



ผลเฉียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อน่องที่แตกต่างกันต่อองศา
การกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะ
เคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง
The Immediate Effect of Different Calf Muscle Stretching
Techniques on Ankle Dorsiflexion Range of Motion and
Dynamic Balance in Women Worker Wearing
High Heeled Shoes

โดย

กฤตชยตม์

ปัญญาใจ

ณัฐฐา

พรหมประสิทธิ์

สุนิสา

สมบูรณ์

ภาคนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญากายภาพบำบัดบัณฑิต

คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

ปีการศึกษา 2558

ภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลเฉียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อน่องที่แตกต่างกันต่อองค์
การกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะ
เคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง
The Immediate Effect of Different Calf Muscle Stretching
Techniques on Ankle Dorsiflexion Range of Motion and
Dynamic Balance in Women Worker Wearing
High Heeled Shoes

นำเสนอต่อ คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา

เพื่อประกอบการศึกษา

ระดับปริญญาโท สาขาพยาบาลบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 6 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558

กตฤชชยตัญญ์ ปัญญาใจ

(นายกตฤชชยตัญญ์ ปัญญาใจ)

นิสิต

ณัฐรา พรหมประสิทธิ์

(นางสาวณัฐรา พรหมประสิทธิ์)

นิสิต

สุนิสา สมบูรณ์

(นางสาวสุนิสา สมบูรณ์)

นิสิต



(อาจารย์วีระศักดิ์ ตะปัญญา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

คณะกรรมการสอบภาคนิพนธ์ได้อนุมัติให้

กฤตชยตัญญ์ ปัญญาใจ

ณัฐธรา พรหมประสิทธิ์

สุนิสา สมบูรณ์

สอบผ่านในรายวิชาภาคนิพนธ์ เรื่อง

ผลเฉียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อเอ็นข้อเท้าที่แตกต่างกันต่อองค์

การกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะ

เคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง

The Immediate Effect of Different Calf Muscle Stretching

Techniques on Ankle Dorsiflexion Range of Motion and

Dynamic Balance in Women Worker Wearing

High Heeled Shoes

เมื่อ วันที่ 6 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2558

(อาจารย์วิระศักดิ์ ต๊ะปัญญา)

ประธานกรรมการ

(อาจารย์อรุณีย์ พรหมศรี)

กรรมการ

(อาจารย์เกวลี สิทราช)

กรรมการ

(อาจารย์อรุณีย์ พรหมศรี)

หัวหน้าสาขาวิชากายภาพบำบัด

(รองศาสตราจารย์มาลินี ธนารุณ)

คณบดีคณะสหเวชศาสตร์

ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นายกฤตชยตัญญ์ ปัญญาใจ
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Mr.Krityayot Panyajai
วัน เดือน ปี เกิด	4 กันยายน 2536
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	19/7 ม.16 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000 E-mail: krit.kritcha04@gmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนพิริยาลัยจังหวัดแพร่ ปัจจุบันเป็นนิสิตกายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย นางสาวณัฐชา พรหมประสิทธิ์
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ Miss Nattha Phromprasith
วัน เดือน ปี เกิด 11 เมษายน 2536
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ 56/226 ซอยนิมิตใหม่ 7 ถนนนิมิตใหม่ แขวงทรายกองดิน
เขตคลองสามวา กรุงเทพฯ 10510
E-mail: cherry.juice.05@gmail.com
ประวัติการศึกษา ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2551
โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา 2
ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2554
โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ สตรีวิทยา 2
ปัจจุบันเป็นนิสิตกายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์
มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



ชีวประวัติ

ชื่อ - สกุล ภาษาไทย	นางสาวสุนิสา สมบูรณ์
ชื่อ - สกุล ภาษาอังกฤษ	Miss Sunisa Somboon
วัน เดือน ปี เกิด	18 มิถุนายน 2536
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	12 ม.11 ต.แม่नावาง อ.แม่อาว จ.เชียงใหม่ 50280 E-mail: nootoey_sunisa@hotmail.com
ประวัติการศึกษา	ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนสายอักษร จังหวัดเชียงใหม่ ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนรังษีวิทยา จังหวัดเชียงใหม่ ปัจจุบันเป็นนิสิตกายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา



กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเรื่อง ผลเนียบพลันของรูปแบบการยึดกล้ามเนื้อของที่แตกต่างกันต่อองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูงสำเร็จลุล่วงตามจุดประสงค์ได้ในครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนและความอนุเคราะห์จากหลายบุคคล ซึ่งท่านได้แก่ อาจารย์วีระศักดิ์ ติยะปัญญา อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและช่วยแก้ไขปัญหาต่างๆ ระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบภาคินิพนธ์ให้สมบูรณ์ตั้งแต่เริ่มต้น จนกระทั่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คำแนะนำ ข้อเสนอต่างๆ ให้สำเร็จเป็นภาคินิพนธ์เรื่องนี้

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในเรื่องการจัดเตรียมอุปกรณ์ และขอขอบคุณอาสาสมัครทุกท่านที่สละเวลาอันมีค่าในการเข้าร่วมการศึกษาครั้งนี้ และให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี จนทำให้การศึกษาครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณคณะกรรมการคือ อาจารย์อรุณีย์ พรหมศรี และอาจารย์เกวลี สิริราช ที่ได้ให้คำแนะนำในการทำวิจัยครั้งนี้ ทางคณะผู้วิจัย จึงใคร่ขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

กฤตชยตัญญ์

ณัฐรา

สุนิสา

6 พฤษภาคม 2558

ปัญญาใจ

พรหมประสิทธิ์

สมบูรณ์

คำรับรอง

ข้าพเจ้า นายกฤตชยตัญญ์ ปัญญาใจ นางสาวณัฏฐา พรหมประสิทธิ์ และนางสาวสุนิสา สมบูรณ์ นิสิตสาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา ขอรับรองว่าภาคนิพนธ์ เรื่อง ผลเทียบพลาญของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อน่องที่แตกต่างกันต่อองศาการกระดูกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง (The Immediate Effect of Different Calf Muscle Stretching Techniques on Ankle Dorsiflexion Range of Motion and Dynamic Balance in Women Worker Wearing High Heeled Shoes) เป็นการศึกษานึ่งเกิดจากการศึกษาจริงโดยมิได้คัดลอกหรือดัดแปลงมาจากผลการศึกษาของผู้อื่นที่เคยศึกษาก่อนหน้านี้แต่อย่างใด

กฤตชยตัญญ์ ปัญญาใจ
ณัฏฐา พรหมประสิทธิ์
สุนิสา สมบูรณ์
6 พฤษภาคม 2556



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
คำรับรอง	ii
สารบัญ	iii
สารบัญรูป	v
สารบัญตาราง	vi
สารบัญคำย่อ	vii
บทคัดย่อภาษาไทย	viii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
สมมติฐาน	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	4
1. รองเท้าส้นสูง	4
2. การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อ	6
3. การทรงตัว	11
4. Star Excursion Balance Test	13
5. การยืดกล้ามเนื้อ	14
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา	23
1. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญ	23
2. อาสาสมัคร	23
3. เกณฑ์การคัดเข้า	24
4. เกณฑ์การคัดออก	24
5. ขั้นตอนการทดสอบ	24
6. การวิเคราะห์ข้อมูล	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษา	32
1. การศึกษาความน่าเชื่อถือของผู้ทดสอบ	32
2. ลักษณะทั่วไปของประชากร	32
3. การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching)	33
4. การยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching)	34
5. การเปรียบเทียบรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะที่มีการเคลื่อนไหว	35
บทที่ 5 วิจัยผลการศึกษา	38
1. การวิจัยผลการศึกษา	38
2. ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ	40
3. สรุปผลการศึกษา	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบคัดกรองอาสาสมัคร	48
ภาคผนวก ข แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร	50
ภาคผนวก ค หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย	53

สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 1	ภาพแสดงส่วนประกอบของเครื่องวัดมุมแบบสากล	6
รูปที่ 2	ภาพแสดง Fluid Inclinator	7
รูปที่ 3	ภาพแสดง Weight bearing lunge Position	11
รูปที่ 4	ภาพแสดงกลไกการทำงานของ Stretch reflex	15
รูปที่ 5	ภาพแสดงกลไกการทำงานของ Reciprocal inhibition	15
รูปที่ 6	ภาพแสดงกลไกการทำงานของ Autogenic inhibition	16
รูปที่ 7	ภาพแสดงการยืดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic stretching	25
รูปที่ 8	ภาพแสดงการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF stretching	20
รูปที่ 9	ภาพแสดงการวัดและท่าทางการทดสอบการกระดกขึ้นของข้อเท้า	26
รูปที่ 10	ภาพแสดงลักษณะเส้นที่ใช้ในการทดสอบ Star Excursion Balance Test	28
รูปที่ 11	ภาพแสดงท่าเริ่มต้นการทดสอบ Star Excursion Balance Test	28
รูปที่ 12	ภาพแสดงการทดสอบ Star Excursion Balance Test	29
รูปที่ 13	ภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทดสอบ	30
รูปที่ 14	กราฟแสดงองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นก่อนและ หลังการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ	36
รูปที่ 15	แสดงความสามารถในการทรงตัว (SEBT Score) ก่อนและหลังการ ยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ	37

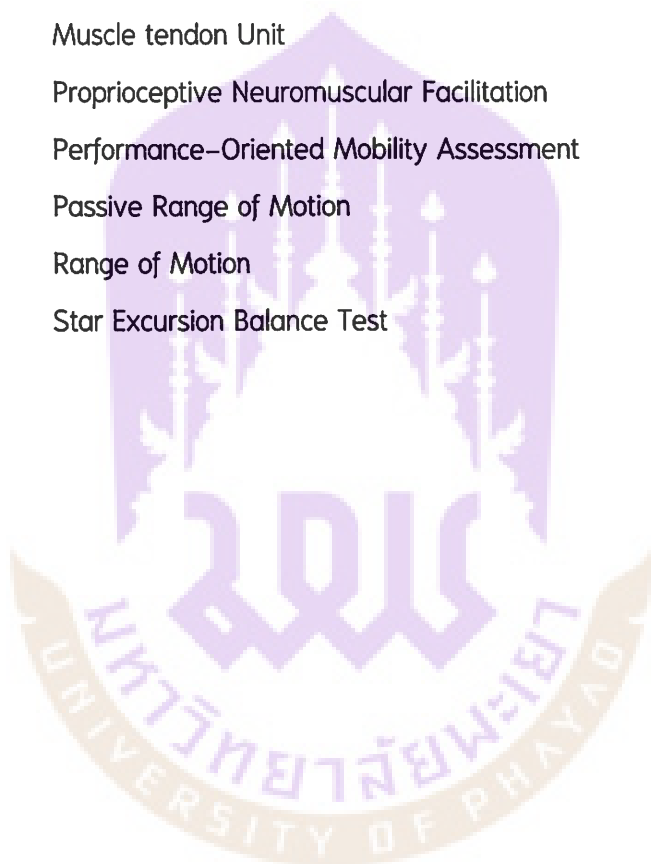
สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงค่าการศึกษาความน่าเชื่อถือของผู้ทดสอบ	32
ตารางที่ 2	ลักษณะทั่วไปของประชากร	33
ตารางที่ 3	แสดงผลก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching)	34
ตารางที่ 4	แสดงผลก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching)	35
ตารางที่ 5	แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching)	36



สารบัญคำย่อ

AROM	=	Active Range of Motion
ASIS	=	Anterior Superior Iliac Spine
CRAC	=	Contract-relax with Antagonist Contraction
EMG	=	Electromyography
GTO	=	Golgi tendon organ
MTU	=	Muscle tendon Unit
PNF	=	Proprioceptive Neuromuscular Facilitation
POMA	=	Performance-Oriented Mobility Assessment
PROM	=	Passive Range of Motion
ROM	=	Range of Motion
SEBT	=	Star Excursion Balance Test



บทคัดย่อ

การสวมใส่รองเท้าส้นสูงเป็นประจำเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กล้ามเนื้อน่องมีความตึงตัวเพิ่มขึ้นหรือหดสั้น ซึ่งจะนำไปสู่การลดลงขององศาการเคลื่อนไหวของการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ซึ่งวิธีการที่จะสามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหว การกระดกขึ้นของข้อเท้าและเพิ่มความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ การยืดกล้ามเนื้อ อย่างไรก็ตาม มีการศึกษาก่อนหน้านี้ได้ทำการศึกษาผลการยืดกล้ามเนื้อต่อความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ ศึกษาผลเฉียบพลันของการยืดกล้ามเนื้อน่องที่แตกต่างกัน ระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching ; PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ต่อองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) และความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic balance) โดยใช้การทดสอบ Star Excursion Balance Test (SEBT) ใน การศึกษานี้ใช้อาสาสมัครอายุ 21-45 ปี จำนวน 28 คน ที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงตั้งแต่ 5 เซนติเมตร เป็นเวลาอย่างน้อย 20 ชั่วโมง/สัปดาห์ ติดต่อกันอย่างน้อย 1 ปี ซึ่งจะทำให้การวัดองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกขึ้นของข้อเท้าในท่า Weight bearing lunge position และทดสอบ Star Excursion Balance Test ก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อในแต่ละเทคนิค ใช้สถิติ Pair Sample T-Test ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลก่อนและหลังของการยืดกล้ามเนื้อ และเปรียบเทียบผลระหว่างการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ ที่ระดับความเชื่อมั่น $p < 0.05$ ผลการศึกษานี้พบว่าองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นและคะแนนการทดสอบ SEBT เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหลังการยืดกล้ามเนื้อ ($p < 0.001$) แต่เมื่อนำผลการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบกัน พบว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาสรุปได้ว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว สามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ดังนั้น การออกแบบการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ สามารถนำไปแนะนำแพทย์หญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง เพื่อเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว

คำสำคัญ: การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ การยืดกล้ามเนื้อขณะที่มีการเคลื่อนไหว การทรงตัว รองเท้าส้นสูง

Abstract

High-heeled wearing is cause of the increasing of calf muscle tightness or shortening that lead to decrease of range of motion (ROM) ankle dorsiflexion and dynamic balance. The stretching exercise is an efficient way to increase ROM and improve dynamic balance. However, there are a few studies that examined the effect of stretching on dynamic balance. Therefore, the propose of this study was to examine the immediate effect of different calf muscle stretching, Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNF stretching and Dynamic stretching on ankle dorsiflexion ROM and dynamic balance measuring by star excursion balance test (SEBT). 28 volunteers, age between 21 to 45 years old who have worn high heeled shoes minimally 5 centimeters, 20 hours per week for at least 1 year were included. They performed ankle dorsiflexion in weight bearing lunge position and star excursion balance test before and after each technique of stretching. The results were analyzed by Pair sample t-test statistics to compare between before and after stretching and compare different of mean changes between both of stretching techniques. Significant levels were set at $p < 0.05$. The results showed that ankle dorsiflexion range of motion and star excursion balance test score (SEBT score) significantly increase after both of stretching techniques ($p < 0.01$) but no significantly difference of mean change between both of stretching techniques. The results of this study concluded that PNF stretching and dynamic stretching are able to increase ankle dorsiflexion range of motion and dynamic balance. Therefore, both techniques of stretching exercise program should be recommended to female who high-heeled wearing to increase ankle dorsiflexion range of motion and dynamic balance.

Keywords: PNF stretching, Dynamic stretching, SEBT, High heeled shoes

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันค่านิยมของแฟชั่นการแต่งกายได้พัฒนาจากอดีต โดยจะเห็นได้ว่า ค่านิยมของทางตะวันตกได้เข้ามามีอิทธิพลอย่างยิ่งในเรื่องของเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกาย โดยเฉพาะเพศหญิงที่นิยมสวมใส่รองเท้าส้นสูง จากสถิติ Edge Research ปี 2010 พบว่า ผู้หญิงที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไปเกือบครึ่ง (ร้อยละ 49) จะมีการสวมใส่รองเท้าส้นสูงเป็นของตัวเอง โดยแต่ละคนจะมีการสวมใส่รองเท้าส้นสูงจำนวนคนละ 9 คู่โดยเฉลี่ย ซึ่งผู้หญิงที่มีการสวมใส่รองเท้าส้นสูง ร้อยละ 39 จะสวมใส่ทุกสัปดาห์ และที่สำคัญประมาณร้อยละ 71 ของคนที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงบ่นว่ามีอาการปวดบริเวณเท้าและขาส่วนล่าง ซึ่งมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคนที่สวมใส่รองเท้าชนิดอื่นๆ อย่างไรก็ตาม พวกเขาได้ให้ความเห็นว่ายังคงไม่หยุดซื้อและจะใส่รองเท้าส้นสูงต่อไป [1]

การใส่รองเท้าส้นสูงส่งผลกระทบต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของร่างกาย [2] โดยเฉพาะร่างกายส่วนล่างและหลังส่วนล่างเนื่องจากส่วนต่างๆ ของร่างกายมีการทำงานเชื่อมโยงกันแบบปลายปิด (Closed kinematic chain) โดย Barton และคณะ [3] พบว่าการสวมใส่รองเท้าส้นสูงที่มีความสูงตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป จะทำให้มีการเคลื่อนไหวชดเชย (Compensate) โดยการเอียงตัวไปทางด้านหลัง (Sway back posture) มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหลังโดยเฉพาะกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เหยียดลำตัว (Erector Spinae) ซึ่งจะส่งผลให้ผู้สวมใส่เกิดอาการปวดหลังส่วนล่าง (Low back pain) ได้ [4] นอกจากนี้การสวมรองเท้าส้นสูงยังส่งผลกระทบต่อการทำงานของข้อต่อของขา (Lower extremities joint kinetic) [5] โดยพบว่า การสวมรองเท้าส้นสูงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางกลศาสตร์ของข้อเข่า ซึ่งเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะข้อเข่าเสื่อม [6] อีกทั้งการใช้รองเท้าส้นสูงเป็นเวลานานหลายปียังทำให้เกิดปัญหาปวดเท้า (Foot pain) และทำให้เกิดเท้าผิดรูป (Foot deformity) ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้มากในปัจจุบัน [7] โดย Hyun และ Kim [8] พบว่าการใส่รองเท้าส้นสูงเป็นเวลา 5-6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จะมีการเพิ่มขึ้นของเท้าผิดรูป (Foot deformity) ในท่าเหยียดฝ่าเท้าลง (Plantar flexion) 25 องศา และท่าหมุนฝ่าเท้าเข้าด้านใน (Inversion) 10 องศา ทำให้เกิดการจำกัดองศาการเคลื่อนไหวในท่ากระดกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) อันเป็นผลมาจากการถูกจำกัดของการทำงานของกล้ามเนื้อน่องทั้งกล้ามเนื้อแกสตรอกนีเมียส (Gastrocnemius) และกล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) ซึ่งนำไปสู่การทำให้เกิดการหดสั้นของกล้ามเนื้อน่องอีกด้วย [5]

การลดลงของมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าถือว่าเป็นปัญหาหลัก จากการสวมใส่รองเท้า ส้นสูงเนื่องมาจากเมื่อพิจารณาท่าทางที่เปลี่ยนไปจากปกติของการยืนบนรองเท้าส้นสูงพบว่า มีหลัง แอ่นเพิ่มมากขึ้น หน้าอกและเชิงกรานยื่นออกไปทางด้านหน้ามากขึ้น มีการยื่นของสะโพกมากขึ้น ในขณะที่กล้ามเนื้อหดสั้นลงเนื่องจากเกิดการหดตัวตลอดเวลา [9] จากการศึกษาของ Csopo และคณะ [10] พบว่าคนที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงเป็นเวลานานจะทำให้มีการหดสั้นของเส้นใย กล้ามเนื้อน่อง เพิ่มการยึดติดของเอ็นกล้ามเนื้อน่อง และมีการลดลงขององศาการเคลื่อนไหวของ ข้อเท้าเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่สวมใส่รองเท้าส้นสูง และจากการศึกษาของ Genfen และ คณะ [11] ซึ่งทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography ; EMG) ในบุคคลสวมรองเท้า ส้นสูง พบว่า มีการทำงานของกล้ามเนื้อแกสโตรครนีเมียส (Gastrocnemius) เพิ่มขึ้น และยังพบว่ามี การทำงานที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) [12] ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการหดสั้นของกล้ามเนื้อ แกสโตรครนีเมียส (Gastrocnemius) และ กล้ามเนื้อโซเลียส (Soleus) [5] เกิด Achilles tendon stiffness [13] เกิดอาการล้าของกล้ามเนื้ออย่างค้ำส่วนล่าง รวมถึงมีการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้ออย่างค้ำ ส่วนล่าง คือ การเกิดกล้ามเนื้อเคล็ด (Muscle strain) จากการใช้งานของกล้ามเนื้อที่มากเกินไป [14]

การออกกำลังกายแบบยืดกล้ามเนื้อ (Passive stretching exercise) ถือว่าเป็นวิธีการรักษา หนึ่งในที่นิยมนำมาใช้เพื่อเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อ ซึ่งลักษณะการยืดก็มีหลากหลายเทคนิค เช่น การยืดกล้ามเนื้อแบบค้างไว้ (Static stretching) การยืดกล้ามเนื้อขณะที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNF stretching) เป็นต้น ซึ่งการยืดกล้ามเนื้อ แต่ละแบบให้ผลของการยืดที่แตกต่างกันออกไป และผลการศึกษาที่ผ่านมาก็ยังคงมีการถกเถียง กันอยู่ในเรื่องของผลของการยืดกล้ามเนื้อในแต่ละรูปแบบ เช่น การศึกษาของ Rees และคณะ [15] ได้ทำการทดสอบผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF stretching ต่อการติดของข้อเท้าและแรงของ กล้ามเนื้อถีบปลายเท้าในผู้หญิงปกติพบว่าสามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าได้ร้อยละ 7.8 และเพิ่มแรงหดตัวสูงสุดของกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Maximal isometric strength) ได้ร้อยละ 26 และการศึกษาของ Wang และคณะ [16] ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลของ Static stretching และ Dynamic stretching พบว่าการยืดทั้งสองแบบทำให้องศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้น เพิ่มขึ้นภายหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างรูปแบบของ การยืด

นอกจากนี้ การที่องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าลดลงยังส่งผลต่อความสามารถในการ ทรงตัว โดยเฉพาะการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic balance) จากการศึกษาของ Basnett และ คณะ [17] ที่ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในทิศทางกระดกขึ้น

(Ankle dorsiflexion ROM) กับความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวโดยใช้การทดสอบ Star excursion balance test (SEBT) พบว่า Ankle dorsiflexion ROM มีความสัมพันธ์กับการทดสอบ SEBT โดยเฉพาะในทิศทางด้านหน้า จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมาพบว่า Ankle dorsiflexion ROM เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว และการยืดกล้ามเนื้อน่องเป็นวิธีที่สามารถช่วยเพิ่ม Ankle dorsiflexion ROM ได้ ดังนั้น การยืดกล้ามเนื้อน่องน่าจะส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวได้ด้วยเช่นกัน และจากการที่ผู้หญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงมักจะส่งผลทำให้เกิดการลดลงของ Ankle dorsiflexion ROM ด้วย ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจที่จะศึกษาถึงผลของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อน่องที่แตกต่างกันต่อองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในวัยทำงานเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงผลเปรียบเทียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อน่องที่แตกต่างกันต่อองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในวัยทำงานเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงระหว่างกายยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching)

สมมติฐาน

1. การยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบสามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวได้
2. การยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบส่งผลต่อองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวไม่แตกต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวและการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อต่อองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวในวัยทำงานเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง
2. ทราบถึงความแตกต่างระหว่างการยืดแบบเคลื่อนไหวกับการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ
3. ผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถเผยแพร่ประยุกต์ใช้ในทางคลินิก เช่น แนะนำการยืดกล้ามเนื้อน่องเพื่อเพิ่มความสามารถในการทรงตัวของผู้หญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

บทนี้จะกล่าวถึงผลกระทบของการสวมใส่รองเท้าส้นสูง การวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ การทดสอบการทรงตัว การทดสอบ Star excursion balance test การยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ การยืดเหยียดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รองเท้าส้นสูง

Urban Dictionary [18] ได้ให้ความหมายรองเท้าส้นสูงว่า เป็นรองเท้าที่ทำให้ส้นเท้าของผู้สวมใส่ยกขึ้นสูงกว่านิ้วหัวแม่เท้า ทำให้ดูเหมือนว่าชายาวและเรียวมากขึ้น

Anglo – Society [19] ได้แบ่งระดับความสูงของรองเท้าส้นสูงเป็น 3 ระดับ คือ

- Low heels คือ ความสูงของส้นรองเท้าน้อยกว่า 2.5 นิ้ว
- Mid heels คือ ความสูงของส้นรองเท้า 2.5 – 3 นิ้ว
- High heels คือ ความสูงของส้นรองเท้ามากกว่า 3 นิ้ว

จากการศึกษาของ Dawson และคณะ [7] ทำการศึกษาถึงสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นกับเท้าซึ่งได้แก่ ปัญหาปวดเท้า (Foot pain) และ ปัญหาเท้าผิดรูป (Foot deformity) ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในปัจจุบัน พบว่า สาเหตุของปัญหาดังกล่าว มาจากการสวมใส่รองเท้าส้นสูงที่มีความสูงของส้นรองเท้าตั้งแต่ 2 นิ้วขึ้นไป และจากการศึกษาของ Kim และคณะ [8] ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมของการสวมใส่รองเท้าส้นสูงที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ พบว่า การสวมใส่รองเท้าส้นสูง เป็นเวลา 5 – 6 ชั่วโมง/วัน จะส่งผลทำให้มีการเพิ่มขึ้นขององศาการเคลื่อนไหวอยู่ในท่าเหยียดฝ่าเท้าลง (Plantar flexion) 25 องศา และท่าหมุนฝ่าเท้าเข้าด้านใน (Inversion) 10 องศา เมื่อเปรียบเทียบกับ การสวมใส่รองเท้าพื้นราบ ทำให้องศาการเคลื่อนไหวในท่ากระดูกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) ลดลง 17 องศา

ผลกระทบของการใส่รองเท้าส้นสูง [20]

1. มีการเพิ่มขึ้นของการแอ่นหน้าอกไปทางด้านหน้า
2. ตำแหน่งของหลังส่วนล่างเคลื่อนมาทางด้านหน้ามากขึ้น จากตำแหน่งของแนวสะดวกและแนวกระดูกสันหลัง
3. เกิดกระดูกสันหลังเคลื่อนโดยเฉพาะ กระดูกสันหลังระดับเอว (Spondylolisthesis)

4. เกิดโรคโพรงกระดูกสันหลังตีบแคบ (Foraminal stenosis)
5. มีการเพิ่มขึ้นของมุมกระดูกสันหลังระดับเอว (Lumbar lordosis) [9]
6. มีการทรงท่าที่ไม่ดี อันนำไปสู่อาการปวดหลัง จากการทำงานของกล้ามเนื้อหลังที่มากเกินไป
7. มีแรงกระทำต่อข้อเข่ามากกว่าปกติ
8. มีการเปลี่ยนแปลงทางกลศาสตร์ของเข่า เข่า มุมของกระดูกหน้าแข้ง (Tibial ankle) และเข่าโก่ง (Genu valgum) ในระนาบหน้า-หลัง (Frontal plan) อีกทั้งยังสามารถเสี่ยงต่อการเป็นโรคข้อเข่าเสื่อม (Osteo arthritis of knee) [6]
9. มีการโป่งออกของกล้ามเนื้อน่อง และอาจเกิดตะคริวของกล้ามเนื้อน่องได้
10. กล้ามเนื้อน่อง (Gastro-Soleus muscle) มีการทำงานที่มากกว่าปกติ [11, 12]
11. กล้ามเนื้อน่อง (Gastro-Soleus muscle) ถูกจำกัดการทำงาน [5]
12. เกิดการหดสั้น (shortening) ของกล้ามเนื้อน่องและเอ็นกล้ามเนื้อ
13. เข่าจะถูกจำกัดการเคลื่อนไหวอยู่ในท่าเหยียดฝ่าเท้าลง (Plantar flexion) 25 องศา และท่าหมุนฝ่าเท้าเข้าด้านใน (Inversion) 10 องศา ทำให้เกิดการจำกัดองศาการเคลื่อนไหวในท่ากระดูกข้อเท้าขึ้น (Dorsiflexion) [8]
14. ทำให้เกิดปัญหาปวดเท้า (Foot pain) และทำให้เกิดเท้าผิดรูป (Foot deformity) [7]
15. มีการเพิ่มขึ้นของแรงกดต่อข้อมือเท้า
16. เกิดอาการล้าของกล้ามเนื้ออย่างครึ่งส่วนล่าง [14]
17. เกิดการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้ออย่างครึ่งส่วนล่าง คือ การเกิดกล้ามเนื้อเคล็ด (Muscle strain) จากการใช้งานของกล้ามเนื้อที่มากจนเกินไป [14]
18. ความสามารถในการทรงตัวลดลง เนื่องจาก มีการงอข้อสะโพกและกระดูกสันหลังไปทางด้านหน้า

ข้อแนะนำในการเลือกใส่รองเท้าส้นสูง [20]

1. หลีกเลี่ยงการสวมใส่รองเท้าส้นสูงเป็นเวลานานๆ
2. ควรทำการยืดกล้ามเนื้อขาทั้งก่อนและหลังการสวมใส่รองเท้าส้นสูง
3. หลีกเลี่ยงการสวมใส่รองเท้าส้นสูงที่มีความสูงของส้นรองเท้ามากกว่า 2 นิ้วขึ้นไป
4. ควรเลือกซื้อรองเท้าในเวลาบ่าย เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เท้ามีการขยายใหญ่สุด
5. หลีกเลี่ยงการสวมใส่รองเท้าที่มีส่วนหน้าของรองเท้าแคบ
6. หลีกเลี่ยงการสวมใส่รองเท้าที่มีพื้นด้านในของรองเท้าลื่น
7. เลือกขนาด และความกว้างของรองเท้าให้เหมาะสมกับเท้า

การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อ (Range of motion measurement)

การวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่อต่างๆ เป็นวิธีการพื้นฐานในการตรวจประเมินปัญหา ด้านการเคลื่อนไหวของผู้ป่วย มีประโยชน์ทั้งในแง่ของการวินิจฉัยและการกำหนดวัตถุประสงค์การรักษา (Treatment goal) ทั้งยังสามารถใช้ในการประเมินความก้าวหน้า (Progression) ของการรักษา อีกด้วย

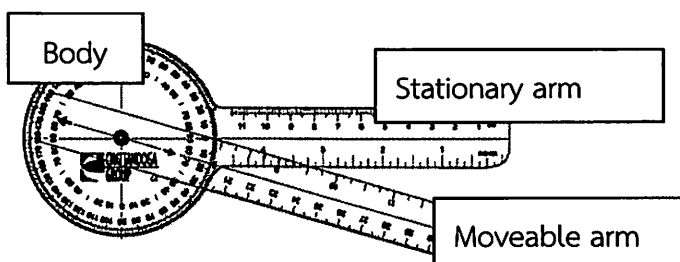
เครื่องมือที่ใช้ในการวัดมุมการเคลื่อนไหวของข้อมีหลายแบบ ตั้งแต่แบบสลักซับซ้อนมาก ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งต้องการความละเอียดอ่อนมาก ถึงแบบที่เรียบง่ายเพื่อใช้ในทางคลินิก เช่น เครื่องวัดมุมแบบสากล (Universal goniometer) เครื่องวัดมุมแบบไฟฟ้า (Electro goniometer) เครื่องวัดมุมแบบศูนย์ถ่วง (Gravitational goniometer) เครื่องวัดมุมแบบแรงดันของเหลว (Fluid Inclonometers) เป็นต้น

1. เครื่องวัดมุม

1.1 เครื่องมือวัดมุมแบบสากล (Universal goniometer)

เป็นเครื่องมือวัดมุมที่นิยมใช้มากในทางคลินิกเพราะเป็นเครื่องมือที่ใช้ ง่าย สะดวกและมีความน่าเชื่อถือสูง มีการผลิตออกมาหลากหลายและมากขนาด ซึ่งลักษณะของเครื่องมือ ประกอบด้วย แผ่นที่ใช้อ่านค่ามุมแกนอยู่กับที่และแกนหมุน ดังรูปที่ 1

- แผ่นที่ใช้อ่านค่ามุม (Body) มีสเกลแสดงค่ามุมตั้งแต่ 0 - 180 องศา ซึ่งจุดนี้เสมือนเป็นจุดหมุน (Axis) ของการเคลื่อนไหว
- แกนอยู่กับที่ (Stationary arm) เป็นแขนของ Goniometer ที่ติดกับส่วนที่ใช้อ่านค่ามุมไม่มีการเคลื่อนไหวขณะวัด
- แกนหมุน (Moveable arm) เป็นแขนของ Goniometer อีกข้างหนึ่งที่สามารถเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระไปตามแนวของส่วนร่างกายที่เราต้องการวัด วัสดุที่ใช้อาจเป็นโลหะหรือพลาสติกก็ได้

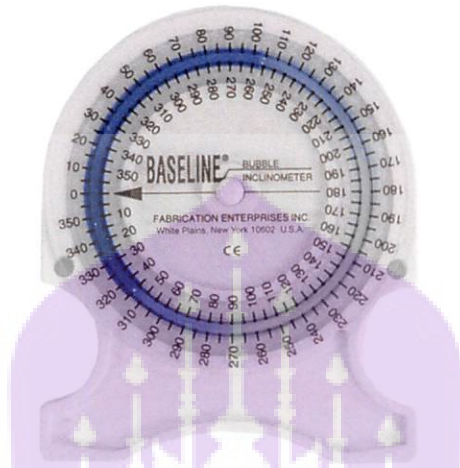


รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องวัดมุมแบบสากล

(อ้างอิงจาก <https://www.google.co.th/search?q=goniometer>)

1.2 Fluid Inclinometer

ภายใน Fluid Inclinometer จะบรรจุของเหลวไว้ภายใน เมื่อทำการเคลื่อนไหวของเหลวที่บรรจุอยู่ภายในจะมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งขึ้นอยู่กับแรงถ่วงของโลก [21]



รูปที่ 2 ภาพแสดง Fluid Inclinometer

(อ้างอิงจาก <http://www.amazon.com/Baseline-Bubble-Inclinometers/dp/B000B7P8VS>)

2. หลักการวัดช่วงการเคลื่อนไหวของเครื่องวัดมุมแบบสากล

2.1 การพิจารณาท่าเริ่มต้น (Starting position หรือ zero position)

หมายถึง ท่าทางของร่างกายที่ถือว่าข้อต่ออยู่ในลักษณะที่ไม่มีการเคลื่อนไหว หรือมีค่ามุม 0 องศา โดยจะถือท่าทางกายวิภาค (Anatomical position) เป็นท่าเริ่มต้น

2.2 การกำหนดจุดหมุนของข้อต่อ (Axis of joint หรือ axis of motion)

ตามปกติจุดหมุนของการเคลื่อนไหว (Axis of motion) ของข้อใดข้อหนึ่ง มักจะไม่อยู่นิ่งกับที่ แต่จะเคลื่อนไปในขณะที่เกิดการเคลื่อนไหว ดังนั้นการวางตำแหน่งของเครื่องวัดมุมให้ตรงจุดหมุนของข้อต่อ (Axis of joint) ตลอดช่วงการเคลื่อนไหวจึงทำได้ยาก นอกจากนี้การพยายามเคลื่อนจุดหมุนของเครื่องมือให้ตรงกับจุดหมุนของข้อต่อ มักทำให้เกิดความผิดพลาดได้มากขึ้น ดังนั้น ในการวัดจึงควรวางแกนให้อยู่กับที่และแกนที่หมุนเคลื่อนไปให้อยู่ใกล้ และขนานกับส่วนของร่างกายให้มากที่สุด

2.3 การพิจารณาท่าสิ้นสุด (Final position)

หมายถึง ท่าสุดท้ายของการเคลื่อนไหว ในภาวะปกติมักจะเคลื่อนไหวจนสุดช่วงการเคลื่อนไหว (Full range of motion) ในภาวะที่มีพยาธิสภาพ เช่น มีการยึดติดของข้อต่อ (Joint stiffness) อาการปวด (Pain) จะทำให้การเคลื่อนไหวถูกจำกัด (Limit range of motion) การวัด Stationary arm Moveable arm Body จะกระทำถึงจุดจำกัดของการเคลื่อนไหวนั้น พร้อมทั้งบันทึกสาเหตุที่ทำให้ไม่สามารถทำการเคลื่อนไหวได้ตามปกติ

3. ข้อควรปฏิบัติในการวัดช่วงการเคลื่อนไหว

1. จัดให้ผู้ถูกวัดอยู่ในท่าทางที่ดี (Good body alignment) ตลอดช่วงการเคลื่อนไหว
2. อธิบายให้ผู้ถูกวัดทราบถึงลักษณะการเคลื่อนไหวที่ผู้วัดต้องการ ได้แก่ ให้ผู้ถูกวัดเคลื่อนไหวเอง (Active range of motion: AROM) หรือผู้วัดจะเคลื่อนไหวให้ (Passive range of motion: PROM) โดยพยายามไม่ให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่ต้องการ (Compensatory movement) ซึ่งจะทำให้ค่าที่วัดได้ผิดพลาด
3. ในขณะที่ทำการวัด ไม่ควรให้ส่วนต่างๆ ของเครื่องวัดสัมผัสกับผิวผู้ป่วย เพราะอาจทำให้ไม่สามารถเคลื่อนไหวร่างกายได้ดีเท่าที่ควร
4. เริ่มวัดจากท่า 0 องศา หรือค่าที่ใกล้ 0 องศามากที่สุด จนถึงท่าที่ผู้ถูกวัดเคลื่อนไหวได้มากที่สุด
5. การเข้าวัดมุมควรวางเครื่องวัดมุมทางด้านข้าง (Lateral) หรือด้านหลังของผู้ถูกวัด ยกเว้นในบางข้อต่อที่จำเป็นต้องวางเครื่องวัดมุมทางด้านใน (Medial) ของร่างกาย
6. การอ่านค่ามุมควรให้เครื่องวัดมุมอยู่ในระดับสายตา
7. บันทึกผลที่ได้ว่าเป็นค่ามุมการวัดแบบใด เช่น Active range of motion (AROM) หรือ Passive range of motion (PROM)
8. ควรวัดในท่าที่เกิดความเจ็บปวดเป็นท่าสุดท้าย และสังเกตว่าเกิดขึ้นในช่วงใด

4. ปัจจัยที่อาจมีผลต่อช่วงการเคลื่อนไหว

1. เพศ เพศหญิงจะมีช่วงการเคลื่อนไหวมากกว่าเพศชาย
2. อายุที่มากขึ้นจะทำให้ช่วงการเคลื่อนไหวลดลง
3. ลักษณะของอาชีพหรือกิจกรรมที่กระทำเป็นประจำ

5. การจำกัดช่วงการเคลื่อนไหว

การที่ข้อต่อไม่สามารถเคลื่อนไหวได้เต็มช่วงการเคลื่อนไหว อาจเกิดจาก สาเหตุต่างๆ ดังนี้

1. กำลังของกล้ามเนื้อรอบข้อต่อ
2. การยึดติดภายในข้อต่อหรือเนื้อเยื่อที่อยู่รอบข้อ
3. ความเจ็บปวด (Pain)
4. อาการเกร็งของกล้ามเนื้อ (Spasm และ spasticity)

6. ลักษณะการวัดในทางคลินิก มี 2 แบบ

1. ผู้ถูกวัดเคลื่อนไหวเอง (Active range of motion : AROM)
2. ผู้วัดเคลื่อนไหวให้ (Passive range of motion : PROM) โดยการวัดแบบนี้ สิ่งสำคัญ คือ End feel ของผู้ทำการวัด End feel เป็นความรู้สึกของผู้วัด ขณะทำการเคลื่อนไหว ให้ผู้ถูกวัด (PROM) เคลื่อนไหวในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหว (End range of motion) โดยผู้วัดควรสังเกต ถึง End feel ของการเคลื่อนไหวในแต่ละท่า Normal end feel อาจแบ่งออกเป็นดังนี้

1. Bone to bone เป็น Hard end feel คือ ในช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหวจะรู้สึกว่าข้อต่อไม่สามารถเคลื่อนต่อไปได้ เนื่องจากส่วนกระดูกชนกับกระดูก เช่น End feel ของ Elbow extension
2. Soft tissue apposition เป็น Soft end feel ในช่วงสุดท้ายของ การเคลื่อนไหวจะรู้สึกว่าข้อต่อไม่สามารถเคลื่อนต่อไปได้ เนื่องจากส่วนของเนื้อเยื่อหรือกล้ามเนื้อชนกัน เช่น End feel ของ Elbow flexion และ Knee flexion แต่ในบางครั้งคนที่ผอมอาจให้ End feel เป็นแบบ Bone to bone ได้
3. Tissue stretch เป็น Firm end feel ส่วนใหญ่ของการ เคลื่อนไหวในท่าต่างๆ เช่น End feel ของ External rotation of shoulder, Extension of knee

7. Weight bearing lunge test [23]

เป็นการวัดองศาการเคลื่อนไหว ที่นิยมใช้ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้น โดยวิธีการทดสอบคือ ให้อาสาสมัครยืนหันหน้าเข้าหาผนัง เท้าวางขนานกับที่ติดบนพื้น นิ้วเท้านิ้วที่ 2 สันเท้า และเข่าตั้งฉากกับผนัง เท้ายืนแบบต่อสันกันโดยที่ขาข้างทดสอบอยู่ด้านหลัง ขาข้างที่ไม่ได้ทำการทดสอบอยู่ด้านหน้า มือสองข้างวางบนผนัง จากนั้น ให้อาสาสมัครย่อเข่าที่อยู่ด้านหน้าจนเข่าติดผนัง เข่าของขาที่อยู่ทางด้านหลังเหยียดตรง โดยที่สันเท้าไม่ยกออกจากพื้น และ

คงท่าไว้ จากนั้นวัดระยะทางที่มากที่สุดโดยคูมมาตรวัดจากเทปที่ติดบนพื้น หน่วยเป็นเซนติเมตร จากนั้นให้ถอยห่างออกมาครั้งละ 1 เซนติเมตร จนกระทั่งงอเข่าของขาที่อยู่ทางด้านหน้าไม่ติดกับผนังดังแสดงในรูปที่ 3

จากการศึกษาของ Bennell และคณะ [24] ได้ทำการศึกษาการวัดความน่าเชื่อถือในตัวผู้วัด และระหว่างผู้วัดของ Ankle Dorsiflexion ROM ในท่า Weight Bearing Lunge Position โดยทำการวัดทั้งระยะทางและมุมการเคลื่อนไหว พบว่าการวัดความน่าเชื่อถือในตัวผู้วัดและระหว่างผู้วัด การวัดระยะทางพบว่า ICC ระหว่างผู้วัดเท่ากับ 0.99, ผู้วัดกลุ่ม A มีค่า ICC เท่ากับ 0.98 และผู้วัดกลุ่ม B มีค่า ICC เท่ากับ 0.97 การวัดมุมการเคลื่อนไหวพบว่าค่า ICC ระหว่างผู้วัดเท่ากับ 0.97, ผู้วัดกลุ่ม A และ B มีค่า ICC เท่ากับ 0.98 ดังนั้นการวัด Ankle Dorsiflexion ROM ในท่า Weight Bearing Lunge Position ในตัวของผู้วัดคนเดียววันมีความน่าเชื่อถือดีเทียบเท่ากับผู้วัดผู้อื่น

และจากการศึกษาของ Megan และคณะ [22] ได้ทำการศึกษาการวัดความน่าเชื่อถือของ อุปกรณ์วัดมุมการเคลื่อนไหวแบบมาตรฐาน (Standard Goniometer) อุปกรณ์วัดมุมการเคลื่อนไหวแบบดิจิตอล (Digital Inclinometer) และสายวัด ในการวัดองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle Dorsiflexion ROM) ในท่า Weight Bearing Lunge Position พบว่าทั้งสามเทคนิคมีระดับความน่าเชื่อถือสูง ความคลาดเคลื่อนต่ำ โดย Digital Inclinometer มีค่าความน่าเชื่อถือ (Intraclass Correlation Coefficients; ICC_{2,3}) เท่ากับ 0.96–0.97, สายวัดมีค่า ICC_{2,3} เท่ากับ 0.98–0.99, Goniometer มีค่า ICC_{2,3} เท่ากับ 0.85–0.96 ดังนั้นการวัด Ankle Dorsiflexion ROM ในท่า Weight Bearing Lunge Position โดยใช้ Inclinometer มีความน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้สายวัดและ Goniometer



รูปที่ 3 ภาพแสดง Weight bearing lunge Position

(อ้างอิงจาก <http://www.somastruct.com/wp-content/uploads/2012/07/walltest.jpg>)

การทรงตัว (Balance)

การทดสอบการทรงตัว (Balance Test) มี 2 ประเภทได้แก่

1. การทดสอบการทรงตัวขณะอยู่นิ่ง (Static Balance Test) เช่น

- การทดสอบยืนขาเดียว (Time Single Leg Stance) [25]

เป็นการทดสอบที่ง่ายและประหยัดเวลา เหมาะสำหรับการตรวจเพื่อคัดกรองผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการล้ม

วิธีทดสอบ ถอดรองเท้า ยืนตรงบนพื้นเรียบ ตามองตรง มือทั้ง 2 ข้าง ไขว้และไหล่ด้านตรงข้าม สีมตา เริ่มจับเวลาเมื่อยกขาข้างหนึ่งขึ้น โดยข้อสะโพกเหยียดตรง ข้อเข่างอ 90 องศา หยุดการจับเวลาเมื่อยกขาข้างที่ยกแตะพื้นหรือแตะขาข้างตรงข้ามหรือมีการขยับเคลื่อนไหวของขาข้างที่ยืนอยู่หรือมือหลุดออกจากการแตะไหล่หรือแตะสิ่งแวดล้อมเพื่อพยุงตัว ทำการทดสอบ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย ทำการทดสอบเช่นเดิมกับขาอีกข้าง ถ้ายืนได้นานน้อยกว่า 30 วินาที ถือว่ามีความเสี่ยงในการล้ม

- การทดสอบการเอื้อม (Functional reach test) [25, 26]

ระยะทางที่สามารถเอื้อมไปได้บ่งบอกถึงขอบเขตความมั่นคงของร่างกาย (stability limit) หากเอื้อมได้ไกลแสดงถึง การทรงท่าดี

วิธีทดสอบ ยืนชิดกำแพง เอื้อมมือไปด้านหน้าให้ไกลที่สุด วัดระยะทางที่สามารถเอื้อมได้ หากเอื้อมได้มากกว่า 25 เซนติเมตร แสดงว่าเสี่ยงต่อการล้มน้อย หากเอื้อมได้ 15-25 เซนติเมตร แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการล้มมากกว่าปกติ 2 เท่า หากเอื้อมได้น้อยกว่า 15 เซนติเมตร แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการล้มมากกว่าปกติ 4 เท่า

2. การทดสอบการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic Balance Test) เช่น

- Berg balance scale [25, 27]

เป็นการทดสอบความสามารถในการทรงตัวในกิจกรรมที่มีระดับความยากแตกต่างกันออกไปโดยที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดของฐานรองรับ การลดจำนวนของการรับรู้ความรู้สึก ซึ่ง Berg balance scale ประกอบด้วย 14 หัวข้อย่อย หากคะแนนรวมจะมากกว่า 45 คะแนน แสดงว่ามีความเสี่ยงในการล้มต่ำ

- Tinetti's Performance-Oriented Mobility Assessment (POMA) [25, 28]

เป็นการทดสอบที่ประกอบด้วยกิจกรรมการทรงตัว 9 กิจกรรมและการเดิน 7 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมมีคะแนน ตั้งแต่ 0-2 คะแนน หากคะแนนน้อยกว่า 19 คะแนน แสดงว่ามีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดการล้ม

- Time Up and Go Test [25, 27]

เป็นแบบทดสอบการทรงตัวในเชิงปริมาณการเคลื่อนไหว โดยใช้การบันทึกเวลา ซึ่งแบบประเมิน Time Up and Go Test มีความเชื่อมั่นสูงและใช้ได้สะดวก ทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้งและบันทึกเวลาของผู้ทดสอบที่สามารถทำได้เร็วที่สุด ผู้ที่ทำเวลา 30 วินาทีขึ้นไป แสดงว่ามีความสามารถในการทรงตัวที่ไม่ดี มีภาวะเสี่ยงต่อการล้มสูง

- Star Excursion Balance Test [29]

เป็นการทดสอบความสามารถของการทรงตัวระหว่างที่มีการเคลื่อนไหวหรือมีการทำกิจกรรมทางกาย และประเมินสมรรถภาพทางกาย

อุปกรณ์ คือเทปกาวยาวประมาณ 6 – 8 ฟุต จากนั้นทำเป็นรูป “+” แล้วใช้เทปกาวยาวที่มีความยาวเดียวกันทำเป็นรูป “X” ซึ่งจะได้เทปกาวยี่มีรูปร่าง “*” โดยแต่ละเส้นต้องทำมุมกันได้ 45 องศา

วิธีทดสอบ ขาข้างที่ใช้ยืนข้างเดียว มือเท้าวสะเอว ในขณะที่ยื่นขาอีกข้างหนึ่งออกไปใน 8 ทิศทาง โดยที่ไม่ลงน้ำหนักและสามารถกลับมายังท่าเริ่มต้นได้โดยไม่สูญเสียการทรงตัว

ปัจจัยที่มีผลต่อการทรงตัว [30]

1. ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength)
2. การมองเห็น (vision)
3. การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (proprioception)
4. ความไวในการตอบสนองของระบบเวสติบูลาร์ (vestibular response)
5. เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (reaction time)

Star Excursion Balance Test (SEBT)

เป็นการทดสอบที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic test) ที่ต้องอาศัยความแข็งแรง (Strength) ความยืดหยุ่น (Flexibility) และการรับรู้ของข้อต่อ (Proprioception) ซึ่งจะวัดการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อนักกีฬา และผู้ที่มีกิจกรรมทางกาย

การทดสอบนี้ สามารถนำมาใช้ในการประเมินสมรรถภาพทางกายได้ แต่สามารถนำมาใช้ในการคัดกรองการขาดดุลในการควบคุมการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหว (Dynamic balance control) เนื่องจาก การได้รับบาดเจ็บทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ เช่น ภาวะมั่นคงของข้อเท้าเรื้อรัง (Chronic ankle instability) ที่สามารถบ่งบอกได้ถึงความเสี่ยงที่เพิ่มมากขึ้นต่อการบาดเจ็บ

ของรยางค์ส่วนล่าง (Lower extremities injury) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการทดสอบในช่วงของการฟื้นฟูสมรรถภาพของการบาดเจ็บทางระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อได้

การทดสอบ SEBT จะเป็นการเปรียบเทียบความสามารถของการทรงตัว (Balance) ระหว่างที่มีการเคลื่อนไหว หรือมีการทำกิจกรรมทางกาย และประเมินสมรรถภาพทางกาย งานวิจัยได้แนะนำว่า ควรใช้ SEBT เป็นเครื่องมือในการคัดกรอง เพื่อเป็นการทดสอบที่แสดงถึงความสามารถในการควบคุมการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งมันจะแสดงให้เห็นถึงการพัฒนาของสมรรถภาพหลังการได้รับการฝึก

ก่อนจะมีการดำเนินการทดสอบ ต้องมีการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น คือ จะต้องใช้เทป กาวที่ทนทานและแข็งแรงพอสมควร ยาวประมาณ 6 – 8 ฟุต จากนั้นทำเป็นรูป “+” แล้วใช้เทป กาวที่มีความยาวเดียวกันทำเป็นรูป “X” ซึ่งจะได้เทป กาวที่มีรูปร่าง “*” โดยแต่ละเส้นต้องทำ มุมกันได้ 45 องศา

เป้าหมายของการทดสอบ SEBT คือ การรักษาท่าทาง การทรงตัวของขาข้างที่ใช้ยืนข้างเดียว ในขณะที่ยืนขาอีกข้างหนึ่งออกไป ผู้ที่ถูกทำการทดสอบนี้จะต้องรักษาพื้นที่ฐานรองรับ (Base of support) ของขาข้างที่ยืนได้ ผู้ที่ถูกทำการทดสอบ จะต้องยืนขาอีกข้างหนึ่งออกไปใน 8 ทิศทาง คือ ทิศทางด้านหน้า (Anterior direction) ทิศด้านหน้าและด้านใน (Anteromedial direction) ทิศด้านใน (Medial direction) ทิศด้านหลังและด้านใน (Posteromedial direction) ทิศด้านหลัง (Posterior direction) ทิศด้านหลังและด้านข้าง (Posterolateral direction) ทิศด้านข้าง (Lateral direction) และ ทิศด้านหน้าและด้านข้าง (Anterolateral direction) ซึ่งทิศทาง Anterior direction, Posteromedial direction และ Posterolateral direction นี้จะเป็นทิศทางที่สำคัญที่สามารถบ่งชี้ถึงภาวะ Chronic ankle instability และความเสี่ยงต่อภาวะการบาดเจ็บของรยางค์ส่วนล่าง

เมื่อผู้ที่ถูกทำการทดสอบ แสดงให้เห็นถึงการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ยืน ควบคุมการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหวบนขาข้างที่มีการบาดเจ็บ เมื่อเทียบกับขาอีกข้างหนึ่งที่ไม่มีการบาดเจ็บ การทดสอบ SEBT จะชี้ให้เห็นถึงจุดที่เสียการควบคุมของการควบคุมการทรงตัว ขณะเคลื่อนไหว (Dynamic postural control) ใน 3 ทิศทางดังกล่าว ดังนั้นจึงมีการทดสอบที่คล้าย SEBT แต่ไม่ใช้การทดสอบที่มีรูป “*” แต่เป็นการทดสอบรูป “Y” จึงเรียกว่า Y-test ซึ่งการวิเคราะห์ถึงปัจจัยต่างๆแล้ว Y-test สามารถบ่งบอกถึงภาวะ Chronic ankle instability ได้ดีพอกับการทดสอบทั้ง 8 ทิศทาง

การยืดกล้ามเนื้อ (Stretching) [31]

การยืดกล้ามเนื้อ (Stretching) เป็นวิธีการทำให้เนื้อเยื่ออ่อน (Soft tissue) ที่มีพยาธิสภาพ อันทำให้หดสั้น (Pathological shortened) ยืดยาวออกและเป็นผลให้เพิ่มช่วงการเคลื่อนไหว

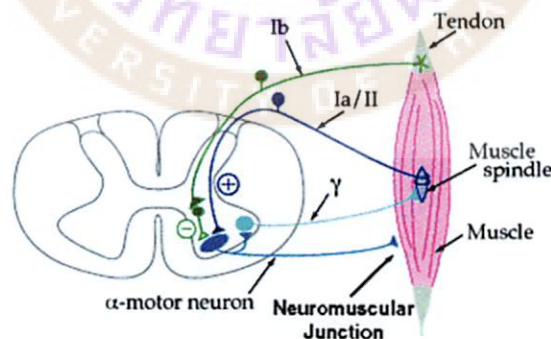
จุดมุ่งหมายในการยืดกล้ามเนื้อ

1. จุดมุ่งหมายทั่วไป เพื่อคงไว้ซึ่งช่วงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ และการเคลื่อนไหวของเนื้อเยื่ออ่อนรอบๆ ข้อต่อ
2. จุดมุ่งหมายเฉพาะ
 - 1) ป้องกันการหดสั้นของกล้ามเนื้อ
 - 2) เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกายก่อนจะออกกำลังกาย และเพื่อป้องกันการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อจากการทำกิจกรรมหรือเล่นกีฬา

ประสาทรีริวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการยืดกล้ามเนื้อ

ขณะยืดกล้ามเนื้อจะเกิดการกระตุ้นที่ 2 บริเวณ คือ Muscle spindles และ Golgi tendon organs (GTO) ซึ่ง Muscle spindles จะอยู่ภายใน Intrafusal muscle fibers ซึ่งจะเรียงตัวขนานกับ Extrafusal muscle fiber ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความยาวของกล้ามเนื้อ ส่วน GTO จะอยู่บริเวณรอยต่อของกล้ามเนื้อและเอ็นตอบสนองต่อความตึงตัวของกล้ามเนื้อที่เพิ่มขึ้นซึ่งการยืดกล้ามเนื้อจะไปกระตุ้นอวัยวะทั้งสองทำให้เกิดกลไกขึ้น 3 แบบ

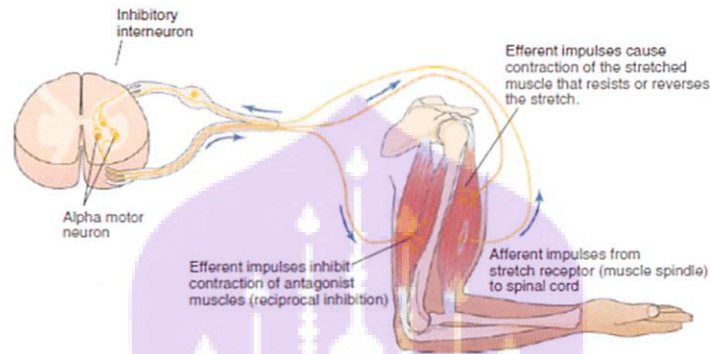
1. **Stretch reflex** เมื่อใดก็ตามที่กล้ามเนื้อถูกยืดโดยเร็วทันทีแล้วทำให้เกิดการกระตุ้น Muscle spindle ให้ส่งสัญญาณประสาทไปยังไขสันหลังผ่าน Dorsal root (รูปที่ 4) หลังจากนั้นจะส่งสัญญาณประสาทกลับมายังกล้ามเนื้อมัดนั้นให้มีการหดตัว ซึ่งเป็นกลไกป้องกันอันตรายไม่ให้อวัยวะกล้ามเนื้อได้รับบาดเจ็บจากการยืดกล้ามเนื้อ [32] ดังนั้นควรทำการเคลื่อนไหวช้าๆขณะยืดกล้ามเนื้อ เพื่อให้กล้ามเนื้อสามารถยืดยาวออกให้ได้มากที่สุด และไม่เป็นอันตรายต่อกล้ามเนื้อ



รูปที่ 4 แสดงกลไกการทำงานของ Stretch reflex

(อ้างอิงจาก <https://www.google.co.th/search?q=stretch+reflex>)

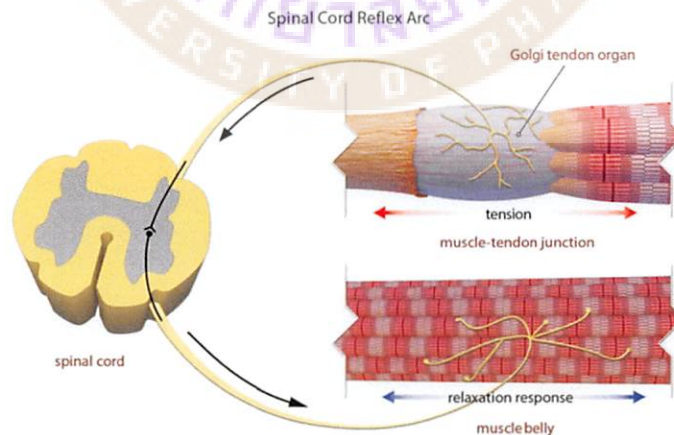
2. **Reciprocal inhibition** เมื่อกล้ามเนื้อด้านใดด้านหนึ่งเกิดการหดตัว (Agonist) จะเกิดแรงดึงตัวของกล้ามเนื้อไปกระตุ้น GTO ให้ส่งสัญญาณประสาทไปยังขั้วการกระตุ้นของ Motor neuron ที่เลี้ยงกล้ามเนื้อตรงข้าม (Antagonistic) ทำให้กล้ามเนื้อที่ตรงข้ามกับกล้ามเนื้อที่หดตัวนั้น คลายตัวลง (รูปที่ 5) โดยการเกิด Reflex นี้ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวต่างๆ ที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงข้ามก่อน



รูปที่ 5 แสดงกลไกการทำงานของ Reciprocal inhibition

(อ้างอิงจาก <https://www.google.co.th/search?q=Reciprocal+Inhibition>)

3. **Autogenic inhibition** เมื่อมีแรงในการยืดกล้ามเนื้อมากเกินไปจนเกิดจุดวิกฤต (Critical point) จะเกิด Reflex ขึ้นทันทีซึ่งจะไปยับยั้งกระแสประสาทจาก Anterior motor neurons ที่เลี้ยงกล้ามเนื้อตัวนั้น ทำให้กล้ามเนื้อคลายตัวแรงดึงที่เกิดจากการยืดจะลดลง (รูปที่ 6) โดยกลไกนี้ป้องกันไม่ให้เกิดการฉีกขาดของกล้ามเนื้อและเอ็น แต่กลไกนี้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ GTO มีแรงมากพอที่จะเอาชนะกระแสประสาท จาก Muscle spindle ได้ มิเช่นนั้นจะเกิด Stretch reflex แทน



รูปที่ 6 แสดงกลไกการทำงานของ Autogenic inhibition

(อ้างอิงจาก <https://www.google.co.th/search?q=golgi+tendon+organ+autogenic+inhibition>)

เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบ Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNF stretching) [31, 33]

เป็นเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อที่ได้รับการพัฒนาเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการฟื้นฟูรักษาทางระบบประสาทและโครงร่างกล้ามเนื้อเพื่อให้กล้ามเนื้อเกิดการผ่อนคลาย และเป็นการเพิ่มความตึงตัวและเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ ทำให้เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้ในการกีฬาเพื่อช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นของกล้ามเนื้อ PNF เป็นเทคนิคที่จะต้องมีผู้ที่จะทำการยืดคอยทำการยืดให้ ซึ่งการยืดด้วยเทคนิคนี้ประกอบไปด้วยการเคลื่อนไหวทั้งแบบที่มีผู้กระทำ (Passive movement) และแบบกระทำเอง (Active movement) โดยมีการหดตัวของกล้ามเนื้อทั้งแบบ Concentric และ Isometric เทคนิคการยืดแบบ PNF อาจเป็นเทคนิคขั้นสูงกว่าเทคนิคการยืดแบบอื่นๆ เพราะมีรูปแบบในการเร่งเร้าให้เกิดการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อที่ต้องการยืด อย่างไรก็ตามเทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ก็ยังไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนักเนื่องจากต้องอาศัยผู้ช่วยเหลือในการยืดที่มีประสบการณ์เพียงพอ

เทคนิค Hold-relax with agonist contraction [31, 33]

เทคนิคนี้แบ่งการยืดออกเป็น 3 ช่วง โดยเริ่มต้นวิธีการยืดด้วยเทคนิค Hold-relax ใน 2 ช่วงแรก คือ ทำการ Passive ไปจนถึงจุดที่เริ่มรู้สึกไม่สบายค้างไว้ 10 วินาที จากนั้นผู้ทำการยืดจะต้องเพิ่มแรงร่วมกับการยืดและออกคำสั่งให้ผู้ถูกยืดออกแรงเกร็งต้านไว้ ซึ่งจะเป็นลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบเกร็งอยู่กับที่ไอโซเมตริก (Isometric contraction) โดยกระทำไว้นาน 6 วินาที โดยเทคนิค Hold-relax นี้จะทำให้มีการยับยั้งหรือลดอาการตึงของกล้ามเนื้อ (Inhibit tight muscle) ซึ่งจะลดความตึงตัวของจำนวน Motor unit และเป็นการลดแรงตึง (Muscle tension) และ Golgi tendon organ ซึ่งให้ผลยับยั้ง จากการที่มี Active tension (hold) ของกล้ามเนื้อที่ตึง (Tight muscle) นอกจากนี้ ผลการยับยั้งอาจมาจาก Renshaw cell และตัวรับความรู้สึก (Receptor) รอบๆ ข้อต่อนั้นด้วย จากนั้นในช่วงที่ 3 ผู้ยืดจะทำการ Passive ต่อไป โดยที่ผู้ถูกยืดผ่อนคลายและผู้ยืดทำการ Passive ต่อไปจนถึงจุดที่ไม่สบายจุดใหม่ ร่วมกับการที่ผู้ถูกยืดทำการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้าคอนเซนตริก (Concentric contraction) ของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อที่ทำการยืด เช่น ในการยืดกล้ามเนื้อน่อง (Gastro-Soleus muscle) ที่ทำหน้าที่ถีบปลายเท้าลงก็จะต้องทำ Concentric contraction ของกล้ามเนื้อ Tibialis anterior muscle ที่ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าขึ้น ซึ่งในการยืดครั้งนี้จะต้องยืดค้างไว้ 30 วินาที โดยในการยืดด้วยเทคนิคนี้อาศัยกลไก Reciprocal inhibition ของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับกล้ามเนื้อที่ทำการยืด และกลไก Autogenic inhibition ของกล้ามเนื้อที่ทำการยืด ซึ่งการทำงานแบบ Active movement ของ Agonistic จะช่วยให้

เกิดการยับยั้งต่อ Antagonist ที่มีอาการตึง โดยผ่านทาง Primary afferent ของ Muscle spindle ของ agonist

เทคนิคการยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) [31, 33]

การยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) เป็นการเคลื่อนไหวที่มีความเกี่ยวข้องกับควบคุมองศาการเคลื่อนไหวของข้อต่อ ซึ่งกลไกทางกลศาสตร์ของการยืดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic stretching จะส่งผลให้มีการพัฒนาขึ้นของสมรรถภาพการทำงานของกล้ามเนื้อ อันเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของกล้ามเนื้อและร่างกาย ซึ่งจะเสริมผลให้มีการยืดของกล้ามเนื้อ อันเนื่องมาจากการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยอำนาจจิตใจ (Voluntary contraction) ของกล้ามเนื้อ agonist การกระตุ้นการทำงานของระบบประสาท และการยับยั้งการทำงานของกล้ามเนื้อ antagonist ในขณะที่มีการยืดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic stretching จะมีการทำงานของกล้ามเนื้อแบบหดสั้นเข้า (Concentric contraction) สลับกับการทำงานของกล้ามเนื้อแบบยืดยาวออก (Eccentric contraction) การที่กล้ามเนื้อทำงานแบบ Eccentric contraction นั้น ทำให้มีทั้ง External และ Internal stretch เกิดขึ้นพร้อมๆกัน External stretch คือ การยืดยาวออกของ Extrafusal และ Intrafusal muscle และ Internal stretch คือ Spindle bias ของ Intrafusal โดย Gamma system ซึ่งมีผลทำให้เพิ่มความตึงตัวของ Muscle spindle เมื่อมีการกระตุ้น Muscle spindle แล้ว อิทธิพลของ Golgi tendon organ และ Renshaw cell จะเด่นกว่า เมื่อถึงช่วงสุดท้ายของการเคลื่อนไหว จะทำให้เกิดการยับยั้ง (Inhibitory effect) ต่อกล้ามเนื้อนั้น และกล้ามเนื้อที่อยู่ตรงกันข้ามจะถูกยืดออก

การยืดกล้ามเนื้อมีผลทำให้องศาการเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยทางระบบประสาท (Neurological factors) และปัจจัยทางกลศาสตร์ (Mechanical factors) การยืดทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของรีเฟล็กซ์ (Reflex activity) โดยผ่านตัวรับรู้ Golgi tendon organ และมีการรายงานว่าการยืดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Muscle -Tendon unit การยืดกล้ามเนื้อมีการส่งแรง (Force transmission) อัตราการส่งแรง (Rate of force transmission) และอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว (Length) หรือแรงตึงตัว (Tension) การยืดจึงทำให้เกิดการหย่อนตัวของเนื้อเยื่อส่วนที่ยืดหยุ่นได้ (Elastic component)

องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่ลดลงจะส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัว เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของการควบคุมการรับรู้ของข้อต่อและระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioception and Neuromuscular Control) และความบกพร่องของการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic Balance) เกิดจากการเปลี่ยนแปลง Proprioception and Neuromuscular Control เช่นกัน ทำให้เมื่อมีการทดสอบการทรงตัวด้วย Star Excursion Balance Test (SEBT) จะได้ระยะทางที่สั้นลง

โดยเฉพาะในทิศทางด้านหน้า (Anterior Direction) เนื่องจากต้องใช้ความพยายามในการคงการทรงตัวบนขาข้างเดียว [17]

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาของ Guichet และคณะ [6] ได้ศึกษาถึงผลกระทบของเท้าต่อรอยางค์ส่วนล่าง ยังพบว่าการที่ใส่รองเท้าส้นสูงจะมีการเปลี่ยนแปลงทางกลศาสตร์ของเข่า เข่า มุมของกระดูกหน้าแข้ง (Tibial ankle) และเข่าโก่ง (Genu valgum) ในระนาบหน้า-หลัง (Frontal plan) อีกทั้งยังเสี่ยงต่อการเป็นโรคข้อเข่าเสื่อม (Osteo arthritis of knee)

การศึกษาของ Opila- Correia และคณะ [5] ได้ศึกษาในเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง อายุ 23 – 42 ปี พบว่าผู้หญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงมีความสามารถในการเดินช้าลงร้อยละ 6 โดยมีระยะการก้าว (Stride length) ลดลง กล้ามเนื้อถีบปลายเท้าลง (Plantar flexor muscle) จะทำงานลดลงร้อยละ 29 กล้ามเนื้อเหยียดเข่า (Knee extensor muscle) จะทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 กล้ามเนื้อองสะโพก (Hip flexor muscle) จะทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 23 กล้ามเนื้อต้นขาด้านนอก (Abductor muscle) จะทำงานเพิ่มขึ้นร้อยละ 11

การใส่รองเท้าส้นสูงเดินจะมีการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวข้อต่อรยางค์ส่วนล่าง (Lower extremities joint kinetics) พบว่า จะมีการเอียงของข้อเท้าในท่าถีบปลายเท้าลง (Plantar flexion) 14 องศา และมีการเคลื่อนไหวขดเขย โดยเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อองเข่าและกล้ามเนื้อองสะโพก และยังพบว่าในช่วงสุดท้ายของระยะตั้งท่า (Terminal stance phase) มีการจำกัดการทำงานของกล้ามเนื้ออง (Calf muscle) ยังนำไปสู่การลดลงขององศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าถีบปลายเท้าลง ส่งผลทำให้เกิดการหดสั้น (Shortening) ของกล้ามเนื้ออง

การศึกษาของ Darsow และคณะ [7] ทำการศึกษาปัญหาของเท้าในเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง พบว่า ผู้หญิงส่วนใหญ่ที่มีปัญหาปวดเท้า (Foot pain) และเท้าผิดรูป (Foot deformity) เคยสวมใส่รองเท้าส้นสูงเป็นเวลาหลายปี

การศึกษาของ Genfen และคณะ [11] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography ; EMG) ของกล้ามเนื้อขา และความมั่นคงของข้อเท้า ในคนที่ใส่รองเท้าส้นสูง พบว่า มีอาการล้าและการทำงานที่ไม่สมดุลกันของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง ซึ่งได้แก่ กล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียส (Gastrocnemius muscle) กล้ามเนื้อแลตเทอรอลลิสเวอซุส (Lateralis versus muscle) และกล้ามเนื้อแกสตรอคนีเมียสแลตเทอรอลลิส (Gastrocnemius lateralis muscle)

การศึกษาของ Edwards และคณะ [12] ทำการศึกษาถึงผลกระทบของเท้าต่อการวางแนวทางกลศาสตร์ของรยางค์ส่วนล่าง พบว่าเมื่อเพิ่มความสูงของรองเท้าส้นสูง แล้วทำการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อวาสตัลมีเดียลลิส (Vastusmedialis muscle) และกล้ามเนื้อ

วาสต์สแลตเทอรอลลิส (Vastus lateralis) ระหว่างการทำกิจกรรมที่มีการลุกนั่ง พบว่าจะมีการทำงานที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อรอบข้อเข่าด้วยเช่นกัน

การศึกษาของ Barton และคณะ [4] ทำการศึกษาถึงความชุกของปัญหาเท้าในหญิงสูงอายุ พบว่าการสวมรองเท้าส้นสูงมีผลต่อการทำงานที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อหลัง (Erector spinae) กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Internal oblique and External oblique muscle) ส่งผลให้มีอาการปวดหลังส่วนล่าง (Low back pain) ตามมา

การศึกษาของ Lee และคณะ [34] ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการใส่รองเท้าส้นสูงต่อชีวกลศาสตร์ พบว่าเมื่อเพิ่มความสูงของรองเท้าจะทำให้มุมของการงอลำตัว (Trunk flexion) ลดลงและเมื่อทำการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อทิวเบียลิสแอนทีเรีย (Tibialis anterior muscle) และกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back muscle) ในขณะที่เคลื่อนไหว พบว่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ขณะเดินด้วยรองเท้าส้นสูงจะมีแรงเครียดต่อชีวกลศาสตร์ทำให้เมื่อสวมใส่รองเท้าส้นสูงมากจะทำให้เพิ่มความไม่สบายของเท้า

การศึกษาของ De Lateur และคณะ [35] ทำการศึกษาท่าทางที่เปลี่ยนไปขณะสวมใส่รองเท้าส้นสูง พบว่าการสวมใส่รองเท้าส้นสูง มีผลให้เกิดความโค้งงอของกระดูกสันหลังระดับเอว (Lumbar lordosis) เพิ่มขึ้นและยังทำให้เกิดท่าทางที่ผิดปกติ คือ การเอนลำตัวไปทางด้านหลัง (Sway back posture) ซึ่งการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการสวมรองเท้าส้นสูงทำให้เกิดการเคลื่อนไหวขดเขยที่เข้าและข้อเท้ามากที่สุด และยังมีผลกระทบต่อกระดูกสันหลังส่วนเอวอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Kerrigan และคณะ [9] ทำการสำรวจเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง 1.5 นิ้ว ซึ่งเป็นความสูงที่เพิ่มแรงบิดต่อข้อเข่าและจะพัฒนาหรือลุกลามกลายเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมได้ โดยพบว่าความสูงของรองเท้าที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีการบิดของข้อเท้าในช่วงปลายเพิ่มขึ้น ร้อยละ 14 ในวัยหญิงสาว และร้อยละ 9 ในหญิงวัยสูงอายุ แรงบิดที่กระทำต่อข้อเท้าในช่วงต้นเพิ่มขึ้นร้อยละ 19 ในวัยหญิงสาว และร้อยละ 14 ในหญิงวัยสูงอายุ อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ หญิงสูงวัยที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงยังมีแรงบิดสูงสุดของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นเป็น ร้อยละ 7 อีกด้วย การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าการสวมใส่รองเท้าส้นสูงที่มีความสูงระดับปานกลางจะสามารถนำไปสู่การเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมได้

การศึกษาของ Csapo และคณะ [10] ทำการศึกษาถึงผลการสวมรองเท้าส้นสูงต่อกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ พบว่าการสวมใส่รองเท้าส้นสูงทำให้กล้ามเนื้อน่องและเอ็นกล้ามเนื้ออยู่ในลักษณะที่หดสั้น เมื่อมีการใส่รองเท้าส้นสูงเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานในหน่วยย่อยเอ็นกล้ามเนื้อ (Muscle-Tendon unit) ส่งผลให้ข้อเท้ามีองศาการเคลื่อนไหวลดลง

การศึกษาของ Cronin และคณะ [13] ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกลศาสตร์จากการสวมใส่รองเท้าส้นสูงมาเป็นเวลานาน พบว่าการใส่รองเท้าส้นสูงจะทำให้เท้าอยู่ในท่าถีบปลายเท้าลง (Plantar flexion) หากใส่เป็นเวลานาน พบว่ามีการหดสั้นของกล้ามเนื้อเดี่ยลแกสตรอคนีเมียส (Medial gastrocnemius muscle) และเกิดเอ็นร้อยหวายหดรั้ง (Achilles tendon stiffness) และเพิ่มโอกาสการเกิดกล้ามเนื้ออ่อนแรงเคล็ด (Muscle strain) และเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่างขณะอยู่ในช่วงระยะตั้งท่า (Stance phase) เมื่อเทียบกับการเดินเท้าเปล่า ทำให้ผู้สวมใส่รองเท้าส้นสูงรู้สึกไม่สบาย กล้ามเนื้อล้า อีกทั้งยังเพิ่มความเสี่ยงการบาดเจ็บจากการเคล็ด (Strain injury)

การศึกษาของ Yung-Hui และคณะ [2] ศึกษาถึงผลกระทบของ การใส่รองเท้าส้นสูงต่อแรงกดของเท้า แรงกระทำต่อเท้าและความสบายของเท้าขณะเดิน พบว่าการสวมรองเท้าส้นสูงมีผลกระทบต่อระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อของมนุษย์ โดยส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนไหวแบบจลพลศาสตร์ (Kinetics) ซึ่งพบว่าเมื่อเพิ่มความสูงของรองเท้าจะทำให้ผู้สวมใส่มีการกระจายแรงกดของเท้าที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะแรงกดทางด้านในของเท้าส่วนหน้า (Medial forefoot) ทำให้ผู้สวมใส่รู้สึกไม่สบายเท้าขณะเดิน

การศึกษาของ Mika และคณะ [36] ทำการศึกษาผลของการทำงานของกล้ามเนื้อเอริคเตอร์สปายเน (Erector spinae muscle) และการเคลื่อนไหวของเชิงกราน (Pelvis kinematic) ขณะเดินบนรองเท้าส้นสูงและส้นเตี้ย พบว่าการเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ Erector spinae มีความสัมพันธ์กับการใส่รองเท้าส้นสูง และหากกล้ามเนื้อ Erector spinae มีการทำงานเพิ่มขึ้นจะนำไปสู่การปวดหลังส่วนล่าง (Low back pain) ช่วงเชิงกรานมีการเคลื่อนไหวที่ลดลงของหญิงวัยกลางคนที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง บ่งบอกว่าเนื้อเยื่อบริเวณเอวและเชิงกราน (Lumbo-pelvic region) มีการเกร็งตัวมากขึ้นและผลกระทบที่เป็นอันตรายจากการสวมใส่รองเท้าส้นสูง คือการทรงท่าที่ผิดปกติและเนื้อเยื่อกระดูกสันหลังได้รับผลกระทบมากขึ้นเมื่ออายุมากขึ้น

การศึกษาของ Mika และคณะ [14] ทำการศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของความสูงของส้นรองเท้าต่อการเคลื่อนไหวรยางค์ส่วนล่าง และการทำงานของกล้ามเนื้อขาขณะเดินในเพศหญิงวัยรุ่นและวัยกลางคน จากการตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) กล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่างและการเคลื่อนไหวสะโพก เข่า ข้อเท้า ระหว่างการใส่รองเท้าส้นสูงในหญิงวัย 15 ปี และ 31 ปี พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของการงอเข่าและการบิดข้อเท้าเข้าด้านใน (Ankle inversion) ลดลง เมื่อมีการเพิ่มความสูงของส้นรองเท้า นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่รองเท้าส้นสูงขณะทำกิจกรรมจะทำให้กล้ามเนื้อมีการทำงานเพิ่มขึ้น ส่งผลให้รยางค์ส่วนล่างมีอาการล้าอย่างรุนแรงรวมถึงยังทำให้เกิดภาวะการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง คือเกิดภาวะ Muscle strain injury จากการใช้งานของกล้ามเนื้อที่มากเกินไป

การศึกษาของ Wang และคณะ [16] ศึกษาถึงผลกระทบของการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ต่อองศาการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่าง การทรงตัวขณะอยู่นิ่ง (Static balance) และการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ซึ่งพบว่าองศาการเคลื่อนไหวของการงอสะโพก การเหยียดเข่า และการกระดกข้อเท้าขึ้น เพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการยืดโดยไม่ได้คำนึงถึงรูปแบบและชนิดของการยืดกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังพบว่าการศึกษาทั้งสองรูปแบบทำให้ระยะเวลาการก้าวทั้ง 3 ทิศทางของการทดสอบการเคลื่อนย้ายลำตัวในระยะสั้น 3 ทิศทาง (SEBT) เพิ่มขึ้นทุกทิศทาง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ดีขึ้น ส่วนการยืดแบบคงค้าง (Static stretching) พบว่า ไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษาของ Rees และคณะ [15] ศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular Facilitation :PNF) ต่อการยืดในหน่วยของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (Muscle-tendon unit) บริเวณข้อเท้าในเพศหญิง พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF 4 สัปดาห์ จะเพิ่มความมั่นคงให้กับ Muscle-Tendon unit ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการเคลื่อนไหวของข้อเท้าหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF พบว่า Muscle-Tendon unit ดึงตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งเกิดจากการปรับตัวของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เท่ากันกับส่วนประกอบของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวและเพิ่มความแข็งแรงได้

การศึกษาของ Bassnett และคณะ [17] พบว่าบุคคลที่มีอาการข้อไม่มั่นคงเรื้อรัง (Chronic ankle instability) มักมีความบกพร่องในช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและการทรงตัว ช่วงการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้ามีความสัมพันธ์กับการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหวและการทดสอบ SEBT

การศึกษาของ Etnyre และคณะ [37] ได้ศึกษาวิธีการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้า โดยเปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching) กับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ซึ่งได้แก่ เทคนิค Contract-relax, Contract-relax with antagonist contraction พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้ดีกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้างและยังพบว่าการศึกษาการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เทคนิค Contract-relax with antagonist contraction ได้ประสิทธิภาพดีกว่า

การศึกษาของ Kim และคณะ [8] ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อในผู้ที่ใส่รองเท้าส้นสูง พบว่าในคนที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงมากกว่า 5-6 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ จะมีการเพิ่มขึ้นขององศาการถีบปลายเท้าลง (Plantar flexion) 25 องศา และองศาการบิดข้อเท้าเข้าด้านใน (Ankle inversion) เพิ่มขึ้น 10 องศา เมื่อเทียบกับคนที่ใส่รองเท้า

พื้นราบ ซึ่งจะต้องได้รับการออกกำลังกายโดยการยืดกล้ามเนื้อข้อเท้า (Ankle stretching exercise) ในทิศทางกระดูกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion) และการบิดข้อเท้าออกด้านนอก (Ankle eversion)

การศึกษาของ Yuktasir และคณะ [38] ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลระยะยาวของการออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ต่อองค์การเคลื่อนไหวและความสามารถในการกระโดด พบว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 2 รูปแบบ มีผลต่อการเพิ่มองค์การเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่ได้รับผลกระทบจากการใส่รองเท้าส้นสูงมาเป็นเวลานาน แต่การยืดทั้ง 2 รูปแบบไม่ได้มีผลในการเพิ่มองค์การเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study) ในรูปแบบ Cross-over design อาสาสมัครที่เข้าร่วมงานวิจัยเป็นเพศหญิงวัยทำงานที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงในมหาวิทยาลัยพะเยาและพื้นที่ใกล้เคียง อายุ 21-45 ปี จำนวน 30 คน โดยอาสาสมัครได้รับการชี้แจงเกี่ยวกับรายละเอียดและขั้นตอนการศึกษาจากคณะผู้วิจัย พร้อมลงนามในแบบฟอร์มยินยอมเข้าร่วมการศึกษา โดยการศึกษาในครั้งนี้เก็บข้อมูลงานวิจัย ณ มหาวิทยาลัยพะเยาและพื้นที่ใกล้เคียง

วัสดุและอุปกรณ์และเครื่องมือที่สำคัญ

- | | | | |
|---|-------|----|---------|
| 1. Fluid Inclinator
(Fabrication Enterprises Incorporated, New York USA) | จำนวน | 2 | อัน |
| 2. Standard goniometer | จำนวน | 1 | อัน |
| 3. เทปกาวขนาดกลาง | จำนวน | 2 | ม้วน |
| 4. สายวัด | จำนวน | 1 | เส้น |
| 5. เครื่องชั่งน้ำหนัก (OMRON รุ่น HBF-212) | จำนวน | 1 | เครื่อง |
| 6. นาฬิกาจับเวลา (รุ่น FBT Turbo F606, Taiwan) | จำนวน | 1 | เครื่อง |
| 7. แบบบันทึกข้อมูลของอาสาสมัคร | จำนวน | 30 | ชุด |
| 8. เอกสารแสดงวัตถุประสงค์รายละเอียด
และแบบฟอร์มยินยอมเข้าร่วมการศึกษา | จำนวน | 30 | ชุด |
| 9. โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS เวอร์ชัน 21.0 | | | |

วิธีการศึกษา

อาสาสมัคร

คำนวณจากขนาดของกลุ่มการศึกษาก่อนหน้าของ Etnyre และคณะ [37] โดยใช้โปรแกรม G*Power 3.1.5 โดยใช้ค่า Power = 80%, Alpha level = 0.05 ทำให้ได้จำนวนประชากรประมาณ 27 คน และ percent dropout 10% ประมาณ 3 คน ดังนั้น การศึกษานี้จึงต้องใช้จำนวนอาสาสมัคร 30 คน

เกณฑ์คัดเข้า

1. เป็นบุคคลเพศหญิงอายุระหว่าง 21 – 45 ปี จำนวน 30 คน
2. เป็นบุคคลที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง สูงตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไป 30 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี (7, 8)
3. อาสาสมัครมีความยินดีที่จะเข้าร่วมการศึกษาในครั้งนี้

เกณฑ์คัดออก

1. อาสาสมัครมีปัญหาเกี่ยวข้องกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของร่างกายส่วนล่างที่ส่งผลต่อการทรงตัวและองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า เช่น เอ็นกล้ามเนื้อหรือเอ็นยึดข้อต่อฉีกขาด รูมาตอยด์ กระดูกหักหรือเคลื่อนหลุด เป็นต้น
2. อาสาสมัครมีปัญหาเกี่ยวกับระบบประสาทที่ส่งผลต่อการทรงตัวและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เช่น โรคหลอดเลือดสมอง สมองและไขสันหลังได้รับบาดเจ็บหรือโรคพาร์กินสัน เป็นต้น
3. อาสาสมัครมีปัญหาเกี่ยวกับการมองเห็น ระบบรับรู้ลึกของข้อต่อร่างกายส่วนล่าง

ขั้นตอนการทดสอบ

ผู้วิจัยแจ้งแก่อาสาสมัครถึงวัตถุประสงค์และขั้นตอนการเก็บข้อมูลการศึกษา พร้อมทั้งให้อาสาสมัครเซ็นเอกสารยินยอมเข้าร่วมการศึกษาและกรอกเอกสารข้อมูลคัดกรอง ก่อนการทดสอบอาสาสมัครต้องงดออกกำลังกายอย่างน้อย 48 ชั่วโมง งดเครื่องดื่มที่มีส่วนผสมของแอลกอฮอล์ คาเฟอีน ยาต่างๆ ที่ส่งผลต่อการทดสอบอย่างน้อย 24 ชั่วโมง จากนั้นทำการวัดข้อมูลพื้นฐานของอาสาสมัคร ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ความยาวขา ประวัติการสวมรองเท้าส้นสูง ประวัติการบาดเจ็บ การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 วันคือ การยืดแบบ PNF Stretching และ Dynamic Stretching โดยรูปแบบการยืดขึ้นอยู่กับการสุ่ม อาสาสมัครจะถูกวัด Ankle dorsiflexion ROM และ SEBT ทั้งก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อ และทั้งสองวันห่างกันเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ก่อนการทดสอบจริงจะทำการทดสอบความน่าเชื่อถือในการวัดของผู้วัด (Intra-reliability)

1. การทดสอบความน่าเชื่อถือในการวัดของผู้วัด (Intra-reliability)

ผู้ทดสอบทำการวัดองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าด้วยการทดสอบ Weight-bearing lunge test และความสามารถในการทรงตัว ด้วยการทดสอบ Star Excursion Balance Test (SEBT) ในการวัด ก่อนการทดสอบจริงจะมีการทดสอบความน่าเชื่อถือในการวัดของผู้วัด (Intra-reliability) โดยทำการทดสอบตามวิธีการและลำดับในการทดสอบจริงในอาสาสมัครจำนวน 10 คน ซึ่งทำการทดสอบ 2 รอบ โดยในแต่ละรอบมีระยะห่าง 1 วัน และใช้สถิติ Intraclass correlation coefficients ($ICC_{3,1}$) ในการทดสอบความน่าเชื่อถือ

2. การยืดแบบ Dynamic Stretching [16]

1. อาสาสมัครยืนตรงหันหน้าเข้าหาผนัง มือทั้งสองข้างทาบบนผนังในระดับเดียวกับหัวไหล่ เขยียดขาข้างที่จะยืดไปข้างหลังจนรู้สึกตึงบริเวณน่อง ดังรูปที่ 7 [17]
2. อาสาสมัครทำการยืดกล้ามเนื้อแบบเคลื่อนไหวเองโดยงอศอกโน้มตัวไปข้างหน้าแล้วดันตัวขึ้นกลับสู่ท่ายืน โดยกำหนดจังหวะในการยืดกล้ามเนื้อด้วยเมโทรโนม (Metronome) 60 ครั้งต่อนาที ดังรูปที่ 7

ทำการยืดกล้ามเนื้อทั้งหมด 3 เซต เซตละ 60 วินาที โดยมีระยะเวลาพัก 20 วินาทีระหว่างการยืดในแต่ละเซต



ก.

ข.

รูปที่ 7 ภาพแสดงการยืดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic Stretching

ก. ทำเริ่มต้น

ข. ทำการยืด

(ภาพอ้างอิงข้อมูลจาก Wang W, 2013)

3. การยืดแบบ PNF Stretching; Hold-relax with agonist contraction [38]

1. อาสาสมัครนอนหงายบนเตียงทดสอบ
2. ผู้ยืดทำการยืดกล้ามเนื้อด้วยมือข้างที่ถนัด มืออีกข้างจับบริเวณเข่าของอาสาสมัครเพื่อไม่ให้เกิดการงอเข่า ดังรูปที่ 8

3. ทำการ Passive stretching กล้ามเนื้อ Gastrosoleus โดยกระดูกปลายเท้าขึ้นจนถึงจุดที่เริ่มรู้สึกไม่สบายค้างไว้ 10 วินาที จากนั้นผู้ทำการยืดจะต้องเพิ่มแรงร่วมกับการยืดและออกคำสั่งให้ผู้ถูกยืดออกแรงเกร็งต้านไว้ในท่าถีบปลายเท้าลง (Plantarflexion) ซึ่งก็จะเป็นลักษณะการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบไอโซเมตริก (Isometric contraction) โดยจะทำได้ไว้นาน 6 วินาที

4. ผู้ยืดออกคำสั่งให้ผู้ถูกยืดผ่อนคลายเป็นและทำการ Passive ต่อไปจนถึงจุดที่ไม่สบายจุดใหม่
5. จากนั้นผู้ยืดจะทำการ Passive ต่อไปร่วมกับการที่อาสาสมัครทำการหดตัวของกล้ามเนื้อแบบคอนเซนตริก (Concentric contraction) ของกล้ามเนื้อ Ankle dorsiflexor ค้างไว้ 30 วินาที
6. ทำการยืดกล้ามเนื้อทั้งหมด 4 ครั้งโดยมีระยะพัก 20 วินาทีระหว่างการยืดแต่ละครั้ง



รูปที่ 8 ภาพแสดงการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF Stretching
(ภาพอ้างอิงข้อมูลจาก Basnett et al, 2013)

4. การวัดองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า [17]

1. อาสาสมัครจะถูกทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกเท้าขึ้นในท่า Weight-bearing lunge position ดังรูปที่ 9
2. ผู้ทดสอบใช้ Fluid inclinometer วัดองศาการเคลื่อนไหวโดยวางไว้หน้าต่อ Tibial tuberosity
3. ออกคำสั่งให้อาสาสมัครโน้มตัวไปข้างหน้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้โดยที่ส้นเท้าข้างที่ถูกทดสอบไม่ยกออกจากพื้น
4. ทำการทดสอบทั้งหมด 2 รอบ และใช้ค่าที่สูงที่สุดในการวิเคราะห์ผล



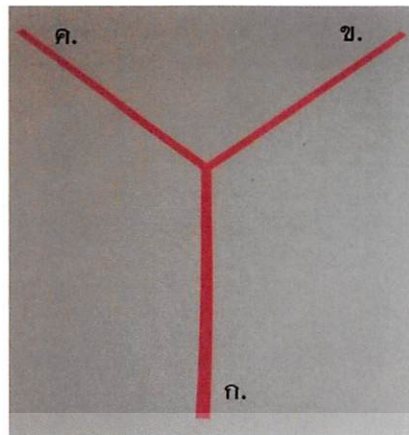
รูปที่ 9 แสดงการวัดและท่าทางการทดสอบองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้น
(ภาพโดยอ้างอิงข้อมูลจาก Basnett 2013)

5. ทดสอบความสามารถในการทรงตัวด้วย Star Excursion Balance Test [39]

การทดสอบมีขั้นตอนดังนี้

1. ผู้ทดสอบติดสายวัดบนพื้นเรียบ 3 ทิศทาง โดยให้ทำมุมกัน 135° และ 90° ดังรูปที่ 10
2. วัดความยาวขา โดยให้ผู้ถูกทดสอบนอนหงายบนเตียงขาทั้งสองข้างเหยียดตรง ผู้ทดสอบใช้สายวัดวัดจากตำแหน่งปุ่มกระดูกเชิงกรานด้านหน้าและด้านบน (Anterior Superior Iliac Spine; ASIS) จนถึงถึงตาตุ่มด้านนอก (Lateral malleolus) ของขาข้างที่ถนัด [40]
3. ทำเริ่มต้นให้ผู้ถูกทดสอบยืนตรงบนขาข้างที่ถนัดในตำแหน่งจุดกึ่งกลางของเส้น โดยให้มือทั้งสองข้างจับไว้บริเวณสะโพกแล้วหันหน้าไปในทิศทางตามเส้น Anterior direction ดังรูปที่ 11
4. ให้ผู้ถูกทดสอบพยายามยื่นปลายเท้าไปแตะเส้นในแต่ละทิศทางให้ไกลที่สุดโดยที่ไม่ลงน้ำหนัก หลังจากนั้นผู้ถูกทดสอบดึงเท้ากลับมายืนลงน้ำหนักในท่าเดิม ในขณะทำการทดสอบ ผู้ถูกทดสอบต้องควบคุมไม่ให้เท้าขยับออกจากตำแหน่งเดิม ดังรูปที่ 12
5. ก่อนการทดสอบให้ผู้ถูกทดสอบสูบลมลำดับทิศทางที่จะถูกทดสอบก่อนหลัง และอนุญาตให้ผู้ถูกทดสอบซ้อมก่อนที่จะทำการทดสอบจริงได้ 4 ครั้ง
6. ผู้ถูกทดสอบทำการทดสอบจริงจำนวน 3 รอบ ในแต่ละทิศทางโดยพักระหว่างรอบเป็นเวลา 10 วินาที เมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางให้พักเป็นเวลา 20 วินาที
7. ผู้ทดสอบวัดระยะทางบนเส้นจากจุดศูนย์กลางถึงจุดที่เท้าแตะและบันทึกความละเอียดเป็นเซนติเมตร (centimeter: cm)
8. ผู้ทดสอบบันทึกค่าสูงสุดในแต่ละทิศทางและคำนวณค่าตัวแปรตามสูตร

$$\text{SEBT score} = \frac{\text{Anterior distance} + \text{Posteromedial distance} + \text{Posterolateral distance}}{3(\text{leg length})} \times 100$$

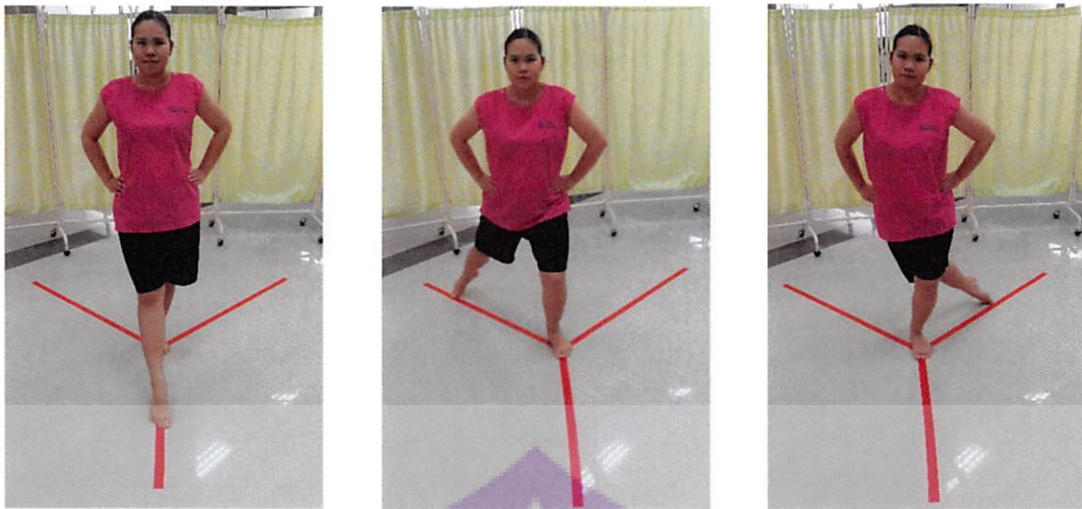


รูปที่ 10 ภาพแสดงลักษณะเส้นที่ใช้ในการทดสอบ Star Excursion Balance Test
(ภาพโดยอ้างอิงข้อมูลจาก Phillip, 2012)

ก. Anterior direction ข. Posterolateral direction ค. Posteromedial direction



รูปที่ 11 ภาพแสดงท่าเริ่มต้นการทดสอบ Star Excursion Balance Test
(ภาพโดยอ้างอิงข้อมูลจาก Phillip, 2012)



ก.

ข.

ค.

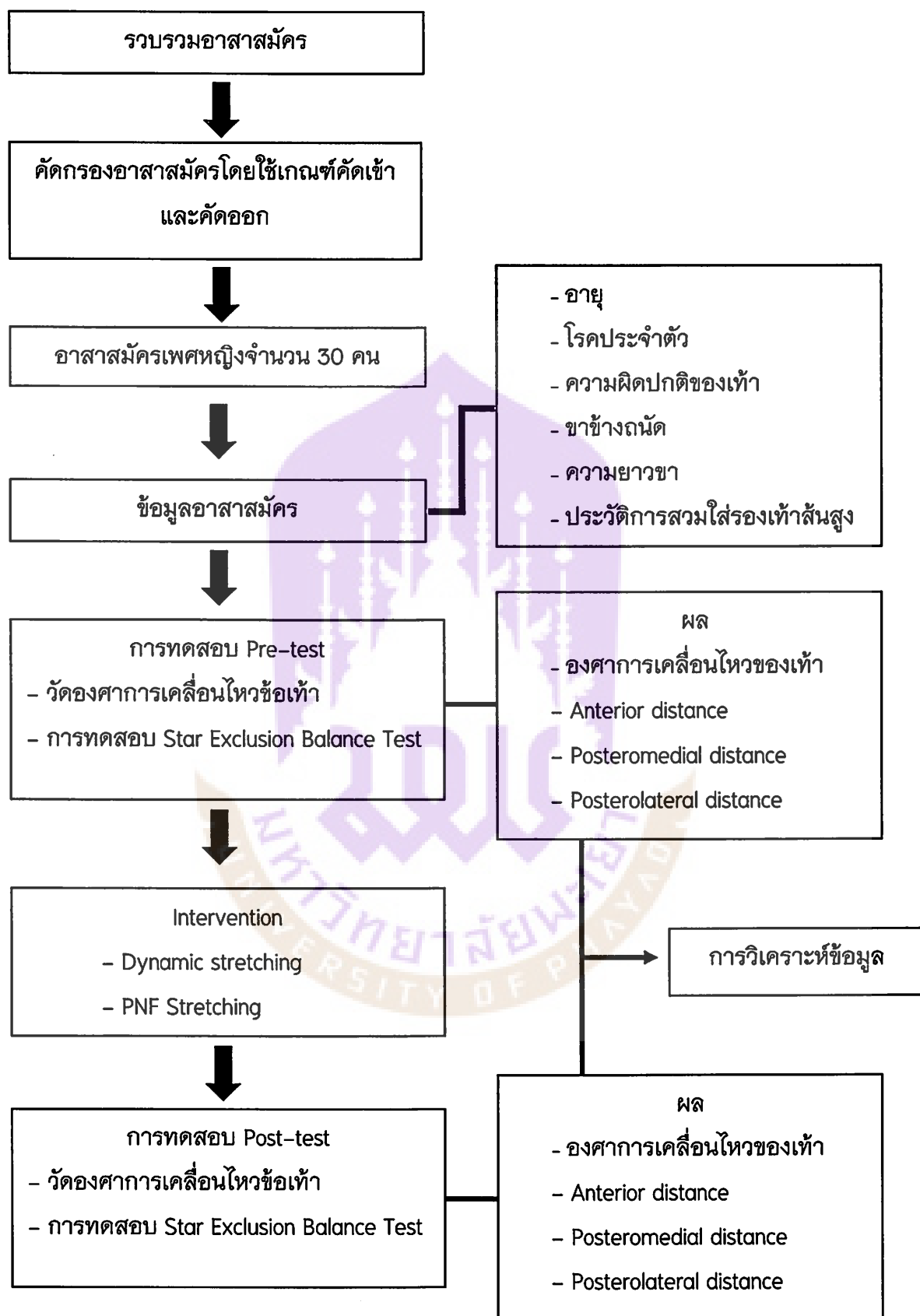
รูปที่ 12 ภาพแสดงการทดสอบ Star Excursion Balance Test
(ภาพโดยอ้างอิงข้อมูลจาก Phillip, 2012)

ก. Anterior direction

ข. Posterolateral direction

ค. Posteromedial direction





รูปที่ 13 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทดสอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS Version 21.0 โดยการกำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ $p < 0.05$ ในการวิเคราะห์ตัวแปรของการศึกษานี้

- สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) ใช้อธิบายลักษณะของอาสาสมัครและตัวแปรต่างๆ
- Pair sample t-test ใช้หาความแตกต่างระหว่างก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อและความแตกต่างระหว่างรูปแบบของการยืด



บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาความน่าเชื่อถือ

การทดสอบความน่าเชื่อถือของผู้วัดได้จากการทดสอบการวัดองศาการเคลื่อนไหวของการกระดูกข้อเท้าขึ้น (Ankle Dorsiflexion ROM) ในท่า Weight-Bearing Lunge Position และการวัดความสามารถในการทรงตัวด้วยการทดสอบ Star Excursion Balance Test (SEBT) โดยทำการทดสอบตามวิธีการและลำดับในการทดสอบจริงในอาสาสมัครจำนวน 10 คน ซึ่งทำการทดสอบ 2 รอบ ในแต่ละรอบมีระยะห่าง 1 วัน และใช้สถิติ Intraclass Correlation Coefficients ($ICC_{3,1}$) ในการทดสอบความน่าเชื่อถือพบว่าการวัดองศาการเคลื่อนไหวในท่า Ankle Dorsiflexion ROM มีค่า $ICC_{3,1} = 0.93$ ที่ $p < 0.001$ ส่วนการทดสอบ SEBT มีค่า $ICC_{3,1} = 0.88$ ที่ $p < 0.002$ ผลการศึกษาแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าการศึกษาความน่าเชื่อถือของผู้ทดสอบ

Outcome variables	$ICC_{3,1}$	P-value
Ankle Dorsiflexion ROM	0.93	0.001*
SEBT	0.88	0.002*

* $p < 0.05$

ลักษณะทั่วไปของประชากร

ในการศึกษาครั้งนี้มีอาสาสมัครจำนวน 28 คน เป็นเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงอายุ 21-45 ปี (อายุเฉลี่ย 29.14 ± 4.91 ปี) ในมหาวิทยาลัยพะเยาและบริเวณใกล้เคียง (อำเภอเมืองจังหวัดพะเยา) อาสาสมัครทั้งหมดผ่านการคัดกรองโดยเกณฑ์คัดเข้าและเกณฑ์คัดออกของการศึกษาในครั้งนี้ โดยอาสาสมัครไม่มีปัญหาเกี่ยวข้องกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของรยางค์ส่วนล่างที่ส่งผลต่อการทรงตัว เช่น เอ็นกล้ามเนื้อหรือเอ็นยึดข้อต่อฉีกขาด รูมาตอยด์ กระดูกหักหรือเคลื่อนหลุด ระบบรับรู้ความรู้สึกของข้อต่อของรยางค์ส่วนล่าง การมองเห็น และการควบคุมการทรงตัว ข้อมูลลักษณะทั่วไปของประชากรแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะทั่วไปของประชากร

Variables	Mean±SD
Age (Years)	29.14±4.91
Weight (Kilograms)	52.71±9.18
Height (Centimeter)	160.68±6.88
Leg length (Centimeter)	83.32±4.45
Heel height (Centimeter)	7.21±1.73
Wearing high heeled shoes (Hours/Week)	42.50±12.92

ผลการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNF stretching)

อาสาสมัครทั้งหมดถูกยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ โดยก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อจะทำการวัดองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) และทดสอบความสามารถในการทรงตัว Star Excursion Balance Test (SEBT) ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 3 ทิศทาง คือ Anterior direction, Posteromedial direction และ Posterolateral direction ก่อนการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อพบว่ามีค่าเฉลี่ยขององศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) เท่ากับ 32.18 ± 8.78 องศา คะแนนการทดสอบความสามารถในการทรงตัวในทิศ Anterior direction เท่ากับ 2.77 ± 0.2 ทิศ Posteromedial direction เท่ากับ 2.42 ± 0.34 ทิศ Posterolateral direction เท่ากับ 2.34 ± 0.36 และคะแนนรวมของการทดสอบ (SEBT score) มีค่าเท่ากับ 2.51 ± 0.23 หลังจากทำการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อพบว่าคะแนนการทดสอบความสามารถในการเคลื่อนไหวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยขององศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) มีค่าเท่ากับ 39.00 ± 7.73 องศา คะแนนการทดสอบความสามารถในการทรงตัวในทิศ Anterior direction เท่ากับ 2.95 ± 0.21 ทิศ Posteromedial direction เท่ากับ 2.65 ± 2.28 ทิศ Posterolateral direction เท่ากับ 2.56 ± 0.33 และคะแนนรวมของการทดสอบ (SEBT score) มีค่าเท่ากับ 2.72 ± 0.21 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ
(Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNF stretching)

Variables	Pre-test	Post-test	P-value
SEBT score	2.51±0.23	2.72±0.21	0.001*
Anterior direction	2.77±0.22	2.95±0.21	0.001*
Posteromedial direction	2.42±0.34	2.65±2.28	0.001*
Posterolateral direction	2.34±0.36	2.56±0.33	0.001*
Ankle dorsiflexion ROM (degree)	32.18±8.78	39.00±7.73	0.001*

* $p < 0.01$

การยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching)

อาสาสมัครทั้งหมดทำการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหวโดยก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อจะทำการวัดองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) และทดสอบความสามารถในการทรงตัว Star Excursion Balance Test (SEBT) ซึ่งประกอบไปด้วยทั้งหมด 3 ทิศทาง คือ Anterior direction Posteromedial direction และ Posterolateral direction พบว่ามีค่าเฉลี่ยก่อนการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching) ขององศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) เท่ากับ 34.00 ± 7.58 องศา การทดสอบความสามารถในการทรงตัวในทิศ Anterior direction เท่ากับ 2.77 ± 0.25 ทิศ Posteromedial direction เท่ากับ 2.42 ± 0.38 ทิศ Posterolateral direction เท่ากับ 2.44 ± 0.33 และคะแนนรวมของการทดสอบ (SEBT score) มีค่าเท่ากับ 2.54 ± 0.25 หลังการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหวพบว่าองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) เท่ากับ 38.71 ± 8.42 องศา การทดสอบความสามารถในการทรงตัวในทิศ Anterior direction เท่ากับ 2.91 ± 0.20 ทิศ Posteromedial direction เท่ากับ 2.61 ± 0.31 ทิศ Posterolateral direction เท่ากับ 2.57 ± 0.38 และคะแนนรวมของการทดสอบ (SEBT score) มีค่าเท่ากับ 2.70 ± 0.22 จึงสรุปได้ว่าหลังการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหวทำให้ค่าเฉลี่ยขององศาการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงผลก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching)

Variables	Pre-test	Post-test	P-value
SEBT score	2.54±0.25	2.70±0.22	0.001*
Anterior direction	2.77±0.29	2.91±0.20	0.001*
Posteromedial direction	2.42±0.38	2.61±0.31	0.001*
Posterolateral direction	2.44±0.33	2.57±0.38	0.001*
Ankle dorsiflexion ROM (degree)	34.00±7.58	38.71±8.42	0.001*

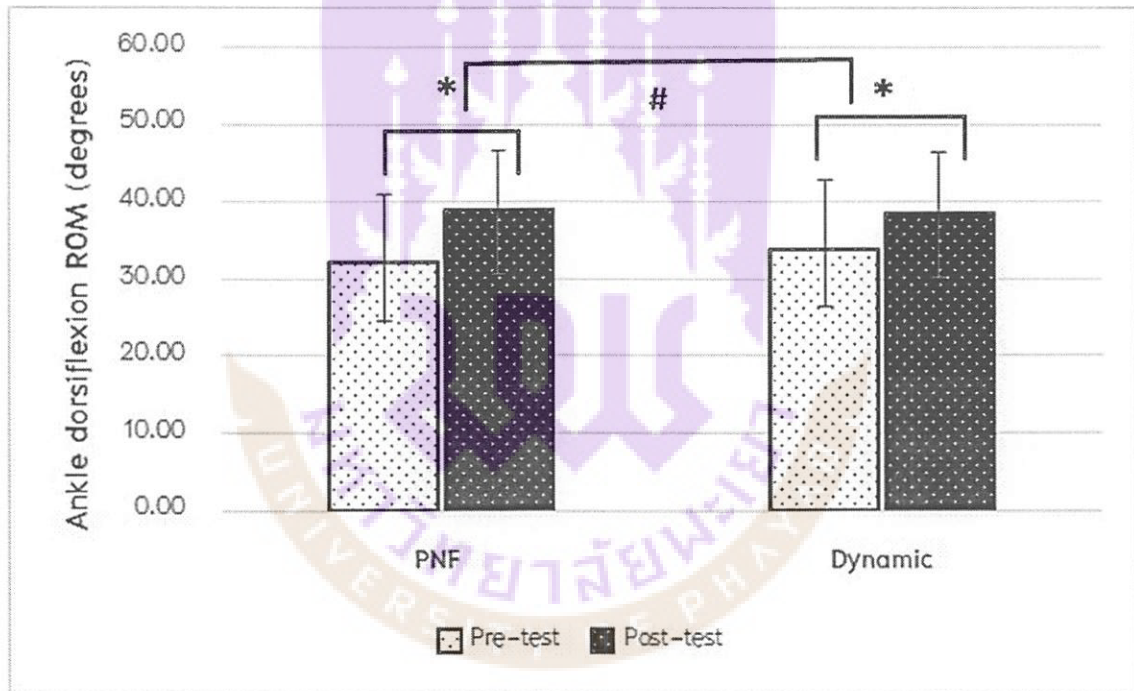
* $p < 0.01$

การเปรียบเทียบรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching)

จากการศึกษาการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) พบว่า SEBT Score และองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle dorsiflexion ROM) หลังการยืดกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการยืดกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำผลหลังการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างรูปแบบการยืดกล้ามเนื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (PNF stretching) เพิ่มขึ้นมากกว่าการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อระหว่างการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Stretching)

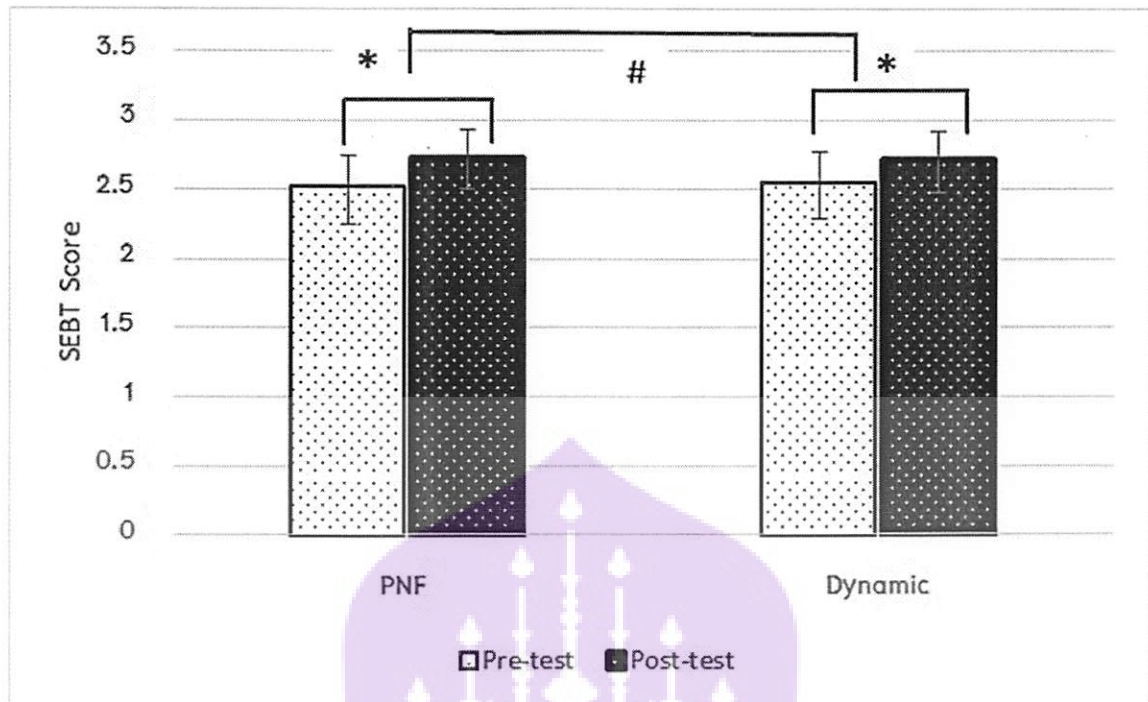
Variables	PNF	Dynamic	P-value
SEBT Score	0.21±0.11	0.16±0.17	0.16
Anterior direction	0.18±0.15	0.15±0.19	0.51
Posteromedial direction	0.23±0.18	0.19±0.18	0.38
Posterolateral direction	0.22±0.21	0.13±0.25	0.11
Ankle dorsiflexion ROM (degree)	6.82±4.00	4.71±4.67	0.06



* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$

ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปที่ 13 กราฟแสดงองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ



* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$

ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

รูปที่ 14 แสดงความสามารถในการทรงตัว (SEBT Score) ก่อนและหลังการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ



บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลเฉียบพลันของการยืดกล้ามเนื้อของตอองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง โดยเปรียบเทียบผลก่อนการยืดกล้ามเนื้อและผลหลังการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 2 รูปแบบ คือการยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching; PNF stretching) ที่ได้จากการวัดองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้าในท่า Weight bearing lunge position โดยใช้ Fluid inclinometer เป็นเครื่องมือในการวัด และทดสอบการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวโดยการทดสอบ Star Excursion Balance Test (SEBT) ในอาสาสมัครเพศหญิงวัยทำงานที่สวมใส่รองเท้าส้นสูง อายุ 21 – 45 ปี จำนวน 28 คน ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลข้อมูลมาวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษาดังต่อไปนี้

จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีการเพิ่มขึ้นขององศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้า และมีค่าคะแนนการทดสอบการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหว (SEBT Score) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังทำการยืดกล้ามเนื้อทั้ง 2 รูปแบบ คือการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation ; PNF) ($p < 0.01$) และการยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ($p < 0.01$) การยืดกล้ามเนื้อที่มีผลทำให้การเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากทั้งปัจจัยทางระบบประสาท (Neurological factors) และปัจจัยทางกลศาสตร์ (Mechanical factors) โดยปัจจัยทางระบบประสาทนั้นการยืดทำให้เกิดการยับยั้งการทำงานของรีเฟล็กซ์ (Reflex activity) โดยผ่านตัวรับรู้ Golgi tendon organ [41] นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าการยืดมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ Muscle-Tendon unit อีกด้วย อภิวัตน์ อมาตยกุล [31] กล่าวว่า ขณะยืดกล้ามเนื้อจะเกิดการกระตุ้นที่ Muscle spindle และ Golgi tendon organ ทำให้เกิดกลไก 3 กลไก คือ Stretch reflex, Reciprocal inhibition และ Autogenic inhibitor ดังนั้นการยืดกล้ามเนื้อจึงส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นขององศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเพิ่มขึ้น ส่วนปัจจัยทางด้านกลศาสตร์ การยืดกล้ามเนื้อที่มีการส่งแรง (Force transmission) อัตราการส่งแรง (Rate of force transmission) และอัตราการเปลี่ยนแปลงความยาว (Length) หรือแรงดึงตัว (Tension) การยืดจึงทำให้เกิดการหย่อนตัวของเนื้อเยื่อส่วนที่ยืดหยุ่นได้ (Elastic component) [42] แต่เมื่อนำผลหลังการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบมาเปรียบเทียบกัน พบว่าผลหลังการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้นี้

สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching; PNF stretching) และการยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงช่วงการเคลื่อนไหว (ROM) ที่เพิ่มขึ้นและให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wang และคณะ [16] ที่ศึกษาถึงผลกระทบของการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching) และการยืดกล้ามเนื้อขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) ต่อองศาการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่าง การทรงตัวขณะอยู่นิ่ง (Static balance) และการทรงตัวขณะมีการเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ซึ่งพบว่าองศาการเคลื่อนไหวของการงอสะโพก การเหยียดเข่า และการกระดกข้อเท้าขึ้นเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับการยืด โดยไม่ได้คำนึงถึงรูปแบบและชนิดของการยืดกล้ามเนื้อ อีกทั้งยังพบว่าการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบ ทำให้ระยะเวลาการก้าวทั้ง 3 ทิศทางของการทดสอบ SEBT ระยะการก้าวเพิ่มขึ้นทุกทิศทาง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ดีขึ้น ส่วนการยืดแบบคงค้าง (Static stretching) พบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาของ Rees และคณะ [15] ที่ศึกษาผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบกระตุ้นประสาทการรับรู้ของระบบประสาทกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching: PNF stretching) ต่อการยืดในหน่วยของกล้ามเนื้อและเอ็นกล้ามเนื้อ (Muscle-tendon unit) บริเวณข้อเท้าในเพศหญิง พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ จะเพิ่มความมั่นคงให้กับ Muscle-Tendon unit ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมกับการเคลื่อนไหวของข้อเท้า โดยหลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF พบว่า Muscle-Tendon unit ดึงตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการปรับตัวของการหดตัวของกล้ามเนื้อที่เท่ากันกับส่วนประกอบของการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเพิ่มช่วงการเคลื่อนไหวและเพิ่มความแข็งแรงได้ และการศึกษาของ Etnyre และคณะ [37] ที่ศึกษาวิธีการเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้า โดยเปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง (Static stretching) กับการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF ด้วยเทคนิค Contract-relax และ Contract-relax with antagonist contraction พบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF สามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวได้ดีกว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบคงค้าง และยังพบว่าการยืดกล้ามเนื้อแบบ PNF เทคนิค Contract-relax with antagonist contraction มีประสิทธิภาพดีกว่า

นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้ยังพบว่าหลังจากทำการยืดกล้ามเนื้อแบบทั้งสองรูปแบบมีผลทำให้ค่าคะแนนการทดสอบการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหว (SEBT Score) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหวด้วยการทดสอบ SEBT นี้ อธิบายได้จากการวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของการทดสอบนี้ที่อาศัยการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างทั้ง 3 ข้อต่อ คือ การงอข้อสะโพก (Hip flexion) การงอข้อเข่า (Knee flexion) และการกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion) ดังนั้น จากผลของการยืดกล้ามเนื้อแบบทั้งสองรูปแบบที่

ช่วยกล้ามเนื้ออ่อนงมีความยืดหยุ่นและทำให้องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างองศาการเคลื่อนไหวในการกระดกข้อเท้าขึ้นและคะแนนที่ได้จากการทดสอบ SEBT พบว่าทั้งสองตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง [17] ซึ่งแสดงให้เห็นว่าองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญและส่งผลต่อการทรงตัวของคนเราด้วยเป็นอย่างมาก

ดังนั้นการศึกษานี้สรุปได้ว่าการยืดกล้ามเนื้ออ่อนงด้วยการยืดกล้ามเนื้ออ่อนงแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching; PNF stretching) สามารถช่วงเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวในการกระดกข้อเท้าขึ้น (Ankle dorsiflexion) ได้ ซึ่งส่งผลตามมาต่อการเพิ่มขึ้นของความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว (Dynamic balance) ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตาม การยืดทั้งสองรูปแบบให้ผลที่ไม่แตกต่างกัน

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงผลเฉียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้ออ่อนงที่แตกต่างกันต่อองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง โดยวัดองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้าในท่า Weight bearing lunge position ซึ่งคล้ายคลึงกับการยืดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic stretching อาจทำให้ได้ข้อมูลเบี่ยงเบนไปจากข้อเท็จจริงทั้งโดยเจตนาหรือไม่เจตนา อย่างไรก็ตาม ผลของการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่าผลของการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบให้ผลที่ไม่แตกต่างกันทั้งองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ดังนั้นการวัดองศาการเคลื่อนไหวในท่า Weight bearing lunge position จึงไม่ได้ส่งผลต่อองศาที่วัดได้หลังจากการยืดกล้ามเนื้อแบบ Dynamic stretching แต่อย่างไรก็ตาม นอกจากนี้ ยังมีอีกหลายๆ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัว เช่น ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง (Lower limb muscles strength) การรับรู้ตำแหน่งของข้อต่อ (Proprioception) ความไวในการตอบสนองของระบบเวสติบูลาร์ (Vestibular response) เวลาปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction time) ซึ่งไม่ได้นำมาเป็นตัวแปรในการศึกษานี้

ดังนั้น หากมีการศึกษาในอนาคตอาจมีการศึกษาถึงผลเฉียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้ออ่อนงที่แตกต่างกันต่อองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว โดยใช้การวัดองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้าและการวัดการทรงตัวในรูปแบบที่ไม่คล้ายคลึงกับรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อ และทำศึกษาเปรียบเทียบผลการให้การรักษา

หรือการฝึกรูปแบบอื่นเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อความสามารถในการทรงตัวนอกเหนือไปจากองศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า หรือเปรียบเทียบการยืดกล้ามเนื้อระหว่างคนสวมใส่รองเท้าส้นสูงกับคนไม่สวมใส่รองเท้าส้นสูงเพื่อหาประสิทธิภาพของการยืดกล้ามเนื้อ

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาถึงผลเฉียบพลันของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันต่อองศาการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูงในอาสาสมัครเพศหญิงที่สวมรองเท้าส้นสูงในช่วงอายุ 21- 45 ปี พบว่ามีการเพิ่มขึ้นขององศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้าและการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหวดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังได้รับการยืดกล้ามเนื้อแบบมีการเคลื่อนไหว (Dynamic stretching) และการยืดแบบกระตุ้นระบบประสาทการรับรู้ของกล้ามเนื้อ (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation stretching; PNF stretching) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างการยืดกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันทั้งสองรูปแบบ ดังนั้นการยืดกล้ามเนื้อทั้งสองรูปแบบสามารถเพิ่มองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะที่มีการเคลื่อนไหวในเพศหญิงที่สวมใส่รองเท้าส้นสูงได้



เอกสารอ้างอิง

1. Edge Research. Public opinion research on foot health and care: Findings from a survey of 1000 US adults american podiatric medical association website 2014; [updated March 2014; cited 2014 28 November].
2. Yung-Hui L, Wei-Hsien H. Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Applied Ergonomics* 2005; 36(3): 355-62.
3. Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy* 1997; 77(10): 1090-6.
4. Barton CJ, Coyle JA, Tinley P. The effect of heel lifts on trunk muscle activation during gait: A study of young healthy females. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2009; 19(4): 598-606.
5. Opila-Correia KA. Kinematics of high-heeled gait. *Arch Phys Med Rehabil* 1990; 71(5): 304-9.
6. Guichet JM, Javed A, Russell J, Saleh M. Effect of the foot on the mechanical alignment of the lower limbs. *Clinical orthopaedics and related research* 2003; 193-201.
7. Dawson J, Thorogood M, Marks SA, Juszczak E, Dodd C, Lavis G, *et al.* The prevalence of foot problems in older women: a cause for concern. *Journal of public health medicine* 2002; 24(2): 77-84.
8. Kim Y , Lim J, Yoon B. Changes in ankle range of motion and muscle strength in habitual wearers of high-heeled shoes. *Foot & ankle international* 2013; 34(3): 414-9.
9. Kerrigan DC, Johansson JL, Bryant MG, Boxer JA, Della CU, Riley PO. Moderate-Heeled Shoes and Knee Joint Torques Relevant to the Development and Progression of Knee Osteoarthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2005; 86(5): 871-5.

10. Csapo R, Maganaris CN, Seynnes OR, Narici MV. On muscle, tendon and high heels. **The Journal of Experimental Biology** 2010; 213(15): 2582–8.
11. Gefen A, Megido–Ravid M, Itzchak Y, Arcan M. Analysis of muscular fatigue and foot stability during high–heeled gait. **Gait Posture** 2002; 15(1): 56–63.
12. Edwards L, Dixon J, Kent JR, Hodgson D, Whittaker VJ. Effect of shoe heel height on vastus medialis and vastus lateralis electromyographic activity during sit to stand. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research** 2008; 3: 2.
13. Cronin NJ, Barrett RS, Carty CP. Long–term use of high–heeled shoes alters the neuromechanics of human walking. **Journal of Applied Physiology** 2012; 112(6): 1054–8.
14. Mika A, Oleksy Ł, Mika P, Marchewka A, Clark BC. The influence of heel height on lower extremity kinematics and leg muscle activity during gait in young and middle–aged women. **Gait & Posture** 2012; 35(4): 677–80.
15. Rees SS, Murphy AJ, Watsford ML, McLachlan KA, Coutts AJ. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on stiffness and force–producing characteristics of the ankle in active women. **Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association** 2007; 21(2): 572–7.
16. Wang W. The Effects of Static Stretching Versus Dynamic Stretching on Lower Extremity Joint Range of Motion, Static Balance, and Dynamic Balance. University of Wisconsin–Milwaukee 2013.
17. Basnett CR, Hanish MJ, Wheeler TJ, Miriovsky DJ, Danielson EL, Barr JB, *et al.* Ankle dorsiflexion range of motion influences dynamic balance in individuals with chronic ankle instability. **Int J Sports Phys Ther** 2013; 8(2): 121–8.
18. Urban Dictionary. High Heel [Online] 2008 [cited 2008 Aug 17]. Available from: <http://thurbandictionarycom/definephp?term=high+heels>.
19. High Heels: สารพัดล้นสูง [ออนไลน์] 2553 [อ้างเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2553]. Available from: <http://anglo–societyblogspotcom/2010/11/high–heelshtml>.
20. How High Heels Affect Your Body [Online] Available from: <http://wwwthespinehealthinstitute.com/news–room/health–blog/how–high–heels–affect–your–body>.

21. de Koning CH, van den Heuvel SP, Staal JB, Smits-Engelsman BC, Hendriks EJ. Clinimetric evaluation of active range of motion measures in patients with non-specific neck pain: a systematic review. *Eur Spine J* 2008 Jul; 17(7): 905–21.
22. Konor MM, Morton S, Eckerson JM, Grindstaff TL. Reliability of three measures of ankle dorsiflexion range of motion. *Int J Sports Phys Ther* 2012 Jun; 7(3): 279–87.
23. Matthew C, Patrick O. Normative range of weight-bearing lunge test performance asymmetry in healthy adults. *Manual Therapy* 2011.
24. Bennell KL, Talbot RC, Wajswelner H, Techovanich W, Kelly DH, Hall AJ. Intra-rater and inter-rater reliability of a weight-bearing lunge measure of ankle dorsiflexion. *Aust J Physiother* 1998; 44(3): 175–180.
25. Suputtitada A. Fall in Elderly: Biomedical Approach [Online] 2010 [cited 2010 Feb 11]. Available from: <http://agingmdchulaacth/presentation/s9-2pdf>.
26. Kumban W, Amatachaya S, Peungsuwan P, Siritaratiwat W. Effects of sit to stand training on functional balance of children with Cerebral Palsy. *วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด* 2553; 22(3).
27. พงศ์บุรินทร์ ณ เชียงใหม่. Outcome of balance and agility training in 60–70 years elders using basic rhythmic gymnastics program in water. [การค้นคว้าแบบอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา]. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2551
28. Suteebut R, Kothan S, Prasartwuth O. Effects of Eccentric Muscle Training on Achilles Tendon Adaptation of Healthy Persons. *Thai Journal of Physical Therapy* 2011; 33(1).
29. Schuddinck D, AbdulKhadir S, Lowe R. Star Excursion Balance Test. **Evidence Based Practice**
30. Namee P, Horprasitgul C, Keawutan P. Effect of water-based and land-based group exercise on balance in Thai-women aged over 60 years old. *Thai Journal of Physical Therapy* 2011; 33(1).
31. อภิวัฒน์ อมาตยกุล. Comparison of acute effect of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and static stretching on motor performance in amateur male

- football players. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬา]. เชียงใหม่ : บัณฑิต: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2555
32. Understanding the Stretch Reflex (or Myotatic Reflex) [Online] Available from: <http://stretchcoach.com/articles/myotatic-stretch-reflex/>
 33. ทศพร พิชัยยา. **Intergrated approach to therapeutic exercise.** เอกสารประกอบการสอน ภาควิชากายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 34. Lee CM, Jeong EH, Freivalds A. Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2001; 28(6): 321-6.
 35. de Lateur BJ, Giaconi RM, Questad K, Ko M, Lehmann JF. Footwear and posture: Compensatory Strategies for Heel Height. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 1991; 70(5).
 36. Mika A, Oleksy Ł, Mika P, Marchewka A, Clark BC. The Effect of Walking in High-and Low-Heeled Shoes on Erector Spinae Activity and Pelvis Kinematics During Gait. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 2012; 91(5): 425-34.
 37. Etnyre BR, Abraham LD. Gains in range of ankle dorsiflexion using three popular stretching techniques. *American journal of physical medicine* 1986; 65(4): 189-96.
 38. Yuktasir B, Kaya F. Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 13(1): 11-21.
 39. Bouillon LE, Baker JL. Dynamic Balance Differences as Measured by the Star Excursion Balance Test Between Adult-aged and Middle-aged Women. *Sport Health* 2011: 466-9.
 40. Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Player. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006: 911-9.
 41. Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sørensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibility in human skeletal muscle. *J Physiol* 1996; 497(1): 291-98.

42. Behm DG, Bambury A, Cahill F, Power K. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(8): 1397-402.





ภาคผนวก



แบบสอบถามการเข้าร่วมการศึกษา

ชื่อ _____ สกุล _____

เพศ _____ อายุ _____

ID : _____ โทรศัพท์ _____

โรคประจำตัว _____

ประวัติการบาดเจ็บ _____

ประวัติการสวมใส่รองเท้าส้นสูง

ความสูงของส้น _____ cm

ระยะเวลาสวมใส่ _____ ชั่วโมง/สัปดาห์

ระยะเวลาสวมใส่ _____ ปี

ท่านยินดีที่จะเข้าร่วมการศึกษารั้งนี้

 ยินดี ไม่ยินดี

เวลาที่สะดวกในการเข้าร่วมการศึกษา _____





แบบบันทึกข้อมูลอาสาสมัคร

เลขประจำตัวอาสาสมัคร _____ วันที่ _____

เพศ ชาย หญิง อายุ _____ ปี

ที่อยู่ _____

โทรศัพท์ _____

โรคประจำตัว _____

ประวัติการบาดเจ็บ _____

ประวัติการใช้ยาและการดื่มเครื่องดื่ม _____

ขาข้างที่ถนัด

- คุณเตะบอลข้าง ขวา ซ้าย
- ขาข้างที่ก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ขวา ซ้าย
- ขาข้างที่ก้าวขึ้นบันไดก่อน ขวา ซ้าย

ข้อมูลสัดส่วนร่างกาย

น้ำหนักตัว _____ กิโลกรัม ส่วนสูง _____

เซนติเมตร

BMI _____

ความยาวต้นขา _____ เซนติเมตร ความยาวปลายขา _____

เซนติเมตร

ความยาวขา _____ เซนติเมตร

ประวัติการสวมใส่รองเท้าส้นสูง

ความสูงของส้นรองเท้า _____ เซนติเมตร

ความสูงพื้นส่วนหน้ารองเท้า _____ เซนติเมตร

ระยะเวลาการสวมใส่ _____ ชั่วโมง/สัปดาห์ _____ ปี

แบบบันทึกข้อมูลการทดสอบ Star Excursion Balance Test (SEBT)

Time / Direction	Pre				Post			
	1	2	3	Total	1	2	3	Total
Anterior								
Posteromedial								
Posterolateral								


แบบบันทึกข้อมูลองศาการเคลื่อนไหวการกระดกขึ้นของข้อเท้า (Ankle Dorsiflexion ROM)

Time	Pre			Post		
	1	2	Max	1	2	Max
Value						



ภาคผนวก ค

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

 <p style="text-align: center;">Institutional Review Board University of Phayao</p>	<p>หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วม โครงการวิจัยสำหรับอาสาสมัครอายุมากกว่า 20 ปีขึ้นไป (Informed Consent Form)</p>
--	---

การวิจัยเรื่อง ผลเทียบพลังของรูปแบบการยืดกล้ามเนื้อของที่แตกต่างกันต่อองค์การกระดูกสันหลังของข้อเท้าและความสามารถในการทรงตัวขณะเคลื่อนไหวในเพศหญิงวัยทำงานที่สวมรองเท้าส้นสูง

วันที่ให้คำยินยอม วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว.....

ที่อยู่.....

ได้อ่านรายละเอียดจากเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยวิจัยที่แนบมาฉบับวันที่.....

และข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยโดยสมัครใจ

ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารแสดงความยินยอมเข้าร่วมในโครงการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ลงนาม และ วันที่ พร้อมด้วยเอกสารข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ทั้งนี้ก่อนที่จะลงนามในใบยินยอมให้ทำการวิจัยนี้ ข้าพเจ้าได้รับการอธิบายจากผู้วิจัยถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ระยะเวลาของการทำวิจัย วิธีการวิจัย อันตราย หรืออาการที่อาจเกิดขึ้นจากการวิจัย หรือจากยาที่ใช้รวมทั้งประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยและแนวทางการรักษาโดยวิธีอื่นอย่างละเอียด ข้าพเจ้ามีเวลาและโอกาสเพียงพอในการซักถามข้อสงสัยจนมีความเข้าใจอย่างดีแล้ว โดยผู้วิจัยได้ตอบคำถามต่าง ๆ ด้วยความเต็มใจไม่ปิดบังซ่อนเร้นจนข้าพเจ้าพอใจ

ข้าพเจ้ารับทราบจากผู้วิจัยว่าหากเกิดอันตรายใด ๆ จากการวิจัยดังกล่าว ข้าพเจ้าจะได้รับการรักษาพยาบาลโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย(และระบุด้วยว่าจะได้รับการชดเชยจากผู้สนับสนุนการวิจัยหรือไม่...)

ข้าพเจ้ามีสิทธิที่จะบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมการวิจัยนี้ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ ที่ข้าพเจ้าจะพึงได้รับต่อไป

ผู้วิจัยรับรองว่าจะเก็บข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าเป็นความลับ และจะเปิดเผยได้เฉพาะเมื่อได้รับการยินยอมจากข้าพเจ้าเท่านั้น บุคคลอื่นในนามของบริษัทผู้สนับสนุนการวิจัย คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาอาจได้รับอนุญาตให้เข้ามาตรวจและประมวลผลข้อมูลของข้าพเจ้า ทั้งนี้จะต้องกระทำไปเพื่อวัตถุประสงค์เพื่อ

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเท่านั้น โดยการตกลงที่จะเข้าร่วมการศึกษานี้ข้าพเจ้าได้ให้คำยินยอมที่จะให้มีการตรวจสอบข้อมูลประวัติทางการแพทย์ของข้าพเจ้าได้

ผู้วิจัยรับรองว่าจะไม่มีการเก็บข้อมูลใด ๆ เพิ่มเติม หลังจากที่ข้าพเจ้าขอยกเลิกการเข้าร่วมโครงการวิจัยและต้องการให้ทำลายเอกสารและ/หรือ ตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบทั้งหมดที่สามารถสืบค้นถึงตัวข้าพเจ้าได้

ข้าพเจ้าเข้าใจว่า ข้าพเจ้ามีสิทธิ์ที่จะตรวจสอบหรือแก้ไขข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าและสามารถยกเลิกการให้สิทธิในการใช้ข้อมูลส่วนตัวของข้าพเจ้าได้ โดยต้องแจ้งให้ผู้วิจัยรับทราบ

ข้าพเจ้าได้ตระหนักว่าข้อมูลในการวิจัยรวมถึงข้อมูลทางการแพทย์ของข้าพเจ้าที่ไม่มีการเปิดเผยชื่อ จะผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การเก็บข้อมูล การบันทึกข้อมูลในแบบบันทึกและในคอมพิวเตอร์ การตรวจสอบ การวิเคราะห์ และการรายงานข้อมูลเพื่อวัตถุประสงค์ทางวิชาการ รวมทั้งการใช้ข้อมูลทางการแพทย์ในอนาคตหรือการวิจัยทางด้านเภสัชภัณฑ์ เท่านั้น

ข้าพเจ้าได้อ่านข้อความข้างต้นและมีความเข้าใจดีทุกประการแล้ว ยินดีเข้าร่วมในการวิจัยด้วยความเต็มใจ จึงได้ลงนามในเอกสารแสดงความยินยอมนี้

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง
วันที่เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า ยินยอม
 ไม่ยินยอม

.....ลงนามผู้ให้ความยินยอม
(.....) ชื่อผู้ยินยอมตัวบรรจง
วันที่เดือน.....พ.ศ.....