82
4	33	41	54	75	0.52	0.65	0.86	1.19
5	23	42	58	73	0.4	0.73	1.01	1.27
6	33	64	61	77	0.51	0.98	0.94	1.18
7	39	38	81	85	0.76	0.75	1.59	1.67
8	23	31	57	85	0.32	0.43	0.79	1.18
9	15	73	62	83	0.26	1.28	1.09	1.46
10	31	84	80	108	0.51	1.38	1.31	1.77
11	65	50	119	113	0.93	0.71	1.7	1.61
12	14	69	80	110	0.19	0.96	1.11	1.53
13	43	61	64	98	0.65	0.92	0.97	1.48
14	12	41	66	84	0.21	0.71	1.14	1.45
15	19	33	103	118	0.25	0.44	1.37	1.57
16	50	56	81	98	0.86	0.97	1.4	1.69
Mean	31.25	54.12	73.37	91.81	0.51	0.88	1.18	1.48
S.D.	15.30	16.01	17.61	15.03	0.25	0.28	0.26	0.22

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก

No.	peak torque (N)				peak torque/BW (N/kg)			
	Concentric		Eccentric		Concentric		Eccentric	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	11	23	71	64	0.2	0.43	1.31	1.19
2	27	15	66	69	0.43	0.24	1.05	1.1
3	53	66	88	121	0.62	0.78	1.04	1.42
4	20	15	79	87	0.26	0.19	1.01	1.12
5	28	34	88	95	0.41	0.5	1.29	1.4
6	15	19	53	47	0.27	0.35	0.96	0.85
7	12	20	46	68	0.18	0.31	0.71	1.05
8	60	33	79	84	0.83	0.46	1.1	1.17
9	53	56	94	98	0.93	0.98	1.65	1.72
10	14	43	84	111	0.22	0.66	1.29	1.71
11	52	68	87	136	0.81	1.06	1.36	2.13
12	11	14	65	73	0.2	0.26	1.2	1.35
13	53	72	93	149	0.69	0.94	1.21	1.94
14	45	81	98	164	0.68	1.23	1.48	2.48
15	51	62	87	122	0.6	0.73	1.02	1.44
16	31	27	80	79	0.6	0.52	1.54	1.52
Mean	33.50	40.50	78.62	97.93	0.49	0.60	1.20	1.47
S.D.	18.40	23.40	14.80	33.15	0.25	0.32	0.24	0.43

ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง

No.	peak torque (N)				peak torque/BW (N/kg)			
	Concentric		Eccentric		Concentric		Eccentric	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	53	26	117	111	0.77	0.38	1.7	1.61
2	15	20	85	80	0.28	0.37	1.57	1.48
3	15	12	42	64	0.24	0.19	0.68	1.03
4	14	23	60	64	0.21	0.35	0.91	0.97
5	16	19	65	69	0.24	0.28	0.97	1.03
6	30	52	73	117	0.48	0.83	1.16	1.86
7	58	73	96	126	0.35	1.12	1.48	1.94
8	27	18	65	94	0.25	0.28	1.83	1.45
9	52	45	102	111	0.78	0.67	1.52	1.66
10	20	14	30	58	0.39	0.27	0.59	1.14
11	49	24	77	65	0.79	0.39	1.24	1.05
12	18	27	75	83	0.27	0.4	1.12	1.24
13	18	24	68	61	0.35	0.47	1.33	1.2
14	11	37	85	71	0.22	0.74	1.7	1.42
15	24	18	88	83	0.32	0.24	1.17	1.11
16	39	31	42	80	0.75	0.6	0.81	1.54
Mean	25.81	28.93	77.6	83.56	0.41	0.47	1.18	1.35
S.D.	14.39	15.96	22.56	21.91	0.22	0.25	0.34	0.30

ภาคผนวก ค

แสดง peak torque และ peak torque/body weight ของผู้เข้าร่วมวิจัย จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าแบบ isokinetic

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท

No.	peak torque (N)				peak torque/BW (N/kg)			
	Concentric		Eccentric		Concentric		Eccentric	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	54	102	52	100	0.89	1.67	0.85	1.64
2	33	66	95	184	0.61	1.22	1.76	3.41
3	27	60	108	183	0.49	1.09	1.96	3.33
4	50	73	148	193	0.79	1.16	2.35	3.06
5	33	34	138	132	0.57	0.59	2.4	2.3
6	35	76	98	111	0.54	1.17	1.51	1.71
7	23	57	118	182	0.45	1.12	2.31	3.57
8	19	56	123	175	0.26	0.78	1.71	2.43
9	31	56	117	120	0.54	0.98	2.05	2.11
10	69	83	167	132	1.13	1.36	2.74	2.16
11	50	94	187	206	0.71	1.34	2.67	2.94
12	31	71	170	187	0.43	0.99	2.36	2.6
13	57	114	114	127	0.86	1.73	1.73	1.92
14	15	34	83	130	0.26	0.59	1.43	2.24
15	27	30	119	179	0.36	0.4	1.59	2.39
16	71	119	175	179	1.22	2.05	3.02	3.09
Mean	39.06	70.31	125.75	157.50	0.63	1.14	2.02	2.55
S.D.	17.22	27.10	36.61	34.18	0.28	0.43	0.56	0.60

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก

No.	peak torque (N)				peak torque/BW (N/kg)			
	Concentric		Eccentric		Concentric		Eccentric	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	19	39	104	146	0.35	0.72	1.93	2.7
2	23	57	79	98	0.37	0.9	1.25	1.56
3	58	43	149	155	0.68	0.51	1.75	1.82
4	22	31	108	129	0.28	0.4	1.38	1.65
5	37	76	91	115	0.54	1.12	1.34	1.69
6	30	27	103	117	0.55	0.49	1.87	2.13
7	15	31	80	108	0.23	0.48	1.23	1.66
8	37	30	106	111	0.51	0.42	1.47	1.54
9	61	119	89	179	1.07	2.09	1.56	3.14
10	24	37	103	170	0.37	0.57	1.58	2.62
11	76	88	140	178	0.5	1.38	2.19	2.78
12	27	30	136	174	0.5	0.56	2.52	3.22
13	87	102	211	251	1.13	1.32	2.74	3.26
14	24	69	125	182	0.36	1.05	1.89	2.76
15	35	53	179	264	0.41	0.62	2.11	3.11
16	41	23	126	126	0.79	0.44	2.42	2.42
Mean	38.50	53.43	120.56	156.43	0.54	1.81	1.82	2.37
S.D.	21.19	29.36	36.12	48.66	0.26	0.46	0.46	0.65

กลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง

No.	peak torque (N)				peak torque/BW (N/kg)			
	Concentric		Eccentric		Concentric		Eccentric	
	Before	After	Before	After	Before	After	Before	After
1	41	34	209	191	0.59	0.49	3.03	2.77
2	34	23	91	111	0.63	0.43	1.69	2.06
3	34	39	62	140	0.55	0.63	1	2.26
4	24	54	114	161	0.36	0.82	1.73	2.44
5	58	31	111	94	0.87	0.46	1.66	1.4
6	57	68	137	262	0.9	1.08	2.17	4.16
7	23	85	103	142	0.89	1.31	1.58	2.18
8	16	28	123	134	0.42	0.43	1.89	2.06
9	88	73	165	218	1.31	1.09	2.46	3.25
10	30	27	98	95	0.59	0.53	1.92	1.86
11	26	35	77	88	0.42	0.56	1.24	1.42
12	28	43	123	145	0.42	0.64	1.84	2.16
13	31	33	95	98	0.61	0.65	1.86	1.92
14	19	28	89	102	0.38	0.56	1.78	2.04
15	12	31	119	129	0.16	0.41	1.59	1.72
16	16	41	163	77	0.31	0.79	3.13	1.48
Mean	36.43	42.06	113.00	136.68	0.58	0.68	1.91	2.19
S.D.	19.76	18.35	39.61	50.91	0.28	0.27	0.56	0.71

ภาคผนวก ง

แสดงอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Hamstring : Quadricep Ratio) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบตุ้นระบบประสาท แบบกระตุกและแบบคงค้าง จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ isokinetic แบบ concentric

No.	Hamstrings : Quadriceps Ratio					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	0.83	0.52	0.58	0.59	1.29	0.76
2	1.24	0.82	1.17	0.26	0.44	0.87
3	0.89	1.27	0.91	1.53	0.44	0.30
4	0.66	0.56	0.91	0.48	0.58	0.43
5	0.7	1.24	0.76	0.45	0.28	0.61
6	0.94	0.84	0.5	0.7	0.53	0.76
7	1.7	0.67	0.8	0.65	0.4	0.85
8	1.21	0.55	1.62	1.1	0.59	0.64
9	0.48	1.3	0.87	0.47	0.59	0.62
10	0.45	1.01	0.58	1.16	0.67	0.52
11	1.3	0.53	0.68	0.77	1.88	0.68
12	0.45	0.97	0.41	0.47	0.64	0.63
13	0.75	0.54	0.61	0.71	0.58	0.7
14	0.8	1.21	1.88	1.17	0.58	1.32
15	0.7	1.1	1.46	1.17	2	0.5
16	0.7	0.47	0.76	1.17	2.44	0.76
Mean	0.86	0.85	0.90	0.80	0.87	0.78
S.D.	0.33	0.31	0.42	0.36	0.65	0.22

ภาคผนวก จ

แสดงอัตราส่วนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังต่อกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Hamstring : Quadricep Ratio) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทแบบกระตุกและแบบคงค้าง จากการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ isokinetic แบบ eccentric

No.	Hamstrings : Quadriceps Ratio					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	1.15	0.71	0.68	0.44	0.56	0.58
2	0.8	0.49	0.84	0.70	1.07	0.72
3	0.67	0.55	0.59	0.78	0.68	0.46
4	0.36	0.39	0.73	0.67	0.53	0.40
5	0.42	0.55	0.97	0.83	0.59	0.73
6	0.62	0.69	0.51	0.40	0.53	0.45
7	0.69	0.47	0.58	0.63	1.07	0.89
8	0.46	0.49	0.75	0.76	1.89	0.70
9	0.53	0.69	1.06	0.55	0.62	0.51
10	0.48	0.82	0.82	0.65	0.31	0.61
11	0.64	0.55	0.62	0.76	1	0.74
12	0.47	0.59	0.48	0.42	0.61	0.57
13	0.56	0.77	0.44	0.59	0.72	0.62
14	0.8	0.65	0.78	0.90	0.96	0.70
15	0.87	0.66	0.49	0.46	0.74	0.64
16	0.46	0.55	0.63	0.63	0.26	1.04
Mean	0.62	0.60	0.68	0.64	0.75	0.64
S.D.	0.20	0.12	0.18	0.15	0.38	0.16

ภาคผนวก ฉ

แสดง Range of Motion ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทแบบกระตุก และแบบคงค้าง ก่อน-หลัง โปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ

No.	Range of Motion (degree)					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	148.3	171.6	141.6	161	126.6	157.6
2	133.3	165	128.3	160	123.3	167.6
3	131.6	168.3	138.3	135	128.3	152.6
4	130	153.3	131.6	167.6	130	153.3
5	131.6	156.6	133.3	158.3	120	147
6	131.6	161.6	140	145	130	157.6
7	148.3	156.6	131.6	155.3	125	150
8	135	161.6	120	158.3	133.3	171
9	133.3	156.6	131.6	175.6	126.3	151.6
10	128.3	149.3	130	156.6	135	155
11	123.3	155	145	159.3	128	153.6
12	155	161.6	135	143.3	130.3	153.3
13	125	163.3	128.3	158	133.3	156
14	123.3	160	136.6	158.3	133.3	158.3
15	148.3	170	160	173.3	146.6	152
16	136.6	160	133.3	150.6	133.3	155.3
Mean	135.17	160.65	135.28	157.21	130.16	155.73
S.D.	9.71	6.10	8.89	10.39	6.03	6.08

ภาคผนวก ช

แสดงค่าความสามารถในการกระโดดแบบฉับพลัน (Acute vertical jump) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทแบบกระตุก และแบบคงค้าง

No.	Vertical Jump Test					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	54	54	45.66	56.33	49	50.33
2	46.33	47.33	51.33	58.33	54.66	57.66
3	49.33	46.33	46.33	47.33	47.33	47.66
4	48	50.33	45.66	51	49	55
5	53.33	54.66	55	56.33	48.33	50.33
6	41	40.33	54.66	59.33	44.66	48
7	57.66	57.33	54.66	57.66	42.66	46.33
8	49	46.66	44.66	46.33	43.66	47.33
9	47.66	47.33	56.33	60.33	61	60.66
10	51.66	57	56	59	51.66	52.33
11	60	60	60.66	63	45.66	48.33
12	59.66	61	55	53.33	56	60
13	47.33	48	56.33	57.66	46.33	52.33
14	51.66	53.33	54.33	54.66	52	53.33
15	54.66	58.33	49.33	51.66	41.33	49
16	49	50.33	42.66	50.33	59.66	60.33
Mean	51.26	52.01	51.80	55.16	49.55	52.43
S.D.	5.12	5.85	5.33	4.77	5.87	4.93

ภาคผนวก ซ

แสดงค่าความสามารถในการกระโดด (vertical jump) หลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง

No.	Vertical Jump Test					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	54	54.66	45.66	57.66	45	52.66
2	46.33	49	51.66	59.33	48.33	57.33
3	49.33	48.33	46.33	47.66	40	55.33
4	48	47.33	45.66	51.66	47	53
5	53.33	57.33	55	51.33	40	48
6	41	44	54.66	63	38.33	53.33
7	57.66	60.66	54.66	50.33	32.33	48.33
8	49	47.66	44.66	46	40	53.33
9	47.66	51.33	56.33	54.66	58.33	62.33
10	51.66	59.33	56	57.66	45	58.33
11	60	58	60.66	64.66	36.66	49
12	59.66	58.33	55	58.33	46	60.66
13	47.33	49.66	56.33	58.33	36.66	53
14	51.66	50.33	54.33	57.33	52	54
15	54.66	59.33	49.33	52.66	41.33	48.66
16	49	50.66	42.66	49.66	55.33	60.66
Mean	51.26	52.87	51.80	55.01	49.55	54.24
S.D.	5.12	5.28	5.33	5.37	5.87	4.58

ภาคผนวก ฌ

แสดงค่าความสามารถในการกระโดดแบบฉับพลัน (Acute vertical jump) วัดโดยใช้เครื่องวัดแรงขณะกระโดด (Force plate) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง

No.	Force plate					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	55.7	56.2	47.8	57.6	50.4	52.5
2	48.3	48.6	53.7	60.3	55.5	60.2
3	51.5	50.5	46.2	47.5	48.1	44.9
4	50.9	52.4	46.1	51.8	50.2	56.1
5	55.8	56.4	56.2	56.9	49.4	50.5
6	42.1	41.9	57.7	60.5	45.9	49.5
7	60.3	61.9	55.7	56.1	41.7	45.8
8	51.2	49.2	45.3	46.9	44.3	48.5
9	49.9	51.1	57	60.3	61.9	64.9
10	53.7	57.3	55.2	57.5	51.8	55.6
11	61.2	62.1	62	64.2	44.1	49.5
12	57.8	59.4	56.2	56.9	57.7	60.7
13	47.3	49.7	57.7	60.5	47.4	52
14	53.3	55.2	55.7	56.1	54.2	58.3
15	55.6	59.3	50.3	52.2	44.1	50.9
16	50.2	51.9	43.6	48.4	61.6	62.3
Mean	52.80	53.94	52.90	55.85	50.51	53.66
S.D.	4.94	5.49	5.52	5.13	6.22	5.92

ภาคผนวก ญ

แสดงค่าความสามารถในการกระโดด (vertical jump) หลังจากได้รับโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์) วัดโดยใช้เครื่องวัดแรงขณะกระโดด (Force plate) ของผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท แบบกระตุก และแบบคงค้าง

No.	Force plate					
	PNF stretch		Ballistic stretch		Static stretch	
	Before	After	Before	After	Before	After
1	55.7	55.3	47.8	58.9	50.4	54.8
2	48.3	51.3	53.7	62.2	55.5	60.1
3	51.5	49.1	46.2	46.8	48.1	55.8
4	50.9	50.6	46.1	52.9	50.2	53.6
5	55.8	60.1	56.2	52.7	49.4	47.6
6	42.1	45.1	57.7	64.8	45.9	53.4
7	60.3	65.4	55.7	52	41.7	47.7
8	51.2	49.8	45.3	44.8	44.3	52.5
9	49.9	52.1	57	53.8	61.9	64.9
10	53.7	59.5	55.2	60.6	51.8	57.6
11	61.2	60.1	62	66.8	44.1	52.2
12	57.8	57.3	56.2	59.4	57.7	61.1
13	47.3	50.4	57.7	61.2	47.4	51.8
14	53.3	51.3	55.7	55.8	54.2	55.9
15	55.6	60.4	50.3	51.5	44.1	50
16	50.2	51.9	43.6	50.8	61.6	61.9
Mean	52.80	54.35	52.90	55.93	50.51	55.05
S.D.	4.94	5.50	5.52	6.32	6.22	5.02

ภาคผนวก ฎ
เอกสารชี้แจงข้อมูล/คำแนะนำแก่ผู้เข้าร่วมโครงการ

ชื่อโครงการ ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

ผู้ทำการวิจัย นางสาวศิริขวัญ เฮงธารากูล
นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเวชศาสตร์การกีฬา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.นพ. วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล

ผู้ดูแลที่ติดต่อได้

1. รศ.นพ.พงศ์ศักดิ์ ยุกตะนันทน์ ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 02-256-4230
2. อ.นพ. วสุวัฒน์ กิติสมประยูรกุล ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 02-256-4433
3. นางสาวศิริขวัญ เฮงธารากูล หลักสูตรเวชศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์ 02-252-7854 ต่อ 2431 มือถือ 087-3270050

สถานที่วิจัย

ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ด้านการเดินและการเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ อาคารแพทยพัฒน์ ชั้น 4 คณะแพทยศาสตร์ โทรศัพท์ 02-252-7854 ต่อ 2431

เรียน ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แสดงข้อมูลเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของท่านในการเข้าร่วมการศึกษาวิจัยโดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยในนักกีฬาที่ศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น อายุระหว่าง 18-30 ปี ใช้เวลาในการศึกษาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามก่อนที่ท่านตกลงเข้าร่วมการศึกษาดังกล่าว ขอให้ท่านอ่านเอกสารฉบับนี้อย่างถี่ถ้วน เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงเหตุผลและรายละเอียดของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ เพิ่มเติม กรุณาซักถามจากผู้ทำวิจัย หรือแพทย์ผู้ร่วมในโครงการวิจัยซึ่งจะเป็นผู้สามารถให้ความกระจ่างแก่ท่านได้

ท่านสามารถขอคำแนะนำในการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้จากครอบครัว เพื่อน หรือแพทย์ประจำตัวของท่านได้ ท่านมีเวลาอย่างเพียงพอในการตัดสินใจโดยอิสระ ถ้าท่านตัดสินใจแล้วว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ขอให้ท่านลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมของโครงการวิจัยนี้

ความเป็นมาของโครงการ

ความสามารถในทางกีฬาของนักกีฬา (performance) ที่แสดงออกมาจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นลักษณะโครงสร้างของร่างกายที่เหมาะสมกับชนิดกีฬา ความพร้อมทางด้านร่างกายและจิตใจ สมรรถภาพทางกาย ระดับทักษะ เป็นต้น นอกเหนือจากปัจจัยดังกล่าว การบาดเจ็บหรือความไม่พร้อมของร่างกาย เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อความสามารถของนักกีฬา ปัจจัยที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บมีทั้งปัจจัยภายใน(ตัวบุคคลเอง) และปัจจัยภายนอก (สิ่งแวดล้อม) ปัจจัยภายในซึ่งประกอบด้วย ความอ่อนตัว, ความไม่สมดุลของกล้ามเนื้อ, อายุ, ความบกพร่องของข้อต่อ, และฮอร์โมน พบว่าความไม่ยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดการบาดเจ็บของระบบกล้ามเนื้อ กระดูกและข้อ การบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมหรือแข่งขันกีฬาเป็นปัญหาที่สำคัญของนักกีฬาและผู้ฝึกสอน จึงทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าหาวิธีการป้องกันหรือลดการบาดเจ็บจากการฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักกีฬา

วิธีในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อมีอยู่หลายวิธี เช่น การยืดกล้ามเนื้อ การประคบด้วยความร้อน การใช้เครื่องช๊อตเวฟ (shortwave) และอัลตราซาวด์ (ultrasound) แต่วิธีที่ได้รับความนิยมและสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเอง คือ การยืดกล้ามเนื้อเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อมากกว่าวิธีอื่นๆ เทคนิคในการยืดกล้ามเนื้อมีหลายเทคนิค เช่น การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretching), การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (proprioceptive neuromuscular facilitation : PNF), การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (ballistic Stretching) เป็นต้น

การยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (static stretching) เป็นวิธีการยืดกล้ามเนื้อที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง ทำได้โดยการจัดท่าให้มีการยืดกล้ามเนื้อที่ต้องการยืดแล้วค้างไว้ เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ และเอ็นรอบข้อต่อ ช่วยรักษาและเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ลดความเสี่ยงในการเกิดการบาดเจ็บจากการออกกำลังกาย และป้องกันการล้าของกล้ามเนื้อหลังจากการออกกำลังกาย

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation : PNF) เป็นวิธีที่เร่งเร้าการตอบสนองของกลไกทางระบบประสาทกล้ามเนื้อ โดยการกระตุ้นผ่านตัวรับรู้ข้อต่อ (proprioceptor) ซึ่งเป็นตัวรับความรู้สึกในกล้ามเนื้อเอ็น และข้อต่อ ทำให้เนื้อเยื่อระบบประสาทที่ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อดีขึ้น จนสามารถถูกกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองได้ง่ายขึ้น

การยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (Ballistic Stretching) ปฏิบัติโดยใช้หลักการซ้ำ ๆ กัน โดยให้ส่วนของร่างกายได้ยืดออกในช่วงของการเคลื่อนไหวที่กว้างอย่างเป็นจังหวะ เช่น การกระโดดแยกขา การกระโดดสลับขา ฯลฯ วิธีนี้เป็นที่นิยมกันพอสมควร แต่มีข้อจำกัด คือ ผู้ปฏิบัติต้องมีพื้นฐานการเคลื่อนไหวที่ดี และการทำซ้ำ ๆ อาจเป็นอันตรายทำให้กล้ามเนื้อยืดมากเกินหรืออาจถึงขึ้นฉีกขาดได้ ทำให้เกิดการบาดเจ็บได้

งานวิจัยที่ศึกษาถึงผลการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบต่างๆ ต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหรือกล้ามเนื้อแฮมสตริง (hamstring muscle) และความสามารถในการกระโดดยังมีอยู่น้อย และผลไม่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกความอ่อนตัวโดยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อในแบบต่างๆ กับนักกีฬาที่มีความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังน้อยกว่าปกติซึ่งมีผลต่อความสามารถของนักกีฬาและยังทำให้นักกีฬาเกิดการบาดเจ็บได้ง่าย ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาเรื่องผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุก (Ballistic Stretching) และแบบกระตุ้นระบบประสาทกล้ามเนื้อ (PNF stretching) ต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และความสามารถในการกระโดด และเชื่อว่าในการศึกษาครั้งนี้จะสามารถนำผลการศึกษาวิจัยไปพัฒนาให้กับนักกีฬาที่มีความอ่อนตัวน้อยกว่าปกติและเพื่อเป็นแนวทางเลือกทางหนึ่งสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมศักยภาพของนักกีฬาที่ต้องอาศัยความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขา ซึ่งผู้ที่มีความสนใจ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลในระยะฉับพลันของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness)
2. เพื่อศึกษาผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังจากได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาท ต่อความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังในนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น (hamstring tightness) หลังจากได้รับโปรแกรมการฝึก 4 สัปดาห์

รายละเอียดที่จะปฏิบัติต่อผู้เข้าร่วมวิจัย

1. ท่านจะได้รับการชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยโดยย่อ และได้รับการแจ้งให้ทราบว่าการเข้าร่วมการวิจัยครั้งนี้ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆทั้งสิ้น เมื่อท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัย ท่านจะต้องลงนามยินยอมเข้าร่วมในการวิจัยโดยอิสระและได้รับการสัมภาษณ์ เพื่อคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้น จากนั้นกรอกแบบสอบถาม ตามเกณฑ์การคัดเลือกเข้าศึกษา ทั้งนี้ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามข้อใดก็ได้ ซึ่งคาดว่าจะใช้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ 5-6 นาที

2. หากท่านมีคุณสมบัติที่เหมาะสมและยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ในวันแรกท่านจะได้รับการทดสอบความสามารถในการกระโดด (vertical jump performance) /ทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการเหยียดเข่า (range of motion) / ทดสอบความแข็งแรง (strength) ของกล้ามเนื้อเหยียดเข่าและงอเข่าในขาข้างที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น โดยจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที จากนั้นท่านจะได้รับการอธิบายถึงรายละเอียดวิธีการยืดกล้ามเนื้อในแต่ละแบบ (แบบกระตุก/แบบคงค้าง/แบบกระตุ้นระบบประสาท) โดยการยืดกล้ามเนื้อขา 4 มัดกล้ามเนื้อใช้เวลาในการยืดท่าละ 30 วินาที พัก 10 วินาที จำนวน 3 ครั้งต่อท่า (คาดว่าจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที) ทั้ง 3 กลุ่มจะได้รับการขอร้องให้มาทำการฝึกและประเมินผล จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์โดยจะมีนักกายภาพบำบัดแสดงการสาธิตวิธีการเพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการได้ดีขึ้น ในระหว่างทำการดังกล่าว ท่านจะอยู่ภายใต้ความดูแลของผู้วิจัยซึ่งเป็น นักกายภาพบำบัด ชื่อ ศิริขวัญ เฮงธารากูล

3. หลังทำการวัดค่าต่าง ๆ ในครั้งแรก ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งหมด 48 คน จะถูกทำการสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก กลุ่มที่ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท และกลุ่มควบคุมให้ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง โดยแต่ละท่านจะมีโอกาสถูกสุ่มเข้าอยู่กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 3 กลุ่มนี้ หลังจากได้รับการยืดกล้ามเนื้อด้วยวิธีต่าง ๆ แล้วท่านจะได้รับการทดสอบดังนี้

3.1 การทดสอบหลังจากการยืดกล้ามเนื้อในครั้งแรก จะได้รับการทดสอบความสามารถในการกระโดด (vertical jump performance) โดยเครื่องวัดแรง (Force plate) และเครื่องเวอร์เท็ค (Vertec ™) หลังการยืดกล้ามเนื้อแล้ว 15 นาที

3.2 การทดสอบหลังจากเสร็จสิ้นโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ 4 สัปดาห์ ท่านจะได้รับการทดสอบความสามารถในการกระโดด (vertical jump performance) โดยเครื่องวัดแรง (Force plate) และเครื่องเวอร์เท็ค (Vertec ™) / การทดสอบความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อ โดยการวัดมุมองศาการเคลื่อนไหว / การทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา โดยเครื่องไซเบ็ก ไอโซไคเนติกไดนาโมเมตรเตอร์ (Cybex isokinetic dynamometer)

ทั้งนี้ท่านจะได้รับทราบถึงรายละเอียดถึงวิธีการ อุปกรณ์ที่ใช้ และการประเมินผล ซึ่งแต่ละท่านจะใช้เวลาในการทดลองเป็นเวลา 1 วัน โดยสวมกางเกงขาสั้น สวมถุงเท้า และรองเท้าเพื่อความสะดวกขณะทำการทดสอบ

ข้อตกลงเบื้องต้นก่อนการทดสอบ

-ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะถูกขอร้องให้งดกิจกรรมที่หนักก่อนมาทำการทดสอบ อย่างน้อย 48 ชั่วโมง และงดรับประทานอาหารก่อนมาเข้าร่วมงานวิจัย อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

-เวลารวมในการทดสอบทั้งสิ้นประมาณ 30 นาที

-แบบฝึกการยืดกล้ามเนื้อจะเริ่มภายหลังจากการทดสอบค่าความสามารถต่างๆ โดยกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการแนะนำการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ โปรแกรมการฝึกจะประกอบไปด้วย การอบอุ่นร่างกาย 5 นาที และตามด้วยการยืดกล้ามเนื้อแต่ละแบบ จำนวน 4 มัดกล้ามเนื้อ คือ กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (hamstring muscle), กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (quadriceps muscle), กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius muscle) และกล้ามเนื้อต้นขาด้านใน (adductor muscle) ท่าละ 30 วินาที พัก 10 วินาที ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

-ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องเข้ารับการตรวจประเมินความสามารถต่างๆ เพื่อวัดผลของแบบการฝึกอีกครั้งเมื่อสิ้นสุดการฝึก 4 สัปดาห์ จึงเป็นอันสิ้นสุดโครงการวิจัยนี้

ผลหรือประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นแก่ผู้เข้าร่วมโครงการ

1.นักกีฬานำเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อที่เหมาะสมที่สุดในการเพิ่มความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังและผลต่อความสามารถในการกระโดดไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมการฝึกได้

2. ผลที่ได้เป็นข้อมูลที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพพื้นฐานของการป้องกันและรักษาการหดรั้งของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังได้

3. ใช้เป็นแนวทาง หรือทางเลือกในการนำไปประยุกต์ใช้ในนักกีฬาเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและการฟื้นฟูต่อไป

4. เป็นข้อมูล และเอกสารอ้างอิง ในผู้ที่สนใจ สำหรับการพัฒนางานวิจัยในอนาคต

ค่าตอบแทนอาสาสมัครผู้เข้าร่วมงานวิจัย

ท่านจะได้รับค่าเงินชดเชยค่าเสียเวลา และความไม่สะดวก ไม่สบาย สำหรับการเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 1,000 บาท

ผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นแก่ผู้ร่วมโครงการ

ขณะยืดกล้ามเนื้อท่านอาจจะมีอาการตึงที่บริเวณกล้ามเนื้อที่ถูกยืดเล็กน้อย อาจทำให้ท่านเกิดความรู้สึกไม่สบายกาย ขณะทำการยืดกล้ามเนื้อจะมีนักกายภาพบำบัดคอยดูแล เมื่อมีอาการผิดปกติเกิดขึ้นผู้เข้าร่วมวิจัยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยทราบทันที หากท่านมีอาการผิดปกติใดๆ ขณะทำการทดสอบจะหยุดการทดสอบทันที พร้อมกับปฐมพยาบาลเบื้องต้น ถ้ามีอาการไม่ดีขึ้นจะนำส่งโรงพยาบาลใกล้เคียงทันที โดยผู้วิจัยจะรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาพยาบาลที่เกิดขึ้นจากอาการที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัย ที่ไม่สามารถเบิกเงินสวัสดิการได้ตามสิทธิรักษาพยาบาล

การเก็บข้อมูลเป็นความลับ

ผู้ทำการวิจัยขอยืนยันว่า ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะถูกเก็บไว้เป็นความลับ และจะใช้สำหรับงานวิจัยนี้เท่านั้น และชื่อของผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะไม่ปรากฏในแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลและในฐานข้อมูลทั่วไป โดยมีผู้ทำวิจัยเพียงคนเดียวเท่านั้นที่ทราบรายละเอียดของข้อมูลนี้ ผู้ทำวิจัยขอขอบพระคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยครั้งนี้

สิทธิ์ของผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย

ในฐานะที่ท่านเป็นผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัย ท่านจะมีสิทธิ์ดังต่อไปนี้

1. ท่านจะได้รับทราบถึงลักษณะและวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
2. ท่านจะได้รับการอธิบายเกี่ยวกับระเบียบวิธีการของการวิจัยทางการแพทย์ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
3. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงความเสี่ยงและความไม่สบายที่จะได้รับจากการวิจัย
4. ท่านจะได้รับการอธิบายถึงประโยชน์ที่ท่านอาจจะได้รับจากการวิจัย
5. ท่านจะมีโอกาสได้ซักถามเกี่ยวกับงานวิจัยหรือขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
6. ท่านจะได้รับทราบว่าการยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ท่านสามารถถอนตัวออกจากโครงการเมื่อไรก็ได้ โดยผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยสามารถถอนตัวจากโครงการโดยไม่ได้รับผลกระทบใดๆ ทั้งสิ้น
7. ท่านจะได้รับสำเนาเอกสารใบยินยอมที่มีทั้งลายเซ็นและวันที่
8. ท่านจะได้โอกาสในการตัดสินใจว่าจะเข้าร่วมในโครงการวิจัยหรือไม่ก็ได้ โดยปราศจากการใช้อิทธิพลบังคับข่มขู่ หรือการหลอกลวง

หากท่านมีข้อสงสัยใดๆ สามารถสอบถามได้ที่ น.ส. ศิริขวัญ เฮงธารากูล โทรศัพท์ 087-327-0050 ซึ่งยินดีตอบคำถามทุกเวลา ทั้งนี้ หากท่านมีปัญหาทางด้านจริยธรรมการวิจัย ท่านสามารถร้องเรียนได้ต่อคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยที่เบอร์ (02) 256-4455 ต่อ 14, 15

ทั้งนี้หากท่านมีข้อสงสัยต้องการสอบถามเกี่ยวกับสิทธิของท่าน หรือผู้วิจัยไม่ปฏิบัติตามที่เขียนไว้ในเอกสารข้อมูลคำอธิบายสำหรับผู้เข้าร่วมในการวิจัย ท่านสามารถติดต่อ หรือร้องเรียนได้ที่ ฝ่ายวิจัย คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตึกอานันทมหิดล ชั้น 3 หรือที่หมายเลขโทรศัพท์ (02) 256-4455 หรือ (02) 256-4493 ต่อ 13 หรือ 14 ในเวลาราชการ

ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านมา ณ ที่นี้

ภาคผนวก ฐ
ใบยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย (Consent form)

การวิจัยเรื่อง ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

วันให้คำยินยอม วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว.....ที่อยู่
.....
.....ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่..... และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนามและ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย 1 ชุด ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัย และแนวทางรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผลและการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลข้อมูลของผู้เข้าร่วมวิจัย ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของผู้เข้าร่วมวิจัยได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ ของผู้เข้าร่วมวิจัย เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านเภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม

(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการไม่พึงประสงค์หรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้ รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

.....ลงนามผู้ทำวิจัย

(.....) ชื่อผู้ทำวิจัย ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

.....ลงนามพยาน

(.....) ชื่อพยาน ตัวบรรจง

วันที่ .....เดือน.....พ.ศ.....

ภาคผนวก ฑ

แบบสอบถามข้อมูลเพื่อการคัดกรองเบื้องต้น

กรุณาเติมข้อความลงในช่องว่า หรือ ทำเครื่องหมาย ✓ ในวงเล็บหน้าคำตอบที่คุณเลือก

Date……..

Subject number……..

Inclusion Criteria	Yes	No
1. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักกีฬาอายุระหว่าง 18-30 ปี	☐	☐
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้ที่มีองศาในการเหยียดเข่า < 160 องศา	☐	☐
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยออกกำลังกายเป็นประจำหรือ ออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์	☐	☐
4.. ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี และไม่มีโรคประจำตัว หรือการบาดเจ็บใดๆ ขณะเริ่มเข้าร่วมการวิจัย	☐	☐
5. ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่มีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงในข้อเข่า	☐	☐
6. สมัครใจและลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมวิจัย	☐	☐

Exclusion Criteria	Yes	No
1. อยู่ในสภาวะเจ็บป่วย/บาดเจ็บในปัจจุบัน	☐	☐
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีประวัติการบาดเจ็บรุนแรงในข้อเข่า	☐	☐
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยมีอาการปวดเข่าหรือมีการบาดเจ็บที่ข้อเท้า	☐	☐
4. มีโรคประจำตัว ที่เป็นอันตรายต่อการออกกำลัง	☐	☐
5. กลุ่มตัวอย่างต้องไม่เป็นผู้ที่สูบบุหรี่ ดื่มสุรา ขณะเข้าร่วมการศึกษา	☐	☐
6. ไม่สมัครใจเข้าร่วมการฝึกหลังการทดสอบ	☐	☐

ภาคผนวก ฒ

แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคล

รหัส.....

การวิจัยเรื่อง ผลของการยืดเหยียดกล้ามเนื้อแบบกระตุกและแบบกระตุ้นระบบประสาทต่อความสามารถในการกระโดดและความอ่อนตัวของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังของนักกีฬาที่มีภาวะกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลังหดสั้น

☐ กลุ่มที่ 1 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท

☐ กลุ่มที่ 2 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ☐ กลุ่มที่ 3 ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง

วันที่ทำการเก็บข้อมูล...../...../.....

สถานที่ทำการเก็บข้อมูล

คำแนะนำในการตอบแบบสอบถาม

1. แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ตอน

ตอนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพและประวัติการออกกำลังกาย

ตอนที่ 3 ข้อมูลในการทดสอบอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัย

2. การตอบแบบสอบถามในแต่ละตอนให้ใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง และในส่วนที่เป็นช่องว่างให้เติมข้อความให้ครบถ้วน

3. ให้ทำการตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อเพื่อให้แบบสอบถามสมบูรณ์ และสามารถนำผลมาวิเคราะห์ได้ แต่ท่านมีสิทธิ์ที่จะไม่ตอบคำถามข้อใดก็ได้

4. ผู้วิจัยรับรองว่าข้อมูลของท่านจะถูกเก็บเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะในรูปที่เป็นสรุปผลการวิจัย

หมายเหตุ

1.สำหรับผู้เข้าร่วมวิจัยที่เป็นอาสาสมัครกรุณาตอบแบบบันทึกข้อมูลเฉพาะตอนที่1 และ 2 เท่านั้น

2.ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับเงินชดเชย การเสียเวลา ความไม่สะดวกไม่สบาย จากการเข้าร่วมงานวิจัยครั้งนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ❒ หญิง ❒ ชาย
2. วัน/เดือน/ปีเกิด..... อายุ.....ปี.....เดือน น้ำหนัก..... กิโลกรัม ส่วนสูง.....เมตร BMI…… kg/m^2
3. เชื้อชาติ..... สัญชาติ.....
4. อาชีพ……..
5. ท่านถนัดขาข้าง ( ) ซ้าย ( ) ขวา
6. การศึกษา ❒ ปริญญาตรีหรือเทียบเท่า
   ❒ สูงกว่าระดับปริญญาตรี
   ❒ อื่นๆโปรดระบุ.....

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสุขภาพและประวัติการออกกำลังกาย

โปรดตอบคำถามต่อไปนี้ตามความเป็นจริง โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ❒ หรือเติมข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้

1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่

❑ ไม่มี

❑ มี โปรดระบุ.....

❑ ไม่ได้รับการรักษา ❑ ได้รับการรักษา.....

2. ท่านเคยมีอาการเจ็บหน้าอก (Chest Pain) หรือหายใจติดขัดหรือไม่

❑ ไม่ ❑ เคย เมื่อ.....

3. ท่านเคยมีประวัติการเจ็บป่วยที่สำคัญ หรือได้รับการผ่าตัดของข้อเข่าหรือไม่

❑ ไม่มี ❑ มี โปรดระบุตำแหน่ง.....

4. ท่านเคยมีปัญหาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ เช่น อาการปวดกล้ามเนื้อ หรือบาดเจ็บบริเวณข้อต่อหรือไม่

❑ ไม่มี ❑มี โปรดระบุตำแหน่ง.....

5. ปัจจุบันยังมีอาการบาดเจ็บของระบบกระดูกและกล้ามเนื้ออยู่หรือไม่

❑ไม่มี ❑มี โปรดระบุตำแหน่ง.....

6. การรักษาที่ท่านได้รับในปัจจุบัน (เช่น ยา/กายภาพบำบัด/อื่นๆ)

❑ไม่มี ❑มี โปรดระบุ.....

7. ท่านมีปัญหาดังต่อไปนี้หรือไม่

- ❑ มีบริเวณที่มีรอยโรคบนผิวหนังที่ยังไม่หายสนิทดี
- ❑ มีบริเวณที่มีการติดเชื้อ/ การอักเสบ
- ❑ กระดูกหักที่ยังติดไม่ดี
- ❑ บริเวณที่เป็นมะเร็ง
- ❑ บริเวณที่เปลี่ยนข้อต่อ
- ❑ มีไข้มากกว่าหรือเท่ากับ 38.5^{o}C

8. ขณะนี้ท่านมีปัญหาสุขภาพ และ/หรือมีภาวะเครียดหรือไม่

❑ไม่มี ❑มี

9. ท่านเคยสูบบุหรี่หรือไม่

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

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

10. ท่านดื่มเครื่องดื่มที่ผสมแอลกอฮอล์หรือไม่

❑ไม่เคยดื่ม ❑ นานๆครั้ง โปรดระบุ.....

❑ ดื่มเป็นประจำ

11. ท่านออกกำลังกายหรือไม่

❒ ไม่ ❒ ใช่

12. ท่านออกกำลังกายชนิดใด

❒ เดิน ❒ วิ่ง ❒ ว่ายน้ำ ❒ ปั่นจักรยาน

❒ อื่นๆ.....

วันที่ทำการเก็บข้อมูล……/……./……
ลำดับที่.....
ครั้งที่.....

แบบบันทึกข้อมูลการวิจัย

☐ กลุ่มที่ 1 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท
☐ กลุ่มที่ 2 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ☐ กลุ่มที่ 3 ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง

ตอนที่ 3 ข้อมูลในการทดสอบอาสาสมัครเข้าร่วมวิจัย

1. ROM of knee extension (popliteal angle)

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลา	Popliteal angle (degrees)			
		1	2	3	Ave
1	Baseline				
2	Week 4				

2. Peak muscle strength of the quadriceps

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลา	Knee extension isokinetic strength test			
		Peak torque (Nm)		Peak torque/%BW	
		ConPT120	EccPT120	ConPT120	EccPT120
1	Baseline				
2	Week 4				

Ecc,eccentric; Con,concentric; PT,peak torque

3. Peak muscle strength of the hamstrings

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลา	Knee flexion isokinetic strength test			
		Peak torque (Nm)		Peak torque/%BW	
		ConPT120	EccPT120	ConPT120	EccPT120
1	Baseline				
2	Week 4				

Ecc,eccentric; Con,concentric; PT,peak torque

4. Hamstrings : Quadriceps Ratio

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลา	H:Q ratio	
		ConPT120	EccPT120
1	Baseline		
2	Week 4		

Ecc,eccentric; Con,concentric; PT,peak torque

4. Acute effect on vertical jump performance

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลา	Height of vertical jumps (cm)							
		Vertec ™				Force plate			
		1	2	3	ave	1	2	3	ave
1	Baseline								
2	After stretching								

5. Chronic effect on vertical jump performance

ครั้งที่	ช่วงระยะเวลา	Height of vertical jumps (cm)							
		Vertec ™				Force plate			
		1	2	3	ave	1	2	3	ave
1	Baseline								
2	Week 4								

ลงชื่อ.....ผู้บันทึก

แบบบันทึกการฝึกโปรแกรมการยืดกล้ามเนื้อ

☐ กลุ่มที่ 1 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นระบบประสาท

☐ กลุ่มที่ 2 ยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุก ☐ กลุ่มที่ 3 ยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง

เริ่มการฝึกเมื่อวันที่_____ถึงวันที่_____

คำชี้แจง เขียนวันที่และครั้งที่เข้ารับการฝึกทุกวันและทุกครั้งที่ทำการยืดกล้ามเนื้อ เพื่อทราบความก้าวหน้าของการฝึก

สัปดาห์ที่ 1	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์
วัน/เดือน/ปี					
ครั้งที่					

สัปดาห์ที่ 2	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์
วัน/เดือน/ปี					
ครั้งที่					

สัปดาห์ที่ 3	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์
วัน/เดือน/ปี					
ครั้งที่					

สัปดาห์ที่ 4	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัส	ศุกร์
วัน/เดือน/ปี					
ครั้งที่					

ลงชื่อ_____

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวศิริขวัญ เฮงธารากูล เกิดวันที่ 26 มกราคม พ.ศ.2530 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนพนัสพิทยาคาร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (กายภาพบำบัด) จากคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2551 และเข้าศึกษาในระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต หลักสูตรเวชศาสตร์ศาสตร์การกีฬา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552