

การศึกษาลักษณะสั้นของร่องเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แร่งกตได้ฝ่าเท้า  
และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน



นายจิรายุ วงษ์ปัญญา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)  
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



A STUDY OF THE HEELS OF WORKING WOMEN SHOES ON THE LEG MUSCULAR  
FUNCTION FOOT PLANTAR PRESSURE AND GROUND REACTION FORCES  
DURING WALKING

Mr. Jirayu Wongpanya



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science  
Faculty of Sports Science  
Chulalongkorn University  
Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาลักษณะสันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน
โดย	นายจिरาย วังษ์ปัญญา
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.สุรสา ไค้่งประเสริฐ

---

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ชัย อินทிரากรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม  
(อาจารย์ ดร.สุรสา ไค้่งประเสริฐ)

.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดร.ณวรรณ สุขสม)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล)

จรรยา วงษ์ปัญญา : การศึกษาลักษณะสันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่เดิน (A STUDY OF THE HEELS OF WORKING WOMEN SHOES ON THE LEG MUSCULARFUNCTION FOOT PLANTAR PRESSURE AND GROUND REACTION FORCES DURING WALKING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ. ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.สุรสา ไค้งประเสริฐ, หน้า.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่เดิน กลุ่มตัวอย่างเป็นอาสาสมัครหญิงวัยทำงานที่มีอายุระหว่าง 20-40 ปี จำนวน 21 คน ทำการวัดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อในขณะที่เดิน ได้แก่ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus จำนวน 10 ก้าว ทำการวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้าทั้งสองข้างด้วยเซ็นเซอร์ที่สวมไว้ในรองเท้า จำนวน 10 ก้าว และทำการวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นด้วยการเดินเหยียบบนแผ่นวัดแรงด้วยเท้าข้างที่ถนัด จำนวน 3 รอบ โดยทำการสวมรองเท้า 5 คู่ ดังนี้ 5 แบบ คือ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ซึ่งได้มาจากผลสำรวจความนิยมการสวมรองเท้าสตรีวัยทำงาน วิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียวชนิดวัดซ้ำ หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเป็นรายคู่ ด้วยวิธีของบอนเฟอโรนี

ผลการวิจัย พบว่ารองเท้าแบบที่ 5 มีค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis สูงกว่ารองเท้าแบบที่ 1 และแบบที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา จังหวะสันเท้าสัมผัสพื้น เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 1 สูงกว่ารองเท้าแบบที่ 2, 3, 4 และ 5 รองเท้าแบบที่ 3 สูงกว่ารองเท้า แบบที่ 2 รองเท้าแบบที่ 3 สูงกว่ารองเท้าแบบที่ 4 และรองเท้าแบบที่ 5 สูงกว่ารองเท้าแบบที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในจังหวะที่ปลายเท้าถึงพื้น ค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้ายจังหวะสันเท้าสัมผัสพื้น รองเท้าแบบที่ 4 ต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 1 และแบบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจังหวะที่ปลายเท้าถึงพื้น รองเท้าแบบที่ 1 ต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และแรงปฏิกิริยาจากพื้นไม่พบความแตกต่างเป็นรายคู่อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปผลการวิจัย การสวมรองเท้าที่มีลักษณะสันต่างกันที่มีความสูงไม่เท่ากันมีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis แต่ไม่ส่งผลต่อกล้ามเนื้อ Biceps femoris, Gastrocnemius lateralis, Gastrocnemius medialis, Tibialis anterior และ Soleus ลักษณะสันและระดับความสูงของรองเท้าต่างกันมีผลต่อแรงกดใต้ฝ่าเท้า แต่ไม่มีผลต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้น

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา

ปีการศึกษา 2558

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

# # 5578402439 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: WORKING WOMEN SHOE/ ELECTROMYOGRAPHY/ FOOT PLANTAR PRESSURE/ GROUND REACTION FORCES

JIRAYU WONGPANYA: A STUDY OF THE HEELS OF WORKING WOMEN SHOES ON THE LEG MUSCULARFUNCTION FOOT PLANTAR PRESSURE AND GROUND REACTION FORCES DURING WALKING. ADVISOR: PROF. THANOMWONG KRITPET, Ph.D., CO-ADVISOR: SURASA KHONGPRASERT, Ph.D., pp.

The purpose of this research was to study the heels of working women shoes on the leg muscular function, foot plantar pressure and ground reaction force. The samples were working women aged 20-40 years old (N = 21) Volunteer with normal BMI were purposively recruited to participate in the study. Electromyographic responses in 6 muscle groups were assessed: biceps femoris, vastus lateralis, gastrocnemius lateralis, gastrocnemius medialis, tibialis, and soleus during 10 steps walking. Foot plantar pressure with sensor insole during 10 steps walking and ground reaction force working three times on force plate were also measured. The subjects wore 5 high-heeled shoes with different heel types: Type 1 flat heels; Type 2 two inches wedge heels; Type 3 two inches spool heels; Type 4 three inches wedge heels; and Type 5 three inches spool heels. The obtained data were analyzed in term of means and standard deviations, one-way analysis of variance with repeated measure as well as multiple comparisons by the Bonferroni method was used to compare data variability. The statistical significance of this study was accepted at  $p < .05$  level.

Results: Electromyographic amplitude of vastus lateralis muscle contraction was significantly higher in type 5 than in type 1 and type 2 ( $P < 0.05$ ). Right foot plantar pressure during heel strike was significantly higher in Type 1 than in Type 2, Type 3, Type 4 and Type 5; Type 3 higher than in Type 2; Type 3 higher than in Type 4; and Type 5 higher than Type 4 ( $P < 0.05$ ) and no any significances were found during toe off. Left foot plantar pressure during heel strike was significantly lower in Type 4 than Type 1 and Type 3 and during toe off Type 1 was significantly lower than Type 2, Type 3 and Type 4 ( $P < 0.05$ ). Ground reaction force was no any significance.

Conclusion: Wearing type 5 three inches spool heels resulted in higher vastus lateralis muscle contraction. The different type of heels and high-heeled shoes make difference in foot plantar pressure but not in ground reaction force.

Field of Study: Sports Science

Academic Year: 2015

Student's Signature .....

Advisor's Signature .....

Co-Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับคำแนะนำ คำปรึกษา และความเมตตากรุณา จากศาสตราจารย์ ดร.ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร์ และอาจารย์ ดร.สุรสา โควังประเสริฐ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต คณิงสุขเกษม รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม และนางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุลคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิด คำแนะนำและตรวจแก้ไข ปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้อง และมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำ ข้อคิดเห็นต่างๆที่ดีเสมอมา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่การทำวิจัย รวมทั้งให้ทุนสนับสนุนคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา สำหรับใช้ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ บุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและ ผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยทุกท่าน ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดีมาโดยตลอด และขอขอบคุณเพื่อนๆรวมทั้ง รุ่นพี่และรุ่นน้อง คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ให้คำแนะนำ ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยอบรมสั่งสอน ให้กำลังใจ และความปรารถนาดี รวมทั้งการสนับสนุนทางด้านการศึกษา และการดำเนินชีวิต ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาเป็นอย่างยิ่ง คุณค่า และประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงขอมอบเป็นเครื่องบูชา พระคุณของผู้มีพระคุณทุกท่าน



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ฐ
สารบัญแผนภูมิ.....	ฑ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
คำถามการวิจัย .....	3
สมมติฐานของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	4
คำจำกัดความของการวิจัย.....	4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง.....	6
ชนิดและรูปแบบของสันรองเท้าสตรี .....	6
ลักษณะเท้า .....	8
องค์ประกอบของกล้ามเนื้อลาย .....	9
กล้ามเนื้อขา (Muscles of lower extremities) ประกอบไปด้วย .....	10
การทำงานของกล้ามเนื้อขาในวงจรการเดิน (Gait cycle) .....	12

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography).....	16
แรงกดใต้ฝ่าเท้า (Foot plantar pressures).....	16
แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force).....	17
ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19
งานวิจัยในประเทศ .....	19
งานวิจัยต่างประเทศ .....	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
ประชากร.....	26
ตอนที่ 1 สำรองการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน .....	26
กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....	26
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	27
ตอนที่ 2 การทดลองลักษณะสั้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ ขา แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่เดิน.....	28
กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....	28
ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	29
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	32
การวิเคราะห์ทางสถิติ .....	32
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
ตอนที่ 1 จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของ ผู้ตอบแบบสำรวจพฤติกรรมการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน .....	34
ตอนที่ 2 จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของ กลุ่มตัวอย่าง .....	41

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของผลการทดลองลักษณะ สันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขาข้างที่ถนัด แแรงกดใต้ฝ่า เท้าของเท้าทั้ง 2 ข้าง และแรงปฏิกิริยาจากพื้น ในขณะที่เดิน ด้วยรองเท้า ทั้ง 5 แบบ แบบ ที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็ม สูง 3 นิ้ว และ แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว หากพบความแตกต่าง จึงทำการ เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์นี.....	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ.....	58
สรุปผลการวิจัย.....	58
ผลการวิจัยพบว่า .....	59
อภิปรายผลการวิจัย.....	60
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	62
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป .....	62
.....	63
รายการอ้างอิง .....	63
ภาคผนวก ก ใบรับรองโครงการวิจัย ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากร และแบบสำรวจการสวม รองเท้าของสตรีวัยทำงาน.....	68
ภาคผนวก ข แบบสอบถามอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย.....	77
ภาคผนวก ค ผลการประเมินในการตรวจค่าความตรงเชิงเนื้อหา .....	78
ภาคผนวก ง เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัย.....	81
ภาคผนวก จ ภาพแสดงตำแหน่งการติดเซ็นเซอร์ EMG เฉพาะกล้ามเนื้อขา 6 มัดตาม หมายเลข 1 – 6 .....	85
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ .....	87

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน .....	34
ตารางที่ 2 จำนวน ค่าร้อยละ ของลักษณะสัณร่องเท้าสตรีวัยทำงาน .....	35
ตารางที่ 3 จำนวน ค่าร้อยละ ของความสูงของสัณร่องเท้าสตรีวัยทำงานที่สวมรองเท้าทำงาน .....	36
ตารางที่ 4 จำนวน ค่าร้อยละของ เบอร์ร่องเท้าสตรีวัยทำงานของผู้ตอบแบบสำรวจ .....	37
ตารางที่ 5 จำนวน ค่าร้อยละ ของวัสดุของสัณร่องเท้าสตรีวัยทำงานของผู้ตอบแบบสำรวจ .....	38
ตารางที่ 6 จำนวน ค่าร้อยละ ของบริเวณรอยสึกของสัณร่องเท้าสตรีวัยทำงาน.....	38
ตารางที่ 7 จำนวน ค่าร้อยละ ของระยะเวลาในการสวมรองเท้าสตรีวัยทำงานเฉลี่ยต่อวัน.....	39
ตารางที่ 8 จำนวน ค่าร้อยละ ของอาการบาดเจ็บจากการสวมรองเท้าสตรี .....	39
ตารางที่ 9 จำนวน ค่าร้อยละ เหตุผลการเลือกรองเท้าสตรีในการสวมทำงาน.....	40
ตารางที่ 10 จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของ กลุ่มตัวอย่าง.....	41
ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว.....	42
ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของร้อยละของแอมพลิจูด คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้า กลางสูง 3 นิ้ว.....	44
ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้า กล้ามเนื้อ Vastus lateralis เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์นีย์ ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และ แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว.....	44

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของร้อยละของแอมพลิจูด  
 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius medialis ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้น  
 แบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และ  
 แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว..... 45

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้า  
 กล้ามเนื้อ Gastrocnemius medialis เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้า  
 ทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้น  
 เต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 46

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของร้อยละของแอมพลิจูด  
 คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Soleus ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็ม  
 สูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง  
 3 นิ้ว..... 47

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดการหดตัวของ  
 กล้ามเนื้อ Soleus เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1  
 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และ  
 แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว..... 47

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา นิวตันต่อตาราง  
 เซนติเมตร จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) และจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off)  
 ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว  
 แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว..... 48

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้าง  
 ขวาในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง  
 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็ม  
 สูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 49

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา จังหวะที่ส้น  
 เท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี  
 ขณะเดินด้วยรองเท้า 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง  
 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 49

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร จังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) และจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ของรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 51

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้ายในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 52

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว..... 52

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย จังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 54

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ในจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว..... 54

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาจากพื้น นิวตัน จากเท้าข้างที่ถนัด จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) และจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ของรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 56

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นนิวตัน จากเท้าข้างที่ถนัด จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ของรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ..... 57

## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 ลักษณะส้น Stiletto heels .....	7
รูปที่ 2 ลักษณะส้น Wedge heels .....	7
รูปที่ 3 ลักษณะส้น Flat heels.....	7
รูปที่ 4 ลักษณะส้น Spool /Louis heels .....	7
รูปที่ 5 ลักษณะส้น Cone heels .....	8
รูปที่ 6 ลักษณะส้น Block heels.....	8
รูปที่ 7 การแบ่งประเภทของเท้าแบบอยู่กับที่ (Kraushaar Daniel, 2015).....	8
รูปที่ 8 การแบ่งประเภทของเท้าแบบเคลื่อนไหว (Kraushaar Daniel, 2015) .....	9
รูปที่ 9 กล้ามเนื้อขา (Martini, 2005) .....	11
รูปที่ 10 วงจรการเดินของมนุษย์ Gait cycle (Nordin and Frankel, 2012) .....	14
รูปที่ 11 ลักษณะการวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้า.....	17
รูปที่ 12 ลักษณะของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน (Larson, 2012) .....	18
รูปที่ 13 รองเท้า 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว .....	28
รูปที่ 14 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรด surface EMG ทั้ง 6 มัด กล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus .....	31

## สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย .....	25
แผนภูมิที่ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิฟูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis ในขณะเดิน ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว.....	45
แผนภูมิที่ 3 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว .....	50
แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว .....	53
แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย ในจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ รองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว.....	55



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมื่อสตรีเข้าสู่ช่วงวัยทำงาน ต้องมีการปรับเปลี่ยนบุคลิกภาพในการแต่งกายให้มีความเหมาะสมกับหน้าที่การงาน นอกจากเสื้อผ้า หน้า ผม แล้วสิ่งที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ รองเท้า โดยปกติจุดประสงค์ของการสวมรองเท้าก็เพื่อปกป้องเท้าจากอันตรายภายนอก และรองเท้ายังสามารถช่วยเสริมบุคลิกภาพและเพิ่มความมั่นใจ ให้กับผู้สวมด้วย ปัจจุบันรองเท้าได้มีการออกแบบและพัฒนาารูปแบบต่างๆมากมาย โดยเฉพาะรองเท้าของสุภาพสตรีที่มีให้เลือกอย่างมากมายในท้องตลาด ทั้งรูปแบบ รูปทรง ความสูง และลักษณะของส้น ซึ่ง ศุภฤกษ์ ทิมอัน (2550) กล่าวถึงลักษณะส้นของรองเท้ามีหลายแบบ เช่น ส้นเข็ม(Stiletto heels) ส้นเตี้ย (Wedge heels) ส้นแบน( Flat heels) ส้นเว้ากลาง (Spool /Louis heels) ส้นทรงรูปโคน (Cone heels) และส้นกล่อง (Block heels) เป็นต้น อย่างไรก็ตามรองเท้าที่ไม่เหมาะสมกับเท้าอาจสร้างปัญหาได้ เพราะเท้าเป็นอวัยวะที่ต้องรับน้ำหนักของร่างกาย จึงต้องให้ความสำคัญและดูแลรักษาเท้าให้ดี การเลือกสวมรองเท้าที่เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับเท้าผู้สวมจึงมีความสำคัญ เนื่องจากอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความผิดปกติของเท้า หรืออาจทำให้เกิดการบาดเจ็บจากการสวมรองเท้าขึ้นได้ Frey et al. (1993) ได้ทำการสำรวจการใช้รองเท้าของสตรีในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าร้อยละ 80 เคยเกิดการบาดเจ็บจากการสวมรองเท้า การสวมรองเท้าส้นสูง รองเท้าหัวเล็กบีบปลายเท้า ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างของเท้า และร่างกายในระยะยาว ไม่ว่าจะเป็นมุมของข้อเท้า สมดุลของร่างกายที่เปลี่ยนไป แนวกระดูกสันหลังแอ่นไปด้านหน้ามากขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น (Lee et al., 2001) สตรีที่สวมรองเท้าทำงานเป็นประจำอาจหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องมีการเดินไปมาในชีวิตการทำงานประจำวัน โดยวงจรการเดินของมนุษย์ตามปกติจะแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง คือ 1) ช่วงรับน้ำหนัก (Stance phase) คือ ช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของวงจรการเดิน 2) ช่วงแกว่งขา (Swing phase) เป็นช่วงที่ขาแกว่งพ้นพื้น คิดเป็นร้อยละ 40 ของวงจรการเดิน โดยการเดินต้องอาศัยกล้ามเนื้อหลายมัดในการทำงาน (Vaughan et al.,1999)

การทดสอบรองเท้ามีด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ การทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ ในขณะที่สวมรองเท้า เนื่องจากกล้ามเนื้อเป็นอวัยวะตอบสนองที่สำคัญของร่างกายการทำงานของกล้ามเนื้อเกิดร่วมกับระบบประสาท (Reflex responses) (ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร, 2555) การวัดคลื่นไฟฟ้า คือ การวัดคลื่นไฟฟ้าของการหดตัวของกล้ามเนื้อเป็นความสามารถในการวัดการกระทำของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าและส่งผ่านสัญญาณเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าดังกล่าวไปตามเส้นประสาทใยกล้ามเนื้อ การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) หรือ EMG เป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อโดยตรงเพื่อการศึกษากล้ามเนื้อนั้นถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) เพื่อสะท้อนค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ Xiaoxiang and Yaodong (2012) ได้ทำการศึกษาการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของสตรีที่สวมรองเท้าส้นสูงที่ต่างกันโดยได้วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา 5 มัด คือ 1) Tibialis anterior 2) Gastrocnemius medial 3) Gastrocnemius lateral 4) Soleus และ 5) Biceps femoris โดยให้สวมรองเท้าที่มีความสูง 4 ระดับ 1.0, 4.5, 7.5 และ 10 เซนติเมตร โดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในขณะที่เดินรำในจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าความสูงของส้นรองเท้า 10 เซนติเมตรมีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อที่สูงขึ้นส่งผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าเร็วขึ้น การวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้า (Foot plantar pressures) เป็นการบ่งชี้การทำงานของเท้าในขณะที่เดินหรือกิจกรรมอย่างอื่น เพื่อทราบการรองรับของแรงที่เกิดจากเท้ากระทำกับพื้น ใต้ฝ่าเท้า เช่น การยืน การเดิน การวิ่ง เป็นต้น เพื่อการวิเคราะห์หาบริเวณพื้นที่ที่เกิดแรงกด Nyska et al., (1996) ได้ทำการศึกษาผลของการเดินด้วยรองเท้าส้นสูงที่มีผลต่อการกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้า แล้วพบว่ารองเท้าส้นสูงทำให้เท้ามีภาระเพิ่มขึ้น และมีแรงกดไปอยู่บริเวณกลางเท้าฝ่าเท้า และด้านข้างของเท้า แสดงให้เห็นการลดลงของพื้นที่สัมผัส ซึ่งมีแรงกดสูงสุดบริเวณปลายเท้าสูงขึ้น ด้วยแรงกดที่สูงขึ้นบริเวณปลายอาจทำให้มีความผิดปกติหรือบาดเจ็บของเท้าได้ การวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น คือแรงสะท้อนกลับจากการที่มีแรงกระทำจากร่างกายลงไปสู่พื้น จะมีแรงสะท้อนกลับไปยังพื้นผิวของร่างกายที่สัมผัสกับพื้น ตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตันมาใช้ คือ ถ้ามีแรงกิริยา (Action force) กระทำกับวัตถุ ย่อมทำให้เกิดแรงปฏิกิริยา (Reaction force) ขึ้น เท่ากับแรงกิริยาและมีทิศทางตรงข้ามเสมอ โดยการวัดค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นจะใช้แผ่นวัดแรง (Force platform) เป็นเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น เพื่อวัดค่าแรงปฏิกิริยาที่ส่งไปยังแผ่นวัดแรง Stefanyshyn et al.,

(2000) ได้ทำการศึกษาผลการสวมรองเท้าส้นสูงกับรองเท้าส้นแบนที่มีผลต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้น พบว่ารองเท้าที่มีส้นสูงซึ่งมีค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นเพิ่มขึ้น

เนื่องด้วยอิทธิพลของแฟชั่นและสื่อต่างๆ ที่เข้ามามีบทบาทกับคนในปัจจุบันเป็นอย่างมาก โดยส่งผลถึงการเลือกซื้อรองเท้าตามกระแสแฟชั่น ด้วยรองเท้าสตรีมีการจัดจำหน่ายให้เลือกซื้อ มากมายหลายยี่ห้อ ต่างรูปแบบ รูปทรง และระดับความสูงของส้นรองเท้า ซึ่งลักษณะส้นของรองเท้า สตรีที่มีจำหน่ายในท้องตลาดก็มีความหลากหลาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาลักษณะของส้นรองเท้า ที่แตกต่างกันในขณะที่สวมใส่ที่ส่งผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อไฟฟ้ากล้ามเนื้อเนื้อขา แรกกดใต้ฝ่าเท้า และ แรงปฏิกิริยาจากพื้น เพื่ออธิบายถึงการทำงานของกล้ามเนื้อ แรกกดที่เกิดขึ้น และแรงกระทำที่ส่งผล มายัง ข้อต่อและกล้ามเนื้อ ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับข้อเสื่อมหรือโรคที่เกี่ยวกับระบบกระดูก กล้ามเนื้อในอนาคตได้ และเพื่อเป็นข้อมูลและแนวทางในการเลือกซื้อรองเท้าของสตรีได้อย่าง เหมาะสม

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะส้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อเนื้อขา แรกกด ใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่เดิน

#### คำถามการวิจัย

ลักษณะส้นของรองเท้าที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อเนื้อขา แรกกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยา จากพื้น แตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

#### สมมติฐานของการวิจัย

ลักษณะส้นของรองเท้าที่แตกต่างกันมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อเนื้อขา แรกกดใต้ฝ่าเท้าและ แรงปฏิกิริยาจากพื้น แตกต่างกันในขณะที่เดิน

## ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะเปรียบเทียบลักษณะสันของรองเท้าสตรีทำงาน (ผู้วิจัยสั่งตัดรองเท้า คัดชูที่มีวัสดุชนิดเดียวกัน ลักษณะหัวของปลายรองเท้าเป็นเหลี่ยม และสันรองเท้าทำด้วยพลาสติก) ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นขณะเดิน

### ประชากร

เพศหญิงอายุระหว่าง 20-40 ปี ที่มีดัชนีมวลกายระหว่าง 18.50 – 22.99 กิโลกรัม/ตารางเมตร ในเขตกรุงเทพมหานคร

ตัวแปรต้น สันของรองเท้าที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 ลักษณะ (ได้จากการสำรวจการสวมรองเท้าของหญิงวัยทำงาน)

ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

- คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา (Electromyographic); EMG ในขณะเดิน
- แรงกดใต้ฝ่าเท้า (Foot plantar pressures) ในขณะเดิน
- แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) ในขณะเดิน

การเก็บข้อมูล

1. ความเร็วในการเดินให้เป็นไปตามถนนของแต่ละบุคคล
2. กล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus

## คำจำกัดความของการวิจัย

**สันของรองเท้าสตรี** หมายถึง ส่วนที่อยู่บริเวณสันของรองเท้า แบ่งออกได้หลายรูปแบบ รูปทรง และระดับความสูงของสันรองเท้าสตรี ในการวิจัยครั้งนี้ได้รูปแบบจากการสำรวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงานในลักษณะรองเท้าคัทชู มี 3 ลักษณะสันรองเท้าแบ่งเป็นสันแบน สันเต็ม สันเว้ากลาง และแบ่งออกเป็นรองเท้า 5 คู่ คือ 1) สันแบน 2) สันเต็มสูง 2 นิ้ว 3) สันเว้ากลางสูง 2 นิ้ว 4) สันเต็มสูง 3 นิ้ว และ 5) สันเว้ากลางสูง 3 นิ้ว เป็นแบบหุ้ม สัน ปิดปลายเท้า ขนาดเบอร์ 36 และ 37 EU

**การทำงานของกล้ามเนื้อขาในขณะเดิน** หมายถึง กล้ามเนื้อเป็นส่วนสนับสนุนให้การเดินเป็นไปอย่างปกติ กล้ามเนื้อจะมีการใช้งานมากที่สุดคือจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของในช่วงแกว่งขา (swing phase) แสดงให้เห็นว่าหน้าที่หลักของกล้ามเนื้อในระหว่างเดินคือการเร่งและการชะลอขา

**คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ** หมายถึง กระแสไฟฟ้าหรือสัญญาณคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขณะที่กล้ามเนื้อหดตัว ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของศักย์ไฟฟ้าบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ เนื่องจากผ่านของไอออนต่างๆ เข้าออกเซลล์กล้ามเนื้อ (Nigg & Herzog, 1994)

**แรงกดใต้ฝ่าเท้า** (Foot plantar pressures) หมายถึง แรงกดที่เกิดจากการกระทำของเท้า ในขณะที่เดินเพื่อทำให้ทราบถึงบริเวณที่เกิดแรงกดของเท้า ในขณะที่เท้ากระทำกับพื้น

**แรงปฏิกิริยาจากพื้น** (Ground reaction force) หมายถึง แรงจากพื้นที่สะท้อนกลับจากแรงกระทำของวัตถุ ซึ่งมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ และมีทิศทางตรงข้ามกับแรงเสมอ ตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน เช่นในขณะที่เดินเมื่อเท้าสัมผัสพื้นเท้าจะส่งแรงไปสู่พื้นและพื้นจะสะท้อนแรงมาสู่เท้าเช่นกัน

### **ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย**

1. ทำให้ทราบถึงการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในการสวมรองเท้าสตรีที่ลักษณะสันแตกต่างกันในการเดิน
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกลักษณะสันรองเท้าและความสูงของรองเท้าสตรีในการทำงานได้ เหมาะสมยิ่งขึ้น
3. ได้องค์ความรู้ใหม่และเป็นความรู้พื้นฐานในการวิจัยต่อไป

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาลักษณะสันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้โดยได้นำเสนอตั้งหัวข้อหลักต่อไปนี้

#### ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

- ชนิดและรูปแบบของส้นรองเท้าสตรี
- ลักษณะเท้า
- องค์ประกอบของกล้ามเนื้อขา
- กล้ามเนื้อขา (Muscles of lower extremities)
- การทำงานของกล้ามเนื้อขาของวงจรการเดิน (Gait cycle)
- คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography)
- แรงกดใต้ฝ่าเท้า (Foot plantar pressures)
- แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force)

#### ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- งานวิจัยภายในประเทศ
- งานวิจัยในต่างประเทศ

#### ก. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

#### ชนิดและรูปแบบของส้นรองเท้าสตรี

หมายถึง ส่วนที่อยู่บริเวณสันของรองเท้าและเป็นส่วนประกอบสำคัญของรองเท้า โดยส้นรองเท้าของสตรีมีลักษณะที่แบ่งออกได้หลายรูปแบบ รูปทรง ระดับความสูงของส้นรองเท้า และวัสดุที่ใช้ทำส้นรองเท้า ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบรองเท้า (Lee, 2011; Almodovar, 2009) โดยในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งส้นรองเท้าออกเป็น 6 ลักษณะหลัก ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. Stiletto heels ส้นมีลักษณะ เลี้ยว เล็ก บริเวณส้นที่สัมผัสกับพื้นมีขนาดไม่เกิน 0.4 ตารางนิ้ว



รูปที่ 1 ลักษณะส้น Stiletto heels

2. Wedge heels มีลักษณะพื้นรองตั้งแต่ส้นเท้าถึงปลายเท้าเรียบไปกับพื้นและยกส้นเท้าขึ้น



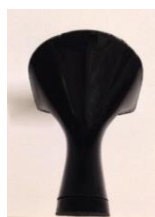
รูปที่ 2 ลักษณะส้น Wedge heels

3. Flat heels ส้นมีลักษณะ ไม่มีความสูงของส้น เรียบเสมอกับพื้นเท้า



รูปที่ 3 ลักษณะส้น Flat heels

4. Spool /Louis heels บริเวณส่วนกลางของส้นมีลักษณะแคบ ส่วนบนและส่วนที่สัมผัสกับพื้นมีขนาดกว้าง



รูปที่ 4 ลักษณะส้น Spool /Louis heels

5. Cone heels ส้นมีลักษณะกลมโล่ระดับจากใหญ่ไปถึงเล็กลงมาสู่บริเวณที่สัมผัสกับพื้น



รูปที่ 5 ลักษณะส้น Cone heels

6. Block heels ส้นจะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมมีขนาดใหญ่รับส้นเท้าไปถึงบริเวณที่สัมผัสกับพื้น



รูปที่ 6 ลักษณะส้น Block heels

### ลักษณะเท้า

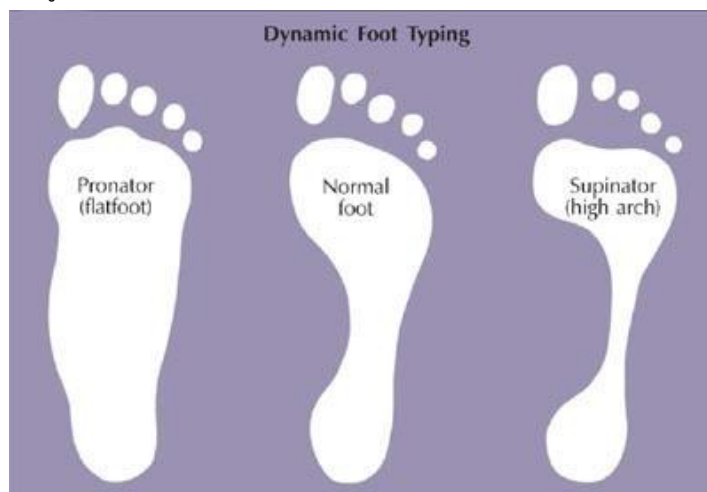
โครงสร้างเท้าของแต่ละบุคคลค่อนข้างไม่ซ้ำกัน และสามารถแตกต่างกันในบุคคลคนเดียวได้ การประเมินผลทางวิทยาศาสตร์ของประเภทของเท้าข้างหนึ่งอาจจะเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนต้องใช้อุปกรณ์ที่มีเทคโนโลยีสูง แต่ส่วนใหญ่เราสามารถทำการประเมินโดยทั่วไปที่มีความแม่นยำ ด้วยการประเมินแบบอยู่กับที่ สังเกตจากความสูงโค้งของฝ่าเท้าด้วยสายตา ดังรูปที่ 7 โดยที่ไม่ต้องทิ้งน้ำหนักไปที่เท้าเช่น การนั่งทิ้งเท้าไปที่พื้นแล้วสังเกต ลักษณะเท้าแบ่งได้เป็น 3 ประเภท 1. อู้งเท้าสูง 2. อู้งเท้าปกติ 3. อู้งเท้าแบน



รูปที่ 7 การแบ่งประเภทของเท้าแบบอยู่กับที่ (Kraushaar Daniel, 2015)



การประเมินแบบการเคลื่อนไหวเป็นการประเมินเท้าในขณะที่เดินหรือวิ่ง ซึ่งมีความน่าเชื่อถือกว่าการประเมินแบบอยู่กับที่ซึ่งวิธีการประเมินด้วยตนเองสามารถทำได้ง่ายๆ เช่น การใช้กระดาษวางบนสีฝุ่น แล้วเดินหรือวิ่งบนกระดาษที่วางไว้จะแสดงให้เห็นเป็นลักษณะเท้า เป็นต้น สามารถประเมินประเภทของเท้าได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 การแบ่งประเภทของเท้าแบบเคลื่อนไหว (Kraushaar Daniel, 2015)

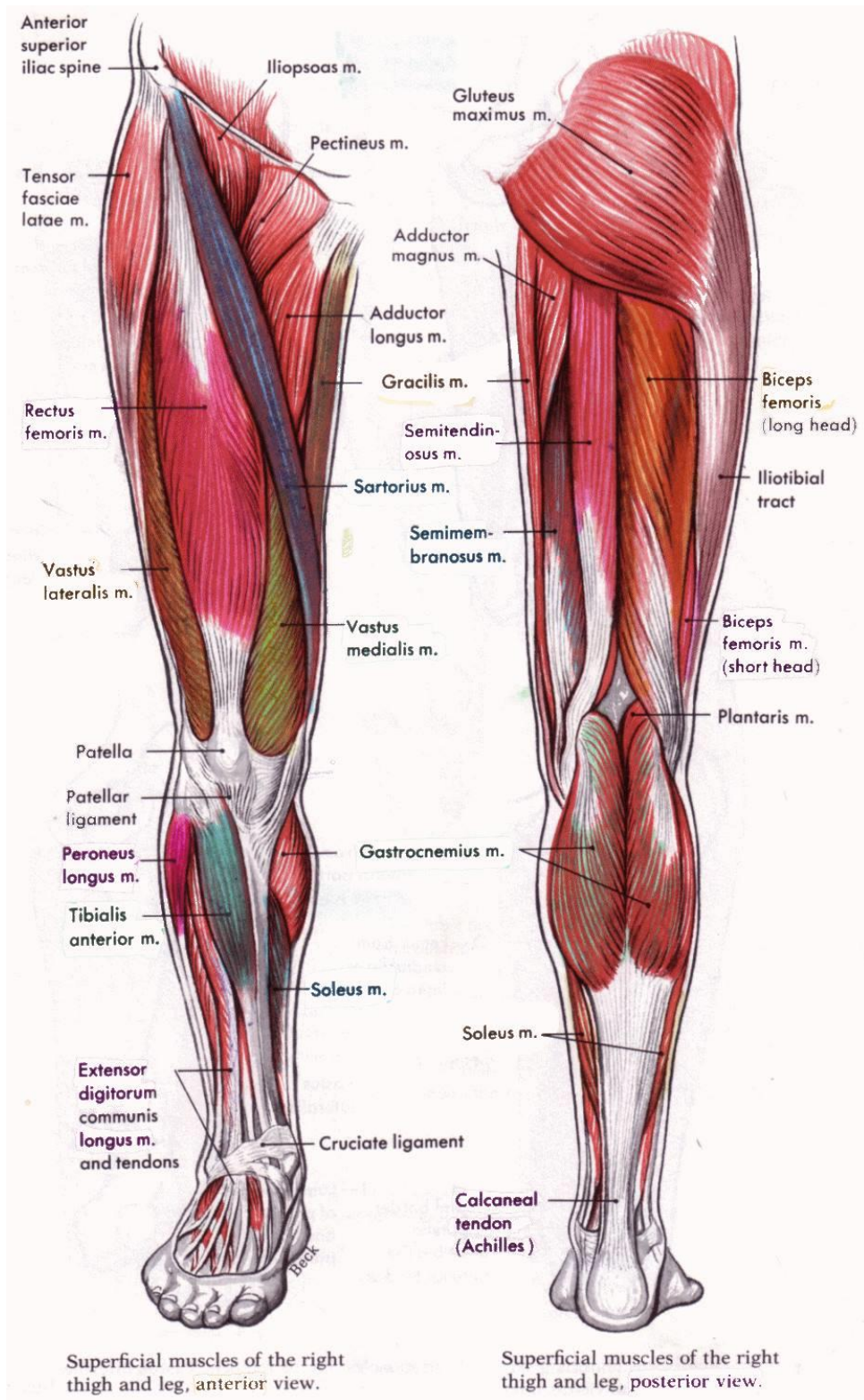
### องค์ประกอบของกล้ามเนื้อลาย

ประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อ (Muscle Fibers) แต่ละเส้นใยจะถูกกระตุ้นโดยเส้นประสาทมอเตอร์ (Motor neuron) ผ่านทางจุดประสานประสาทกล้ามเนื้อ (Neuromuscular junction) โดยประสาทมอเตอร์หนึ่งเซลล์ที่อยู่ใน anterior horns ของไขสันหลัง ไปยังกลุ่มของใยกล้ามเนื้อที่ถูกกระตุ้นโดยประสาทหน่วยยนต์เดียวกันเรียกว่า หน่วยยนต์ (motor unit) ดังนั้นเมื่อมีคำสั่งจากประสาทมอเตอร์มายังจุดประสานประสาทกล้ามเนื้อจะเกิดศักย์ไฟฟ้าการทำงาน ของกล้ามเนื้อลายขึ้น (EMG) แล้วจึงมีการหดตัวของกล้ามเนื้อ กลไกจะทำงานร่วมกันเพื่อที่จะสร้างแรง การหดตัว ซึ่งถือว่าการหดตัวภายใต้อำนาจจิตใจ ประกอบด้วย 1). firing frequency คือคำสั่งที่มาจากประสาทมอเตอร์ว่ามีความถี่มากน้อยแค่ไหน (ถี่มากเป็นการกระตุ้นให้กล้ามเนื้อทำงานมาก) และ 2). recruitment ของ motor unit คือจำนวนหน่วยยนต์ที่ถูกสั่งให้ทำงาน (กล้ามเนื้อจำนวนมากเท่าใด) หน่วยยนต์แต่ละหน่วยแตกต่างกันในเรื่องขนาด recruitment order และ firing rate ลำดับของ motor unit recruitment ยังเป็นการทำงานของชนิดใยกล้ามเนื้อและขนาดของกล้ามเนื้ออีกด้วย ใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 1 ซึ่งถูกรู้จักว่าเป็น slow twitch fibers จะถูก recruited เป็นอันดับแรก ตามด้วยใยกล้ามเนื้อชนิดที่ 2 fast twitch fibers การเพิ่มขึ้นของ firing frequency หรือ จำนวนของหน่วยยนต์ที่ถูก recruited เป็นสาเหตุของการเพิ่มขึ้นของแรงในการหดตัวของ

กล้ามเนื้อ ในเวลาเดียวกัน ปฏิกริยาซึ่งกันและกัน ของ firing rate และ recruitment ปรากฏขึ้น เพื่อที่จะช่วยให้เกิดความราบเรียบของผลลัพธ์ของแรงกล้ามเนื้อเพื่อชดเชยสำหรับธรรมชาติที่แยกกัน ของกระบวนการซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยแรงที่เพิ่มขึ้นจากการกระตุก(twitches) ของใยกล้ามเนื้อแต่ละอัน ที่แตกต่างกัน สำหรับเหตุผลนี้ แรงไม่สามารถคงที่ได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมเหล่านี้ หน่วยยนต์ ปฏิบัติตามหลักการของขนาด และแสดงให้เห็นปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนโดยทั่วไปในหน้าที่การทำงานของมัน ภายใต้หลักการของขนาดหน่วยที่เล็กกว่าจะถูก recruit ก่อนหน่วยที่ใหญ่กว่า firing rate เฉลี่ยของส่วนที่ recruit ไม่ได้มีค่าสูงกว่าสำหรับการหดตัวแบบ isometric (หดเกร็ง) isotonic (หดสั้น) ที่ถูกคงไว้ firing rate ของหน่วยยนต์ลดลงอย่างทำนองเดียวกับฟังก์ชันของเวลา สำหรับการหดตัวแบบ isometric ในระดับ submaximal ที่ยาวนาน พบว่า recruitment ของ motor unit อันใหม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากหดตัวที่นานขึ้น นอกจากนี้ตามปรากฏการณ์ของการซับซ้อนต่างๆไป ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นพร้อมกันของ firing rate ของหน่วยยนต์ถูกสังเกตได้ภายในกล้ามเนื้อ และแม้แต่การกระทำของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกันที่บริเวณข้อต่อเดียวกัน(วรยา แสงเงิน และ สมศรี ดาวฉาย, 2553)

### กล้ามเนื้อขา (Muscles of lower extremities) ประกอบไปด้วย

1. กล้ามเนื้อสะโพก (Muscle of the buttock) เป็นกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนไหวของต้นขา
2. กล้ามเนื้อต้นขา (Muscle of the thigh) เป็นกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ช่วยในการงอและเหยียดกล้ามเนื้อต้นขาและปลายขา ประกอบด้วย
  - 2.1 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า
  - 2.2 กล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง
3. กล้ามเนื้อปลายขา (Muscle of the legs) มีหน้าที่กระดกปลายเท้าและเหยียดนิ้วเท้า ประกอบด้วย
  - 3.1 กล้ามเนื้อปลายขาด้านหน้า
  - 3.2 กล้ามเนื้อปลายขาด้านหลัง
4. กล้ามเนื้อเท้า (Muscle of the foot) มีหน้าที่ช่วยค้ำจุนและเคลื่อนไหวขณะเดินหรือวิ่ง และเหยียดนิ้วเท้า



รูปที่ 9 กล้ามเนื้อขา (Martini, 2005)

## การทำงานของกล้ามเนื้อขาในวงจรการเดิน (Gait cycle)

วงจรการเดินของมนุษย์เริ่มจากส้นเท้าข้างหนึ่งสัมผัสพื้นและสิ้นสุดเมื่อเท้าอีกข้างหนึ่งสัมผัสพื้น คิดเป็นหนึ่งวงจร แบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง (กานดา ใจภักดี, 2542; เฉลิมพล คงเขียว, 2553) คือ

1. ช่วงรับน้ำหนัก (Stance phase) คือ ช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้น คิดเป็นร้อยละ 60 ของวงจรการเดิน และช่วงนี้จะแบ่งได้อีก 5 ระยะดังนี้

1.1 ระยะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) กล้ามเนื้อที่ทำงานในระยะนี้คือ

-กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ได้แก่ Vastus lateralis, Vastus medialis, Rectus femoris เป็นต้น ทำหน้าที่เหยียดเข่า

-กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteal) ได้แก่ Gluteus maximus, Gluteus medius, Gluteus minimus เป็นต้น ทำหน้าที่เหยียดสะโพกให้ส้นเท้ากดกับพื้น

-กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Hamstrings) ได้แก่ Biceps femoris long/short, Semitendinosus เป็นต้น ทำหน้าที่ช่วยเหยียดสะโพกให้ส้นเท้ากดกับพื้น

-กลุ่มกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง (Extensor/flexor digitorum longus) Tibialis anterior, Fibularis longus, Soleus, Gastrocnemius เป็นต้น ทำให้เท้ากระดกพื้นพื้น

1.2 ระยะที่เท้าทั้งหมดวางราบกับพื้น (Foot flat) เป็นระยะเวลาสั้นๆ

1.3 ระยะเท้าที่สัมผัสกับพื้น (Mid Stance) รับน้ำหนักของร่างกายทั้งหมดในแนวศูนย์กลางของร่างกาย ผ่านหลังข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า ระยะนี้จะสิ้นสุดเมื่อส้นเท้าพ้นจากพื้น กล้ามเนื้อที่ทำงานในระยะนี้คือ

- กลุ่มกล้ามเนื้อข้อต่อสะโพกส่วนใน (Iliac) ได้แก่ Iliopsoas, Iliacus เป็นต้น ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ข้อสะโพก เหยียดมากเกินไป

- กลุ่มกล้ามเนื้อสะโพก (Gluteal) ได้แก่ Gluteus maximus, Gluteus medius, Gluteus minimus เป็นต้น ทำให้กระดูกเชิงกรานอยู่ในระดับ ไม่เอียงไปข้างใดข้างหนึ่ง และไม่เสียหลักง่าย

- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ได้แก่ Vastus lateralis, Vastus medialis, Rectus femoris เป็นต้น ทำหน้าที่เหยียดเข่าตรง

- กลุ่มกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง (Extensor/flexor digitorum longus) Tibialis anterior, Peroneus longus, Soleus, Gastrocnemius เป็นต้น ทำหน้าที่ให้ฝ่าเท้าแนบพื้น

1.4 ระยะที่ส้นเท้าสูงจากพื้น (Heel off) ลำตัวเอนไปด้านหน้ากล้ามเนื้อที่ทำงานในระยะนี้ คือ

- กลุ่มกล้ามเนื้อข้อต่อสะโพกส่วนใน (Iliac) ได้แก่ Iliopsoas, Iliacus เป็นต้น ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ข้อสะโพก เหยียดมากเกินไป

- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง(Hamstrings) ได้แก่ Biceps femoris long/short, Semitendinosus เป็นต้น ทำหน้าที่ไม่ให้เข่างอเร็วเกินไป

- กลุ่มกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง (Extensor/flexor digitorum longus) Tibialis anterior, Peroneus longus, Soleus, Gastrocnemius เป็นต้น ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าลง

1.5 ระยะที่ปลายเท้าถีบกับพื้น (Toe off) หรือ (Push off) เพื่อดันตัวไปข้างหน้า กล้ามเนื้อที่ทำงานในระยะนี้คือ

- กลุ่มกล้ามเนื้อข้อต่อสะโพก (Gluteal) ได้แก่ Gluteus maximus, Gluteus medius, Gluteus minimus เป็นต้น ทำหน้าที่เหยียดสะโพก

- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Quadriceps) ได้แก่ Vastus lateralis, Vastus medialis, Rectus femoris ทำหน้าที่ไม่ให้เข่างอเร็วเกินไป

กลุ่มกล้ามเนื้อ ขาส่วนล่าง (Extensor/flexor digitorum longus) Tibialis anterior, Peroneus longus, Soleus, Gastrocnemius เป็นต้น ทำหน้าที่ให้ข้อเท้าเหยียดไปข้างหน้า

2. ช่วงแกว่งขา (Swing phase) เป็นช่วงที่ขาแกว่งพ้นพื้น ในปกติคิดเป็นร้อยละ 40 ของ วงจรการเดิน แบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ

2.1 ระยะมีอัตราเร่ง (Acceleration) คือระยะที่ขาเหยียดไปข้างหน้าด้วยความเร็วจาก แรงเฉื่อย เพื่อให้ก้าวเท้าต่อไป กล้ามเนื้อที่ทำงานระยะนี้คือ

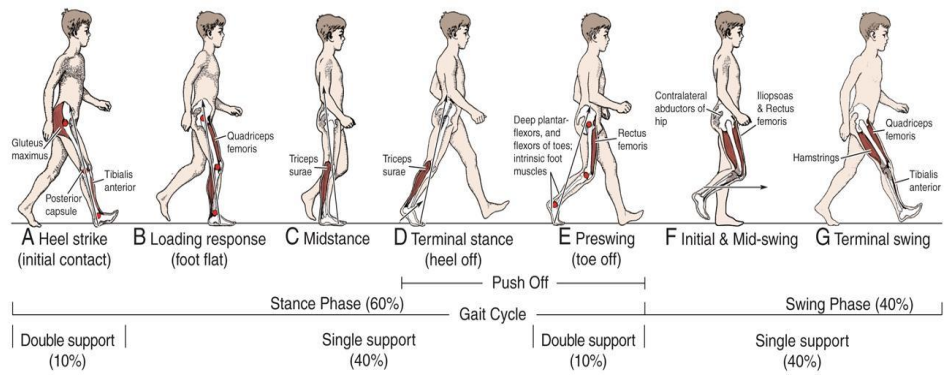
- กลุ่มกล้ามเนื้อ ข้อต่อสะโพก ทำหน้าที่เหยียดและงอสะโพกเพื่อเหยียดขาไป ข้างหน้า

- กลุ่มกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า(Quadriceps) ได้แก่ Vastus lateralis, Vastus medialis, Rectus femoris ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เข่างอเร็วเกินไป

- กลุ่มกล้ามเนื้อขาส่วนล่าง (Extensor/flexor digitorum longus) Tibialis anterior, Peroneus longus, Soleus, Gastrocnemius ทำให้ข้อเท้ากระดกขึ้นเพื่อไม่ให้ปลายเท้าแตะพื้น

2.2 ระยะที่ขากำลังแกว่งลอยมาอยู่ที่ใต้ลำตัว (Mid swing) คือ การทำงานของ กล้ามเนื้อเหมือนกับระยะมีอัตราเร่ง (Acceleration)

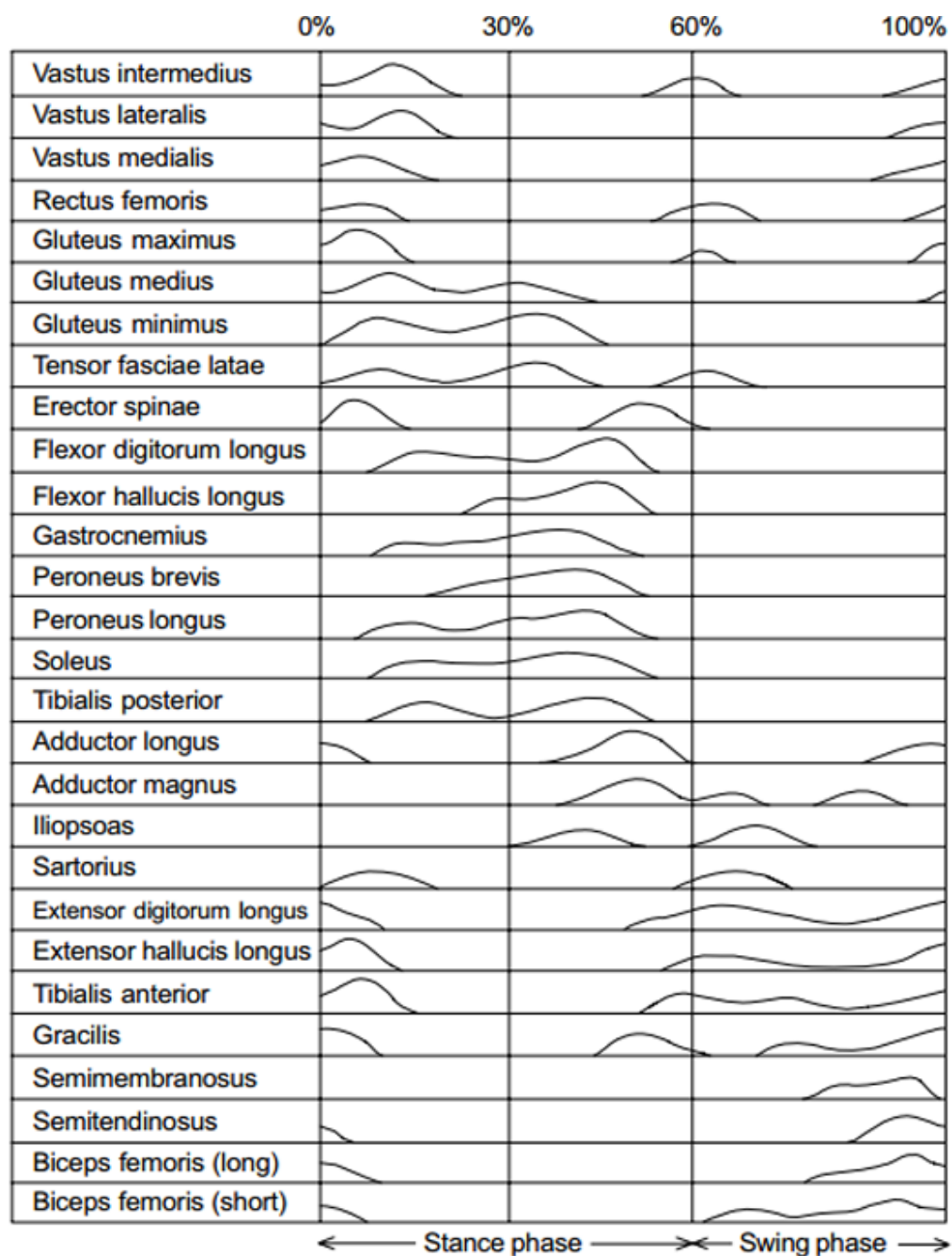
2.3 ระยะลดอัตราเร่ง (Deceleration) คือระยะที่ขาถูกเหยียดไปข้างหน้าจากแรงของ กล้ามเนื้อในสองระยะแรก และมีการลดอัตราเร่งของขาลง เพื่อเข้าสู่ ช่วงรับน้ำหนัก (Stance phase) อีกครั้งเป็นวงจรใหม่ต่อไป



รูปที่ 10 วงจรการเดินของมนุษย์ Gait cycle (Nordin and Frankel, 2012)



การแสดงผลการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา 28 มัดในขณะเดินปกติ (Vaughan et al., 1999)



โดยการวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษากล้ามเนื้อดังนี้

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1) Biceps femoris          | 4) Gastrocnemius medialis |
| 2) Vastus lateralis        | 5) Tibialis anterior      |
| 3) Gastrocnemius lateralis | 6) Soleus                 |

## คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography)

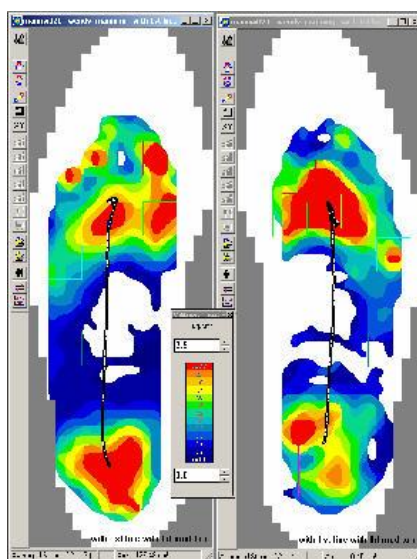
การวัดกิจกรรมทางไฟฟ้าของการหดตัวของกล้ามเนื้อ มีความสามารถในการวัดการกระทำของกล้ามเนื้อ กล้ามเนื้อจัดเป็นเนื้อเยื่อที่ไวต่อสิ่งเร้า สามารถสร้างสัญญาณไฟฟ้าและส่งผ่านสัญญาณเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าดังกล่าวไปตามเส้นประสาทใยกล้ามเนื้อ การตรวจคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ หรือ EMG เป็นเทคนิคที่ใช้ตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าที่สร้างจากเส้นประสาทและกล้ามเนื้อโดยตรงเพื่อการศึกษาวิจัย กล้ามเนื้อนั้นถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทสั่งการ (Motor neuron) โดยการวัดค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมักนิยมใช้การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อชนิดพื้นผิว sEMG (Surface Electromyography) เนื่องจากทำได้ง่ายและสะดวก เพื่อสะท้อนค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ค่าพารามิเตอร์ Root mean squares (RMS) ของสัญญาณ EMG ถูกพิจารณาว่าเป็นพารามิเตอร์ที่น่าเชื่อถือมากที่สุด การเพิ่มขึ้นของค่า RMS เป็นการประเมินความล้าที่มากขึ้นได้ถูกรายงานไว้ในหลายงานวิจัย (สุธีรา เตชะวัฒน์ และ ธิดา ตักตระกูลไพศาล, 2555)

## แรงกดใต้ฝ่าเท้า (Foot plantar pressures)

การวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้าเป็นการบ่งชี้การทำงานของฟังก์ชันการทำงานของเท้าและข้อต่อ ในขณะที่เดินหรือกิจกรรมอย่างอื่น เพื่อทราบการรองรับของแรงที่เกิดจากเท้ากระทำกับพื้นที่ใต้ฝ่าเท้า เช่น การยืน การเดิน การวิ่ง เป็นต้น เพื่อการวิเคราะห์หาบริเวณพื้นที่ที่เกิดแรงกด เป็นที่ทราบกันว่าการวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้า ช่วยให้ทราบการปฏิสัมพันธ์ของเท้ากับสภาพแวดล้อมในระหว่างการเคลื่อนไหว ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะวินิจฉัยปัญหาเท้าในช่วงเริ่มต้นสำหรับการป้องกันการบาดเจ็บ การจัดการความเสี่ยงและคุณภาพชีวิต วิธีการหนึ่งที่จะวัดสุขภาพเท้าที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการใช้งานต่างๆจะตรวจสอบความดันลักษณะฝ่าเท้า โดยจะใช้อุปกรณ์สำหรับวัดแรงกดที่ใต้ฝ่าเท้ามีลักษณะเป็นแผ่นเซ็นเซอร์ (Sensors) ที่ใส่ไว้ในรองเท้า สามารถทำการศึกษาวินิจฉัยและวินิจฉัยแรงกดของเท้าหรือรูปแบบการกระจายแรงกด ดังรูปที่ 13 ในหลายการศึกษา พบว่ามีแรงกดใต้ฝ่าเท้าที่บริเวณส้นเท้าสูงขึ้นที่บริเวณส้นเท้าเมื่อสวมรองเท้าส้นสูง (Henderson and Piazza, 2001)

$$\text{Pressure}(p) = \frac{\text{Force}(N)}{\text{Area}(\text{cm}^2)}$$





รูปที่ 11 ลักษณะการวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้า

### แรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force)

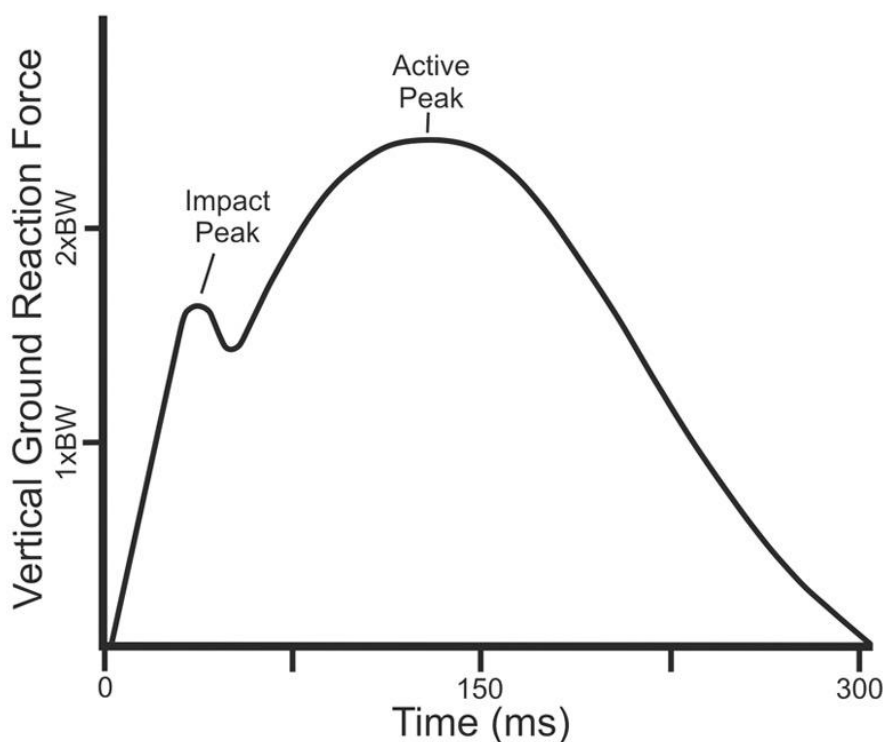
แรงสะท้อนกลับจากการที่มีแรงกระทำจากร่างกายลงไปสู่พื้น จะมีแรงสะท้อนกลับไปยังพื้นผิวของร่างกายที่สัมผัสกับพื้น ตามทฤษฎี กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน คือ ถ้ามีแรงกิริยา (Action force) กระทำกับวัตถุ ย่อมทำให้เกิดแรงปฏิกิริยา (Reaction force) ขึ้น เท่ากับแรงกิริยาและมีทิศทางตรงตรงข้ามเสมอ โดยการวัดค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นจะใช้แผ่นวัดแรง (Force platform) เป็นเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นแผ่น เพื่อวัดค่าแรงปฏิกิริยาที่ส่งไปยังแผ่นวัดแรง

ลักษณะของแรงปฏิกิริยาจากพื้น (Ground reaction force) ขณะเดิน ในจังหวะที่เท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) จะเกิดแรงปฏิกิริยาที่พื้นกระทำต่อเท้าสูงสุดหรือ Impact peak ซึ่งเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 0.05 วินาที นับจากจังหวะที่เท้าสัมผัสพื้น จากนั้นจะมีค่าลดลงและจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งในระยะเท้าถีบพื้นไปด้านหน้า (Toe off) หรือ (Push off) จะเกิดแรงปฏิกิริยาที่พื้น Active peak ดังรูปที่ 14 (Whittle, 1999)

แรงปฏิกิริยาจากพื้นมีองค์ประกอบ 3 ทิศทางคือ

1. ทิศทางในแนวตั้ง (Vertical force =  $F_z$ )
2. ทิศทางในแนวหน้า-หลัง (Antero-posterior force =  $F_y$ )
3. ทิศทางในแนวด้านในและแนวด้านนอก (Medio-lateral force =  $F_x$ )

แรงทั้ง 3 ทิศทางนี้จะตั้งฉากซึ่งกันและกัน และรวมกันเป็นแรงทิศทางเดียวที่กระทำต่อร่างกาย  
งานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยทำการศึกษาเฉพาะทิศทางแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง



รูปที่ 12 ลักษณะของแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน (Larson, 2012)

แรงปฏิกิริยาจากพื้น จะถูกส่งผ่านไปยังกระดูกและเนื้อเยื่อที่เท้า ข้อเข่า ต้นขา ข้อสะโพก กระดูกเชิงกราน และหลังส่วนกลาง (ตามลำดับ) เมื่อแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งมีปริมาณมากก็จะนำไปสู่การเพิ่มแรงกระทำในข้อต่อ กล้ามเนื้อ และเกิดการบาดเจ็บได้ ร่างกายมีการป้องกันแรงกระทำที่เกิดขึ้นโดยมีการปรับท่าทางแนวของขา เช่น การงอเข่า และลักษณะของชั้นเนื้อเยื่อไขมันบริเวณส้นเท้า รวมถึงข้อต่อที่มีคุณสมบัติของความยืดหยุ่นหนืด ร่างกายมีเนื้อเยื่อที่มีคุณสมบัติของความยืดหยุ่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชั้นเนื้อเยื่อไขมันส่วนส้นเท้าที่มีประสิทธิภาพการลดแรงกระทำ ดูดซับแรงกระแทกและกระจายแรงได้ดี การใช้วัสดุในรองเท้าหรือในพื้นที่รองเท้าที่มีความยืดหยุ่นทำให้การทำหน้าที่ของร่างกายถูกควบคุมจึงเป็นผลทำให้รองเท้าทำหน้าที่แทนคล้ายกับเนื้อเยื่อส่วนส้นเท้า จากการศึกษาพบว่าชั้นเนื้อเยื่อไขมันบริเวณส้นเท้าปกติหนาประมาณ 10 - 20 มิลลิเมตร เมื่อรับแรงกดจากช่วงที่ส้นเท้าสัมผัสพื้นชั้นเนื้อเยื่อไขมันบริเวณส้นเท้าจะมีความหนาจะมี

ค่าลดลงประมาณ 3 – 8 มิลลิเมตร เมื่ออายุมากขึ้นและมีการใช้งานของชั้นเนื้อเยื่อไขมันมากเกินไป จะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเนื้อเยื่อ รวมถึงทำให้ความหนาของชั้นเนื้อเยื่อไขมันบริเวณสันเท้า ลดลง เป็นผลให้ความสามารถในการดูดซับการกระแทกลดลง ดังนั้นส่วนของสันรองเท้าจึงมีความสำคัญอย่างมากเพราะเนื้อเยื่อไขมันบริเวณสันเท้าสามารถช่วยลดแรงกระแทกหรือกระจายแรงกระแทกขณะเท้าสัมผัสพื้น

แรงปฏิกิริยาจากพื้นสามารถวัดได้จากแผ่นวัดแรง (Force platform) ซึ่งเป็นเครื่องมือทางชีวกลศาสตร์การวัดหรือการทดสอบแรงปฏิกิริยาจากพื้นจากการเดิน การวิ่ง การกระโดด เป็นต้น เพื่อศึกษาแรงปฏิกิริยาที่ส่งไปยังแผ่นวัดแรง มีค่าเป็นเท่าไร เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับการศึกษาในด้านคิเนติกส์ ใน 3 ทิศทาง คือ แนว แกน X, Y และ Z เป็นเครื่องมือที่มีความละเอียดสูง แปรปรวนต่ำ เทียงตรง และแม่นยำ ในบางการศึกษาพบว่า ไม่พบความแตกต่างของการสวมรองเท้าในสันสูงที่มีผลต่อแรงปฏิกิริยาจากพื้น อย่างไรก็ตามบางการศึกษา พบว่าเมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูงของสัน พบว่าค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นมีค่าสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Cronin, 2014)

## ข. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### งานวิจัยในประเทศ

ลลิตา โรจนธรรมณี (2547) ได้ทำการศึกษา รองเท้าสันสูงในชีวิตประจำวัน ที่ส่งผลกับโครงสร้างของร่างกาย และส่วนต่างของร่างกายที่มีความสัมพันธ์กัน รองเท้าอาจเป็นสาเหตุที่ส่งผลต่อท่าทางที่ไม่ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รองเท้าที่มีความสูงของสันที่สูงเกินไป ซึ่งการสวมรองเท้าสันสูง ทำให้สมดุลของร่างกายเปลี่ยนแปลง ร่างกายต้องปรับให้สมดุลเพื่อให้ทรงตัวอยู่ได้ โดยจะส่งผล การดูดข้อต่อ กล้ามเนื้อต้องรับภาระมาก โดยความสูงของรองเท้าที่สวมเป็นประจำต้องพอเหมาะกับเท้า

ชวนพิศ บุญเกิด (2548) พบว่าค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นจากการสวมรองเท้าสันสูงในขณะที่เดินด้วยความเร็วคงที่ที่ระดับความสูงของสันรองเท้า 7.62, 6.35, 5.08 และ 3.81 เซนติเมตร และเท้าเปล่ามีค่าสูงขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น ผลการศึกษาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลัง หลังจากที่ได้เดินด้วยรองเท้าสันสูง 30 นาที พบว่ามีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้าและด้านหลัง พบว่าขณะเดินด้วยรองเท้าสันสูงมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นตามลำดับความสูงของสันรองเท้า

ศุภฤกษ์ ทิมอัน (2550) ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการเลือกซื้อรองเท้าของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน พบว่าโดยเฉลี่ยผู้หญิงจะมีรองเท้า 6-10 คู่/ คน ซึ่งผู้ชายจะมีรองเท้า 1-5 คู่/ คน และพบว่าผู้หญิงส่วนใหญ่จะซื้อรองเท้าเพราะตามแฟชั่น โดยให้ความสำคัญกับรูปแบบ รูปทรงของรองเท้ามากที่สุด โดยให้ความสำคัญกับความสบายรองลงมา

รณพร สุวรรณานต์ (2551) ได้ทำการศึกษาการโฆษณาทางวิทยุโทรทัศน์ที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรองเท้าสตรี โดยทำการสำรวจผู้หญิงวัยทำงานอายุ 20-40 ปี ในห้างสรรพสินค้าเขตกรุงเทพมหานคร 400 คน พบว่า อันดับ 1 คือ ราคา เป็นสิ่งที่ทำให้ตัดสินใจซื้อมากที่สุด อันดับ 2 คือ ความเหมาะสมของการใช้งาน อันดับ 3 ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพ อันดับ 4 มีอายุการใช้งานยาวนาน อันดับ 5 ผลลัพธ์ที่ใส่สบาย จะเห็นได้ว่าการเลือกซื้อรองเท้าของผู้หญิงไทยยังไม่ใส่ใจในการเลือกรองเท้าที่มีถูกสุขลักษณะของเท้าเท่าที่ควร

รุ่งนภา เศรษฐโกมล (2554) ได้ทำการเปรียบเทียบมุมควอดโตรเซ็ปส์ที่ระดับความสูงของส้นเท้าที่ต่างกันในประเทศหญิงปกติ โดยทำการวัดมุมควอดโตรเซ็ปส์ ที่ความสูงของส้นเท้า 0, 1.5 และ 3 นิ้ว อาสาสมัครเพศหญิงจำนวน 54 คน พบว่ามุมควอดโตรเซ็ปส์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับความสูงของส้นเท้าเพิ่มสูงขึ้น สามารถทำให้แรงกดทางด้านนอกบนผิว Patellofemoral joint เพิ่มขึ้น และแรงกดที่เพิ่มสูงขึ้นนี้อาจทำให้เกิดอาการปวดเข่าในภายหลัง

#### งานวิจัยต่างประเทศ

Nyska et al., (1996) ได้ทำการศึกษาผลของการเดินด้วยรองเท้าส้นสูงที่มีผลต่อการกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้า โดยทำการศึกษาผู้หญิงปกติ 10 คน สวมรองเท้าส้นเตี้ยถูกนำมาเปรียบเทียบกับรองเท้าส้นสูง แสดงให้เห็นว่ารองเท้าส้นสูงทำให้เท้ามีภาระเพิ่มขึ้น และมีแรงกดไปอยู่บริเวณกลางเท้าฝ่าเท้า และส่วนปลายเท้า (Hallux) แสดงให้เห็นการลดลงของพื้นที่สัมผัส ซึ่งมีแรงกดสูงสุดบริเวณด้านที่อยู่ตรงกลางของเท้าสูงขึ้น ด้วยแรงกดที่สูงขึ้นบริเวณกลางเท้าอาจทำให้มีความผิดปกติของเท้าได้

Stefanyshyn et al., (2000) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการสวมรองเท้าส้นสูงที่มีผลต่อกลศาสตร์การเคลื่อนไหว และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการเดินโดยทำการทดลอง การสวมรองเท้า 4 ระดับความสูง 1.4, 3.7, 5.4 และ 8.5 เซนติเมตร โดยใช้ผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นเพศหญิงสุขภาพดี

จำนวน 13 คน พบว่า มีค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้งในจังหวะสั้นเท้าสัมผัสพื้น มีค่าสูงที่สุด เมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูง 3.7 เซนติเมตร และ ต่ำที่สุดเมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูง 1.4 และ 8.5 เซนติเมตร และพบว่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ของกล้ามเนื้อ Soleus, Rectus femoris และ Peroneus longus สูงขึ้นเมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูงตั้งแต่ 3.7 เซนติเมตร

Henderson and Piazza (2001) (Henderson P. D. & Piazza S. J., 2001b) (Henderson P. D. & Piazza S. J., 2001b) ได้ทำการเปรียบเทียบ เท้าเปล่ากับ รองเท้าที่มีลักษณะสันแบนที่มีความสูง 1 เซนติเมตร และรองเท้าที่มีลักษณะสันเข็มมีความสูง 2.5 เซนติเมตร ที่มีขนาดของรองเท้าเบอร์ 7, 7.5, 8, 8.5 และ 9 US โดยให้ทำการนั่งและยืน ทำการศึกษาทางกายภาพที่เปลี่ยนไปใน subtalar joint และการทำงานของกล้ามเนื้อขา และแรงปฏิกิริยาจากพื้น ในผู้หญิง 5 คน พบว่ามุมองศาของข้อเท้า Subtalar joint ไม่แตกต่างกัน และคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 1)Gastrocnemius medialis, 2)Gastrocnemius lateralis, และ 3)Peroneals ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Lee et al., (2001) ได้ทำการศึกษาการสวมรองเท้าส้นสูงที่ส่งผลกับชีวกลศาสตร์ ได้ทำการสำรวจผู้หญิงที่ สวมรองเท้าส้นสูง จำนวน 200 คน พบว่าส่วนใหญ่มีอาการบาดเจ็บบริเวณขาและหลังส่วนล่าง และได้ทำการทดลองการสวมรองเท้า ที่มีความสูง 0, 4.5 และ 8 เซนติเมตรลักษณะสันเป็นสันกล่อง ทดสอบกับผู้หญิง จำนวน 5 คน โดยวิเคราะห์การเคลื่อนไหว กระดูกสันหลังที่โน้มมาด้านหน้ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำให้มีจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายไปด้านหน้ามากขึ้น และได้ศึกษาค้นคว้ากล้ามเนื้อ Erector spinae 2 ตำแหน่งที่ Lumbar L1/L2 และ Lumbar L4/L5, Vastus lateralis และ Tibialis anterior โดยใช้ Bipolar electrode ชนิดติดผิวหนัง พบว่า กล้ามเนื้อ Erector spinae ตำแหน่ง L4/L5 ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงขึ้นเมื่อส้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกล้ามเนื้อ Vastus lateralis ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่ง มีหน้าที่ควบคุมการทำงานของขาและเท้า และกล้ามเนื้อ Tibialis anterior ค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Gefen et al., (2002) ได้ทำการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อโดย ติดเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่มัดกล้ามเนื้อ 1) Ext.hallucis longus, 2) Peroneus longus, 3) Gastrocnemius medialis, 4) Gastrocnemius lateralis, 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus ในผู้หญิง จำนวน 8 คน โดยแบ่ง เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ให้ใส่รองเท้าส้นสูง และกลุ่มที่ 2 ให้ใส่รองเท้า

สั้นเตี้ย แล้วให้ทำการเดินจำนวน 40 วงจร พบว่ากลุ่มที่ใส่รองเท้าส้นสูง การทำงานของกล้ามเนื้อมีความเมื่อยล้าเร็วกว่ารองเท้าส้นเตี้ย

Yung-Hui and Wei-Hsien (2005) ได้ทำการศึกษาแผ่นรองรองเท้าในความสูงของรองเท้าที่ต่างกันส่งผลต่อแรงกดใต้ฝ่าเท้า อาสาสมัครเพศหญิง 10 คน เปรียบเทียบ แผ่นรองรองเท้า 4 แบบ 1) แผ่นรองบริเวณส้น (Heel cup) 2) แผ่นรองบริเวณอุ้งเท้า (Arch support) 3) แผ่นรองฝ่าเท้าส่วนบริเวณปลาย (Metatarsal pad) 4) แผ่นรองรองเท้าแบบทั้งเท้าที่ทำโดยเฉพาะ (Custom-made inserts) และไม่มีแผ่นรอง และรองเท้าที่ใช้ในการทดลองที่มีความสูงของส้น 1, 5.1 และ 7.6 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องวัดแรงกด พบว่า ความสูงของส้นรองเท้าทำให้มีแรงกดบริเวณปลายเท้า, แรงกระแทก และความรู้สึกที่ไม่สบายในขณะที่เดิน เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแผ่นรองรองเท้า แบบ แผ่นรองบริเวณส้น (Heel cup), แผ่นรองบริเวณอุ้งเท้า (Arch support) และแผ่นรองรองเท้าแบบทั้งเท้าที่ทำโดยเฉพาะ (Custom-made inserts) มีประสิทธิภาพในการลดแรงกดใต้ฝ่าเท้าได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Edwards et al., (2008) ได้ทำการศึกษาการนั่งและการยืนขณะสวมรองเท้าส้นสูงที่ส่งผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis และ Vastus medialis ทำการทดลองกับผู้หญิง 25 คน โดยเปรียบเทียบเท้าเปล่ากับรองเท้าส้นเตี้ย (Wedges heel) ความสูงของส้นรองเท้า 1, 3 และ 5 เซนติเมตร พบว่าไม่พบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

Kjartansdóttir and Magnúsdóttir (2011) ได้ทำการทดสอบการสวมรองเท้าส้นสูง 3, 6 และ 8 เซนติเมตร กับรองเท้าออกกำลังกายด้วยการเดิน โดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่กล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus พบว่าการสวมรองเท้าที่มีความสูง 8 เซนติเมตร มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อดังกล่าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับรองเท้าออกกำลังกาย

Lee (2011) ได้ทำการศึกษาการทรงตัวขณะสวมรองเท้าโดยจะเพิ่มความสูงของส้นรองเท้า และการเพิ่มน้ำหนักกระเป๋าสบายข้างสตรี โดยได้ทำการสำรวจการสวมรองเท้า 3 ลักษณะ คือ 1) Stiletto heel 2) Wedge heel 3) Blocked heel ซึ่งผลการสำรวจ พบว่า Stiletto มากที่สุด จึงนำลักษณะดังกล่าวมาทำการทดลองโดยกลุ่มตัวอย่างผู้หญิงสุขภาพดี 30 คน แบ่งเป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่หนึ่งคือผู้สวมรองเท้าส้นสูงเป็นประจำ และกลุ่มที่สองผู้ที่ไม่ค่อยได้สวมรองเท้าส้นสูงเป็นประจำ

ร่องเท้าที่ใช้ทดลองมี 3 ความสูง คือ 1.1 , 3.0 และ 9.0 เซนติเมตร น้ำหนักของกระเปาะสะพายที่ใช้ในการทดลอง 0, 5, และ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่า ร่องเท้าที่มีความสูง ตั้งแต่ 3 เซนติเมตร และมีน้ำหนักกระเปาะสะพาย ที่เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว มีความแตกต่างกันของการทรงตัวและแรงกดที่ข้อต่ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Nwankwo et al., (2012) ได้ทำการศึกษาความแตกต่างของการสวมร่องเท้าที่มีความสูงของส้นที่ต่างกัน โดยได้ทำการทดลองร่องเท้าที่มีความสูงของส้น 3.3, 7.8, 11 เซนติเมตร พบว่าเมื่อร่องเท้ามีความสูงของส้นร่องเท้าสูงขึ้น ระยะในการก้าวสั้นลง จำนวนการก้าวเท้าก็สั้นลง ความเร็วในการก้าวเดินลดลง เมื่อเทียบกับร่องเท้าส้นเตี้ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Simmons et al., (2012) ที่ได้ทำการศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อขาเมื่อใส่ร่องเท้าส้นสูงที่มีความสูง 9 เซนติเมตร และเท้าเปล่า โดยทำการติดอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่กล้ามเนื้อขา คือ 1)Tibialis anterior 2) Soleus 3) Gastrocnemius medialis 4) Vastus lateralis 5) Rectus femoris 6) Biceps femoris 7) Semitendinosus ให้ผู้ร่วมทดลองเดินด้วยความเร็ว 4 กิโลเมตร/ชั่วโมง พบว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อขาต่างกล่าวสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกรเดินเท้าเปล่า

Srivastava, Mishra and Tewari (2012) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับระดับความสูงของร่องเท้าส้นสูงที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อ 1)Gastrocnemius medialis, 2)Gastrocnemius lateralis, 3)Tibialis anterior, 4)Soleus การทำงานของกล้ามเนื้อขาเมื่อใส่ร่องเท้าส้นสูงที่มีความสูง 9 เซนติเมตร และเท้าเปล่า จำนวน 14 คน โดยทำการติด EMG ที่กล้ามเนื้อขา แล้วให้ผู้ร่วมทดลองเดินด้วยความเร็ว 4 กิโลเมตร/ชั่วโมง พบว่ามีค่าที่แสดงการทำงานของกล้ามเนื้อขาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

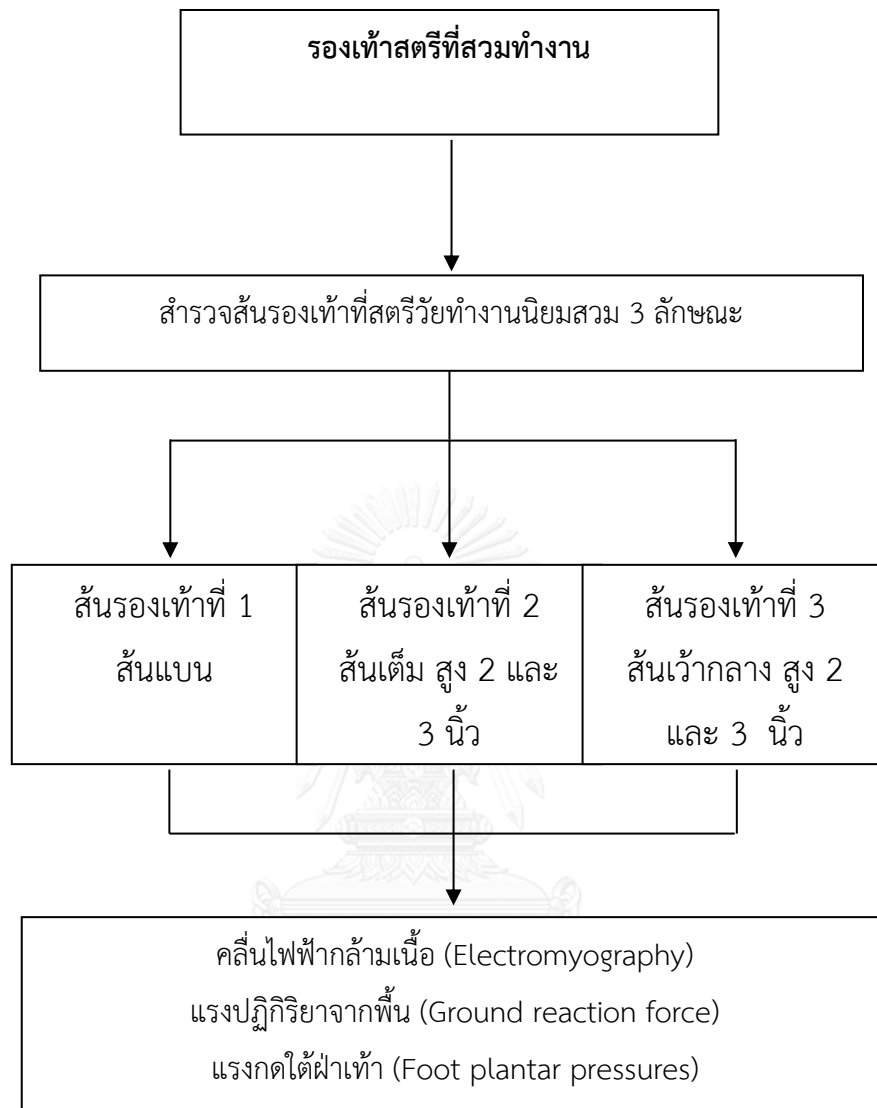
Xiaoxiang and Yaodong (2012) ได้ทำการศึกษาการทำงานของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของสตรีที่สวมร่องเท้าส้นสูงที่ต่างกันโดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา 5 มัด คือ 1) Tibialis anterior 2) Gastrocnemius medial 3) Gastrocnemius lateral 4) Soleus และ 5) Biceps femoris ได้ให้สวมร่องเท้าที่มีความสูง 4 ระดับ 1.0, 4.5, 7.5 และ 10 เซนติเมตร โดยวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในขณะที่เดินรำในจังหวะลาติน พบว่าความสูงของส้นร่องเท้า 10 เซนติเมตรมีผลต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อที่สูงขึ้นส่งผลทำให้เกิดความเมื่อยล้าเร็ว

Branthwate, Chockalingam and Greenhalgh (2013) ได้ทำการศึกษผลของลักษณะหัวรองเท้าที่มีผลต่อแรงกดบริเวณปลายเท้า ทดลองหัวรองเท้า 3 ลักษณะ 1) หัวกลม 2) หัวเหลี่ยม และ 3) หัวแหลม ทดลองในเพศหญิงจำนวน 27 คน โดยทำการติดเซ็นเซอร์ ไว้ที่ปลายเท้า 8 ตำแหน่ง แล้วให้สวมรองเท้า เดินระยะทาง 10 เมตร ด้วยความเร็วที่ตนเองถนัด พบว่าแรงกดในตำแหน่ง ทั้ง 8 มีความแตกต่างกันเมื่อสวมรองเท้าที่มีหัวรองเท้าต่างกัน

Bae, Park and Lee (2015) ได้ทำการแรงกดของเท้าและการทรงตัวแบบอยู่กับที่ในขณะที่สวมรองเท้าส้นสูง เพศหญิงจำนวน 15 คน รองเท้าที่ใช้ในการทดลอง ที่มีลักษณะส้นเป็นกล่องเล็ก รองเท้าส้นสูงทั่วไปและรองเท้าส้นสูงที่ปรับปรุง ที่มีความสูง 7 เซนติเมตร พบว่ารองเท้าส้นสูงทั่วไป บริเวณปลายเท้า มีแรงกดที่สูงกว่า และบริเวณส้นเท้ามีแรงกดน้อยกว่า รองเท้าที่ทำการปรับปรุง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ







แผนภูมิที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การศึกษาลักษณะสั้นของร่องเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขาและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยออกแบบการวิจัยให้เป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สํารวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน

ตอนที่ 2 การทดลองลักษณะสั้นของร่องเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน

งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เลขที่ 024/2558 โครงการวิจัยที่ 174.1/57

#### ประชากร

ประชากร คือ สตรีอายุระหว่าง 20-40 ปี ในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

#### ตอนที่ 1 สํารวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน

#### กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นสตรีวัยทำงานอายุระหว่าง 20-40 ปี ที่สวมรองเท้าทำงานเป็นประจำ จำนวน 400 คน

โดยใช้วิธีคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ทราบจำนวนประชากร ของ (Cochran, 1953)

ตามสูตร 
$$n = \frac{P(1-P)Z^2}{d^2}$$

N คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการ

P คือ สัดส่วนของประชากรที่ผู้วิจัยต้องการสุ่ม .30

Z ที่ระดับนัยสำคัญ .05 เท่ากับ 1.96

d คือ สัดส่วนความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ ระดับความเชื่อมั่น 95% สัดส่วนความคลาดเคลื่อนเท่ากับ .05

จะได้จำนวน n เท่ากับ 323 คน ผู้วิจัยจึงเก็บกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน เพื่อความครอบคลุมและเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรได้ดี จากตอนที่ 1 เพื่อกำหนดลักษณะสั้นของร่องเท้า 3 ลักษณะ ที่สวมเป็นประจำ และขนาดของร่องเท้า แล้วนำผลการศึกษาดูตอนที่ 1 ไปใช้ศึกษาในตอนต่อไป

### ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. สร้างแบบสำรวจการสวมรองเท้าทำงานของสตรีวัยทำงานโดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อสร้างแบบสำรวจเพื่อให้มีความตรงตามเนื้อหา

2. ผู้วิจัยนำเครื่องมือการสำรวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงานที่สร้างขึ้นให้ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องจำนวน 5 ท่านดังนี้

1. ศาสตราจารย์ จินตนา สรายุทธพิทักษ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา สุคนธ์ทรัพย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี ลีมีงสวัสดิ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. อาจารย์ ดร.วรรณวิสา บุญมาก มหาวิทยาลัยศิลปากร
5. นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา

ทำการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ได้ค่า IOC (Index of item objective congruence) มีค่าเท่ากับ 0.88 ซึ่งมีความสอดคล้องทางเนื้อหา

3. ทำการสำรวจเพศหญิงอายุ ระหว่าง 20-40 ปี ด้วยแบบสำรวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน จำนวน 400 คน ใน เขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยผู้วิจัยจะทำหนังสือขอความร่วมมือ จากหน่วยงานการศึกษา สถานพยาบาล และหน่วยงานเอกชนโดยให้หน่วยงานเก็บรวบรวมแบบสอบถามให้

4. นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาที่ 1 นำมาจัด 3 อันดับที่ใช้มากที่สุดและรองลงมาอีก 2 อันดับ

- อันดับ 1 = รองเท้าส้นแบน
- อันดับ 2 = รองเท้าส้นเต็ม โดยมีความสูง 2 และ 3 นิ้ว
- อันดับ 3 = รองเท้าส้นเว้ากลาง โดยมีความสูง 2 และ 3 นิ้ว

5. ผู้วิจัยจัดหารองเท้าคัทชู ให้มีลักษณะส้น ความสูง และขนาดที่ได้จากการสำรวจโดยการสั่งตัดรองเท้า ได้เป็นรองเท้าที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 5 คู่ ดังนี้



รูปที่ 13 รองเท้า 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว  
แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ตอนที่ 2 การทดลองลักษณะส้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา  
แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน

กลุ่มตัวอย่างและวิธีเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้จากการเปิดตารางของโคเฮน (Cohen, 1988) ค่าอำนาจ  
การทดสอบ (Power of the test) ที่ 0.8 ค่าขนาดของผล (Effect size) ที่ 0.4 และค่าแอลฟาที่  
ระดับความมีนัยสำคัญ.05 ตามตาราง จำนวน 21 คน ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการรับ  
อาสาสมัคร จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และคณะสหเวชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย

1. เพศหญิงอายุ 20-40 ปีที่มีดัชนีมวลกายระหว่าง 18.50 - 22.99 kg/m<sup>2</sup> ตามเกณฑ์ของชาวเอเชียจากองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2000)
2. สามารถสวมรองเท้า เบอร์ 36 หรือ 37 (หน่วย EU) ได้
3. ไม่มีประวัติกระดูกขาหักหรือได้รับการผ่าตัดบริเวณส่วนขา เช่น ใส่เหล็ก เป็นต้น
4. ไม่มีการบาดเจ็บของขาและเท้าทั้ง 2 ข้างภายในระยะเวลา 3 เดือน
5. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยจนครบการทดลองและยินยอมลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

### เกณฑ์การคัดผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. มีดัชนีมวลกายไม่เป็นไปตามกำหนด และไม่สามารถสวมรองเท้า เบอร์ 36 หรือ 37 (หน่วย EU)
2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัยต่อ
3. ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ครบตามกระบวนการวิจัย

### แบบการทดลองที่ใช้ในการวิจัย

คนที่	สถานะ	รองเท้า แบบที่ 1	รองเท้า แบบที่ 2	รองเท้า แบบที่ 3	รองเท้า แบบที่ 4	รองเท้า แบบที่ 5
1						
2						
3						
4, ... 21						

### ขั้นตอนการวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล

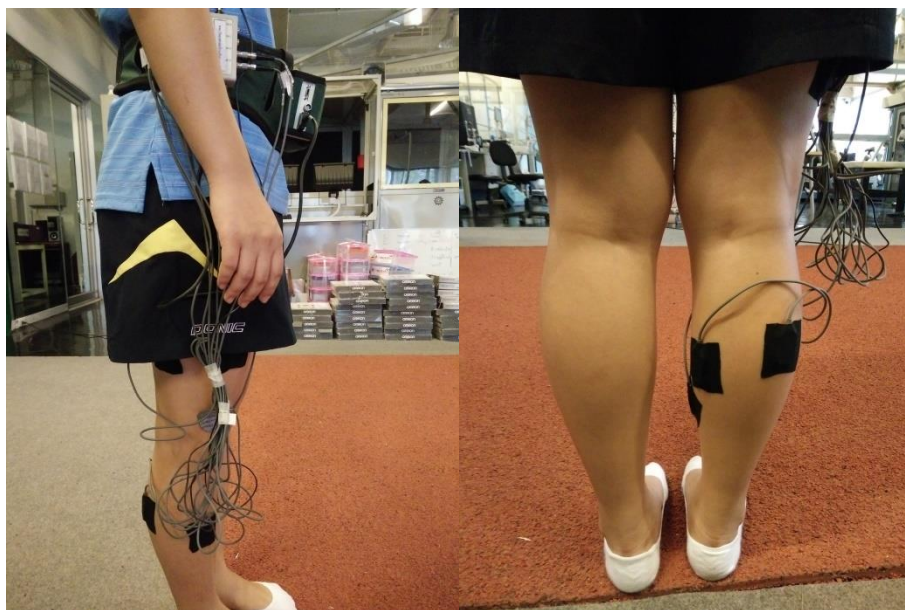
1. ติดต่อขอใช้สถานที่ และเครื่องมือที่ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์การกีฬา และศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุ และอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ประชาสัมพันธ์โครงการวิจัยและรับสมัครอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการ เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-40 ปี ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ในการคัดเลือก

3. แจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลงานวิจัยให้อาสาสมัครได้รับทราบ

4. ให้อาสาสมัคร ลงชื่อในใบยินยอมของผู้เข้าร่วมวิจัย และให้อาสาสมัคร ลงวัน/เวลาเข้ารับการทดลองพร้อมรายละเอียดในการติดต่อได้

5. การแต่งกายจะให้สวมกางเกงกีฬาขาสั้นและเสื้อกีฬา โดยทำความสะอาดผิวหนังโดยรอบบริเวณมัดกล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus ด้วยสำลีชุบแอลกอฮอล์ ทำการหาตำแหน่งกึ่งกลางมัดกล้ามเนื้อ (Motor point) ติดอิเล็กโทรด (Electrode) บนกล้ามเนื้อ ทั้ง 6 มัดโดยทำตามคำแนะนำของกลุ่มการใช้งานของเครื่องมือในการหาตำแหน่งของกล้ามเนื้อ (Luca, 1997) ซึ่งจะให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเก้าอี้ และให้ทำการเกร็งกล้ามเนื้อเพื่อให้เห็นตำแหน่งที่ชัดเจน ในขาข้างที่ถนัดของแต่ละคน โดยติดให้แนบกับผิวหนังด้วยคีนซีโอเทป แล้วติดแผ่นอิเล็กโทรดอ้างอิง (References electrode) ที่ปุ่มกระดูกด้านข้างหัวเข่า (Lateral condyle of femur) จากนั้นทำการทดสอบสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ

6. ทำการบันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อโดยใช้ความถี่ในการบันทึก 1000 เฮิร์ตซ์ของกล้ามเนื้อทั้ง 6 มัด ขณะที่ยกกล้ามเนื้อหดตัวสูงสุดของแต่ละมัด (Maximal voluntary contraction) จากนั้นให้สวมรองเท้าที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ บันทึกสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะเดิน จำนวน 10 ก้าวของการสวมรองเท้าทั้ง 5 คู่ ดังนี้ คู่ที่ 1 ส้นแบน คู่ที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว คู่ที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว คู่ที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว คู่ที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ตามลำดับโดยแต่ละคู่ให้ผู้มีส่วนร่วมการวิจัยพัก 5 นาที แล้วสวมรองเท้าคู่ต่อไป โดยนำข้อมูลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ได้จากการเดินเปรียบเทียบกับค่าคลื่นไฟฟ้าขณะหดตัวสูงสุด ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็นค่าร้อยละของแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป



รูปที่ 14 ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรด surface EMG ทั้ง 6 มัด กล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus

7. ทำการตัดแผ่นเซ็นเซอร์วัดแรงกดใต้ฝ่าเท้าให้ได้ตามขนาดของรองเท้า แล้วทำการสวมแผ่นวัดแรงไว้ในรองเท้า แล้วให้อาสาสมัครสวมรองเท้าทั้ง 5 คู่ ตามลำดับ เดินด้วยท่าปกติในชีวิตประจำวันจำนวน 10 ก้าว นำข้อมูลในก้าวที่ 2-4 ของแต่ละข้าง มาหาค่าเฉลี่ย โดยแต่ละคู่ให้ผู้มีส่วนร่วมการวิจัยพัก 5 นาที แล้วสวมรองเท้าคู่ต่อไป โดยนำข้อมูลแรงกดใต้ฝ่าเท้าจังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) และจังหวะเท้าถีบพื้น (Toe off) ที่ได้มาเฉลี่ย และนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

8. ให้อาสาสมัครใช้เท้าข้างที่ถนัดเดินเหยียบบนแผ่นวัดแรงที่กำหนดอัตรา (Sample rate) ไว้ที่ 500 เฮิร์ตซ์ ให้อาสาสมัครสวมรองเท้าทั้ง 5 คู่ ตามลำดับ เดินคู่ละ 3 รอบรอบละ 10 ก้าว โดยให้ก้าวที่ 5 เหยียบบนแผ่นวัดแรง (Force plate) แล้วเดินต่อไปอีก 5 ก้าว และนำข้อมูลแรงปฏิกิริยาจากพื้น จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) และจังหวะเท้าถีบพื้น (Toe off) ที่ได้มาเฉลี่ย และนำไปวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

9. หลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ แรงแกตใต้ฝ่าเท้าและ แรงปฏิกิริยาจากพื้น แล้วนำมาวิเคราะห์การแจกแจงข้อมูลด้วยวิธี Komogorov-Smirnov test เพื่อทดสอบการกระจายของข้อมูลเป็นโค้งปกติ

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบสำรวจพฤติกรรมกรรมการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน
2. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG (Electromyography) ยี่ห้อ Delsys รุ่น Myomonitor® IV ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. เครื่องวัดการกระจายแรง Tekscan Pressure Measurement System รุ่น F-Scan Mobile ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. แผ่นวัดแรง Force plate ยี่ห้อ AMTI รุ่น OR6-7-2000 ประเทศสหรัฐอเมริกา
5. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดไขมัน ยี่ห้อTanita รุ่น UM-052) ประเทศญี่ปุ่น
6. เครื่องวัดส่วนสูง
7. แบบบันทึกประวัติและข้อมูลก่อนการทดลองของผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ผลของค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ค่าแรงแกตใต้ฝ่าเท้า และค่าแรงปฏิกิริยาจากพื้น ของลักษณะส้นรองเท้าทั้ง 3 แบบ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05 หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติ .05



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง ผลของการสำรวจพฤติกรรมการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงานและค่าผลการทดลองลักษณะเส้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อข้อเท้า แรงกดใต้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน นำข้อมูลจากการทดลองมาคำนวณค่าสถิติด้วยคอมพิวเตอร์ และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลนำเสนอในรูปแบบของตารางประกอบความเรียงและแผนภูมิ โดยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

**ตอนที่ 1** จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสำรวจพฤติกรรมการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน

**ตอนที่ 2** จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

**ตอนที่ 3** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ (One-way analysis of variance with repeated measures) ของผลการทดลองลักษณะเส้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อข้อเท้าข้างที่ถนัด แรงกดใต้ฝ่าเท้าของเท้าทั้ง 2 ข้าง และแรงปฏิกิริยาจากพื้นแรงปฏิกิริยาจากพื้นสัมผัสของเท้าข้างที่ถนัด ในขณะเดิน ด้วยลักษณะเส้นรองเท้า 3 ลักษณะ มี 5 แบบ คือ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว หากพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ (Post hoc test) ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

**ตอนที่ 1** จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสำรวจพฤติกรรมกรรมการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน

ตารางที่ 1 จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลพื้นฐาน

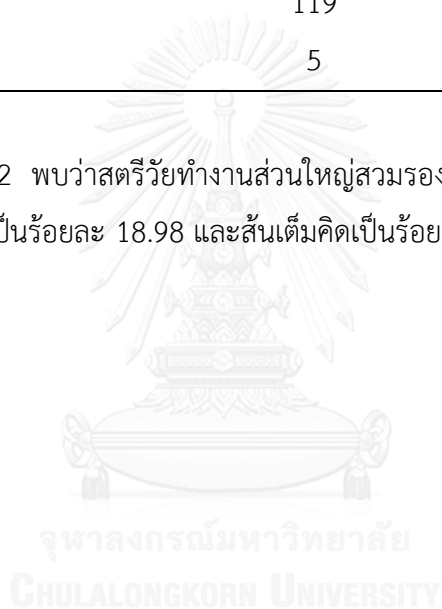
ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
อายุ		
20 – 25 ปี	83	20.19
26 – 30 ปี	103	25.06
31 – 35 ปี	127	30.90
36 – 40 ปี	98	23.84
ตัวแปร	$\bar{x}$	S.D.
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	56.43	9.36
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	161.59	7.48

จากตารางที่ 1 พบว่าสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่อายุ 31 – 35 ปี คิดเป็นร้อยละ 30.90 รองลงมาคืออายุ 26 – 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 25.06 และมีอายุ 36 – 40 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.84 ส่วนค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัว 56.43 กิโลกรัม และค่าเฉลี่ยส่วนสูง 161.59 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 จำนวน ค่าร้อยละ ของลักษณะส้นรองเท้าสตรีวัยทำงาน

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
ส้นเรียว (Stiletto heels)	60	14.60
ส้นเต็ม (Wedge heels)	78	18.98
ส้นเว้ากลาง (Spool /Louis heels)	71	17.27
ส้นกรวย (Cone heels)	35	8.25
ส้นกล่อง (Block heels)	43	10.46
ส้นแบน (Flat heels)	119	28.95
อื่นๆ	5	1.22

จากตารางที่ 2 พบว่าสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่สวมรองเท้าส้นแบน คิดเป็นร้อยละ 28.95 รองลงมาส้นเว้ากลางคิดเป็นร้อยละ 18.98 และส้นเต็มคิดเป็นร้อยละ 17.27



ตารางที่ 3 จำนวน ค่าร้อยละ ของความสูงของสันรองเท้าสตรีวัยทำงานที่สวมรองเท้าทำงาน

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
ไม่มีความสูง	116	28.22
$\frac{1}{2}$ นิ้ว	34	8.27
1 นิ้ว	40	9.73
$1\frac{1}{2}$ นิ้ว	36	8.76
2 นิ้ว	56	13.63
$2\frac{1}{2}$ นิ้ว	36	8.76
3 นิ้ว	56	13.63
$3\frac{1}{2}$ นิ้ว	24	5.84
4 นิ้ว	13	3.16
$4\frac{1}{2}$ นิ้ว	0	0
5 นิ้ว	0	0
สูงกว่า5นิ้ว	0	0

จากตารางที่ 3 พบว่าความสูงของสันรองเท้าสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่ไม่มีความสูง คิดเป็น ร้อยละ 28.22 รองลงมา 2 นิ้ว และ 3 นิ้ว คิดเป็นร้อยละ 13.63 เท่ากัน

ตารางที่ 4 จำนวน ค่าร้อยละของ เบอร์รองเท้าสตรีวัยทำงานของผู้ตอบแบบสำรวจ

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
เล็กกว่าเบอร์ 5 US (35 EU)	18	4.38
เบอร์ 5 US (35 EU)	19	4.62
เบอร์ $5\frac{1}{2}$ US ( $35\frac{1}{2}$ EU)	37	9.00
เบอร์ 6 US (36 EU)	62	15.09
เบอร์ $6\frac{1}{2}$ US (37 EU)	77	18.73
เบอร์ 7 US ( $37\frac{1}{2}$ EU)	46	11.19
เบอร์ $7\frac{1}{2}$ US (38 EU)	46	11.19
เบอร์ 8 US ( $38\frac{1}{2}$ EU)	18	4.38
เบอร์ $8\frac{1}{2}$ US (39 EU)	44	10.71
เบอร์ 9 us(40 EU)	29	7.06
ใหญ่กว่าเบอร์ 9 (40 EU)	15	3.65

จากตารางที่ 4 พบว่าเบอร์รองเท้าของสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่ เบอร์  $6\frac{1}{2}$  US (37 EU) คิดเป็นค่าร้อยละ 18.73 รองลงมาเบอร์ 6 US (36 EU) คิดเป็นร้อยละ 15.09 ลำดับที่ 3 เบอร์ 7 US ( $37\frac{1}{2}$  EU) และ เบอร์  $7\frac{1}{2}$  US (38 EU) คิดเป็นร้อยละ 11.19

ตารางที่ 5 จำนวน ค่าร้อยละ ของวัสดุของสิ้นเท้าสตรีวัยทำงานของผู้ตอบแบบสำรวจ

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
ไม้	22	5.35
โลหะ	11	2.68
พลาสติก	188	45.74
ยาง	184	44.77
อื่นๆ	6	1.46

จากตารางที่ 5 พบว่าวัสดุของสิ้นเท้าสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่เป็นพลาสติก คิดเป็นร้อยละ 45.74 และรองลงมา ยาง คิดเป็นร้อยละ 44.77

ตารางที่ 6 จำนวน ค่าร้อยละ ของบริเวณรอยสีกของสิ้นเท้าสตรีวัยทำงาน

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
ด้านในลำตัว	46	11.19
ด้านนอกลำตัว	281	68.37
บริเวณตรงกลาง	84	20.44

จากตารางที่ 6 พบว่าบริเวณรอยสีกของสิ้นเท้าสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่เป็นด้านนอกลำตัว คิดเป็นร้อยละ 68.37 รองลงมาบริเวณตรงการคิดเป็นร้อยละ 20.44 และด้านในลำตัวคิดเป็นร้อยละ 11.19

ตารางที่ 7 จำนวน ค่าร้อยละ ของระยะเวลาในการสวมรองเท้าสตรีวัยทำงานเฉลี่ยต่อวัน

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
น้อยกว่า 2 ชั่วโมง/วัน	58	14.11
2 – 3 ชั่วโมง/วัน	154	37.47
มากกว่า 3 ชั่วโมง/วัน	199	48.42

จากตารางที่ 7 พบว่าระยะเวลาในการสวมรองเท้าสตรีวัยทำงานเฉลี่ยต่อวันส่วนใหญ่มากกว่า 3 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นร้อยละ 48.42 รองลงมา 2 – 3 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นร้อยละ 37.47 และน้อยกว่า 2 ชั่วโมง/วัน คิดเป็นร้อยละ 14.11

ตารางที่ 8 จำนวน ค่าร้อยละ ของอาการบาดเจ็บจากการสวมรองเท้าสตรี

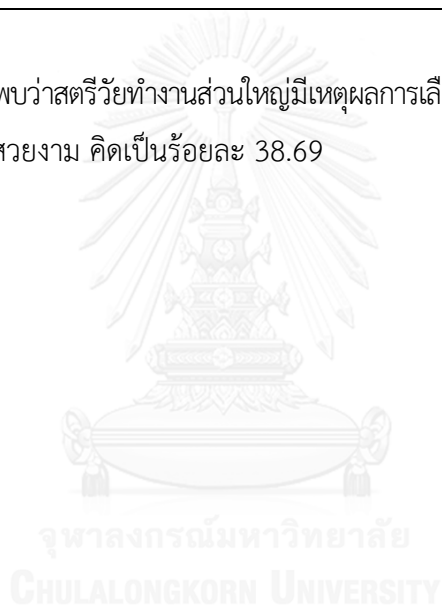
ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
ไม่มีอาการบาดเจ็บ	49	11.92
ปวดปลายเท้า	84	20.44
ปวดกลางฝ่าเท้า	65	15.82
ปวดสันเท้า	155	37.71
ปวดข้อเท้า	48	11.68
ปวดน่อง	116	28.22
ปวดเข่า	32	7.79
ปวดหลัง	27	6.57
อื่นๆ	11	2.68

จากตารางที่ 8 พบว่าอาการบาดเจ็บจากการสวมรองเท้าสตรีส่วนใหญ่ปวดสันเท้า คิดเป็นร้อยละ 37.71 รองลงมาปวดน่อง คิดเป็นร้อยละ 28.22 และปวดปลายเท้า คิดเป็นร้อยละ 20.44

ตารางที่ 9 จำนวน ค่าร้อยละ เหตุผลการเลือกรองเท้าสตรีในการสวมทำงาน

ตัวแปร	จำนวน(411)	ร้อยละ
สวมสบาย	183	44.53
ความสวยงาม	159	38.69
ราคา	18	4.38
ยี่ห้อ	7	1.70
ความทันสมัย/ตามแฟชั่น	28	6.81
อื่นๆ	16	3.89

จากตารางที่ 9 พบว่าสตรีวัยทำงานส่วนใหญ่มีเหตุผลการเลือกรองเท้าคือสวมสบาย คิดเป็นร้อยละ 44.53 รองลงมาความสวยงาม คิดเป็นร้อยละ 38.69





**ตอนที่ 2** จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 10 จำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลพื้นฐานของ กลุ่มตัวอย่าง	กลุ่มตัวอย่าง ( n = 21)			
	$\bar{X}$	S.D.	min	max
อายุ (20 - 40 ปี)	27.05	4.45	21	36
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	46.86	2.67	44.6	53.7
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	156.67	3.88	149	165
ดัชนีมวลกาย	18.76	1.07	18.51	22.35
เบอร์รองเท้า	36 EU		37 EU	
จำนวน (กลุ่มตัวอย่าง)	10		11	
เท้าของที่ถนัด	ซ้าย		ขวา	
จำนวน (กลุ่มตัวอย่าง)	0		21	

จากตารางที่ 10 แสดงค่าเฉลี่ยอายุของผู้เข้าร่วมวิจัยเท่ากับ 27.05 ปี อายุน้อยที่สุด 21 ปี และอายุมากที่สุด 36 ปี ค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวเท่ากับ 46.86 กิโลกรัม น้ำหนักตัวน้อยที่สุด 44.6 กิโลกรัม น้ำหนักตัวมากที่สุด 53.7 กิโลกรัม ค่าเฉลี่ยส่วนสูงเท่ากับ 156.67 เซนติเมตร ส่วนสูงน้อยที่สุด 149 เซนติเมตร ส่วนสูงมากที่สุด 165 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายเท่ากับ 18.76 ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายน้อยที่สุด 18.51 ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายมากที่สุด 22.35 เบอร์รองเท้า 36 EU 10 คน 37 EU 11 คน และเท้าข้างที่ถนัดของกลุ่มตัวอย่าง ถนัดขวา 21 คน

**ตอนที่ 3** ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของผลการทดลองลักษณะสั้นของ ร่องเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขาข้างที่ถนัด แรงกดใต้ฝ่าเท้าของเท้าทั้ง 2 ข้าง และแรงปฏิกิริยาจากพื้น ในขณะที่เดิน ด้วยรองเท้า ทั้ง 5 แบบ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้น เต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และ แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว หากพบความแตกต่าง จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ด้วยวิธีแบบ บอนเฟอโรนี

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้น เต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะ สั้น รองเท้า	ร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ					
	Biceps femoris	Vastus lateralis	Gastrocnemius lateralis	Gastrocnemius medialis	Tibialis anterior	Soleus
	X	X	X	X	X	X
	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
แบบที่ 1	26.91	31.80	57.54	68.87	50.68	58.48
	±16.65	±18.66	±23.01	±17.61	±20.46	±16.98
แบบที่ 2	26.54	36.79	61.04	64.89	50.18	63.04
	±17.26	±20.25	±17.19	±18.06	±20.71	±12.72
แบบที่ 3	28.60	38.73	63.58	60.80	53.69	65.34
	±20.56	±23.09	±19.52	±16.88	±24.55	±13.85
แบบที่ 4	26.60	38.84	63.98	56.42	57.05	69.43
	±16.56	±18.15	±18.61	±20.22	±23.72	±17.91
แบบที่ 5	29.96	42.14	65.38	64.60	56.99	69.83
	±22.81	±17.62	±19.49	±17.52	±23.69	±16.89
ค่า F	.670	5.494	1.020	2.968	1.972	3.139
p-value	.615	.001*	.402	.024*	.107	.019*

\*p<.05

จากตารางที่ 11 แสดงค่าขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว พบว่ามีค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Biceps femoris, สูงที่สุดเท่ากับ 29.96 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว และมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 26.54 เมื่อรองเท้าแบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว

มีค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis สูงที่สุดเท่ากับ 42.14 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว และน้อยที่สุดเท่ากับ 31.80 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน

มีค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius lateralis สูงที่สุดเท่ากับ 65.38 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว และน้อยที่สุดเท่ากับ 57.54 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน

มีค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius medialis สูงที่สุดเท่ากับ 68.87 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน และน้อยที่สุดเท่ากับ 60.80 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว

มีค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Tibialis anterior สูงที่สุดเท่ากับ 57.05 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และน้อยที่สุดเท่ากับ 50.18 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว

มีค่าร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Soleus สูงที่สุดเท่ากับ 69.83 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว และน้อยที่สุดเท่ากับ 58.48 เมื่อสวมรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างสภาวะการทดลอง	1211.822	4	302.955	5.494	.001*
ความคลาดเคลื่อน	4411.322	80	55.142		
ระหว่างสมาชิก	34212.207	20	1710.610		
รวม	39835.351	104			

\*p < .05

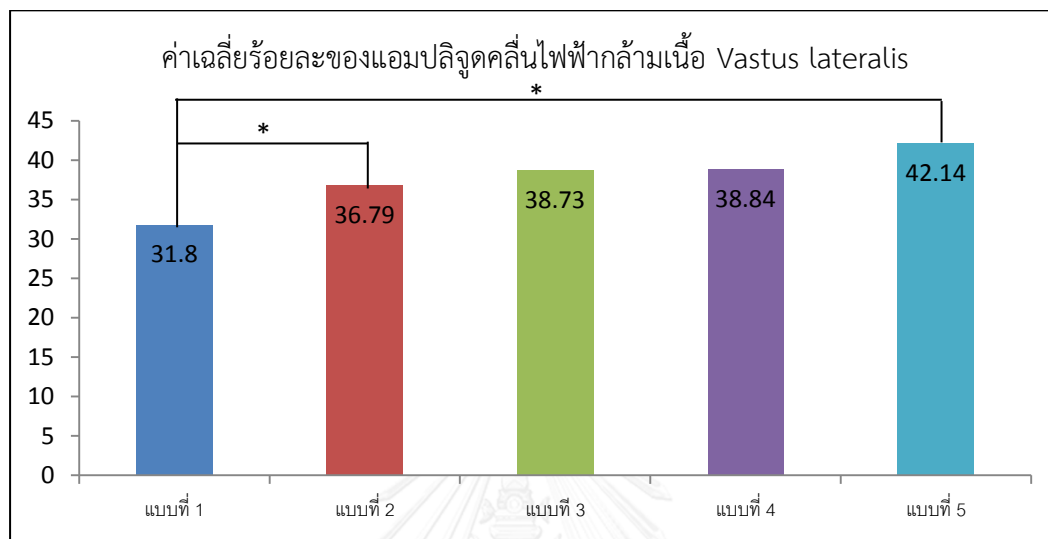
จากตารางที่ 12 พบว่า ค่าเฉลี่ยของร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แตกต่างกันภายในรายกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และ แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะสัน	— X	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		31.80	36.79	38.73	38.84	42.14
แบบที่ 1	31.80	-	4.99	6.93	7.041	10.34*
แบบที่ 2	36.79		-	1.94	2.05	5.352*
แบบที่ 3	38.73			-	.11	3.41
แบบที่ 4	38.84				-	3.30
แบบที่ 5	42.14					-

\*p < .05

แผนภูมิที่ 2 ค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis ในขณะเดินด้วย รองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว



จากตารางที่ 13 และแผนภูมิที่ 1 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดการหดตัวของ กล้ามเนื้อ Vastus lateralis ของการสวมแบบที่ 5 สูงกว่ารองเท้าแบบที่ 1 และแบบที่ 2 อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของร้อยละของแอมพลิจูด คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius medialis ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้น เว้ากลางสูง 3 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างสภาวะการทดลอง	1861.145	4	465.286	2.968	.024*
ความคลาดเคลื่อน	12539.423	80	156.743		
ระหว่างสมาชิก	20196.790	20	1009.840		
รวม	34597.359	104			

\*p < .05

จากตารางที่ 14 พบว่า ค่าเฉลี่ยของร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius lateralis ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แตกต่างกันในรายกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius medialis เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้น รองเท้า	$\bar{X}$	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		68.87	64.89	60.80	56.42	64.60
แบบที่ 1	68.87	-	3.98	8.07	12.45	4.27
แบบที่ 2	64.89		-	4.09	8.47	0.29
แบบที่ 3	60.80			-	4.38	3.80
แบบที่ 4	56.42				-	.8.18
แบบที่ 5	64.60					-

$p > .05$

จากตารางที่ 15 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Gastrocnemius medialis เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Soleus ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างสภาวะการทดลอง	1872.344	4	468.086	3.139	.019*
ความคลาดเคลื่อน	11928.616	80	149.108		
ระหว่างสมาชิก	13023.467	20	651.173		
รวม	26824.427	104			

\*p < .05

จากตารางที่ 16 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Soleus ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ มีความแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดการหดตัวของกล้ามเนื้อ Soleus เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะสัน	— X	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		58.48	63.04	65.34	69.43	69.83
แบบที่ 1	58.48	-	4.56	6.86	10.95	11.35
แบบที่ 2	63.04		-	2.30	6.39	6.79
แบบที่ 3	65.34			-	4.09	4.49
แบบที่ 4	69.43				-	.40
แบบที่ 5	69.83					-

p > .05

จากตารางที่ 17 พบว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Soleus เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 18 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา นิวตันต่อตารางเซนติเมตร จังหวะที่สัมผัสกับพื้น (Heel strike) และจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้นรองเท้า	แรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา นิวตันต่อตารางเซนติเมตร			
	Heel strike		Toe off	
	X	S.D.	X	S.D.
แบบที่ 1	41.92	13.38	73.37	32.46
แบบที่ 2	25.86	8.04	89.67	42.37
แบบที่ 3	31.95	11.45	87.31	33.29
แบบที่ 4	23.39	8.48	87.16	47.93
แบบที่ 5	28.53	9.53	92.17	46.85
ค่า F / p-value	27.70	.000*	2.232	.073

\*p < .05

จากตารางที่ 18 แสดง ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ จังหวะที่สัมผัสกับพื้น (Heel strike) รองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงที่สุดเท่ากับ 41.92 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร และรองเท้าแบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าต่ำที่สุดเท่ากับ 23.39 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ส่วนของจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) รองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงที่สุดเท่ากับ 92.17 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร และรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบนมีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าต่ำที่สุดเท่ากับ 73.37 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร



ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวาในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างสภาวะการทดลอง	4374.95	4	1093.73	27.697	.000*
ความคลาดเคลื่อน	3159.17	80	39.49		
ระหว่างสมาชิก	7589.24	20	379.162		
รวม	15123.354	104			

\*p < .05

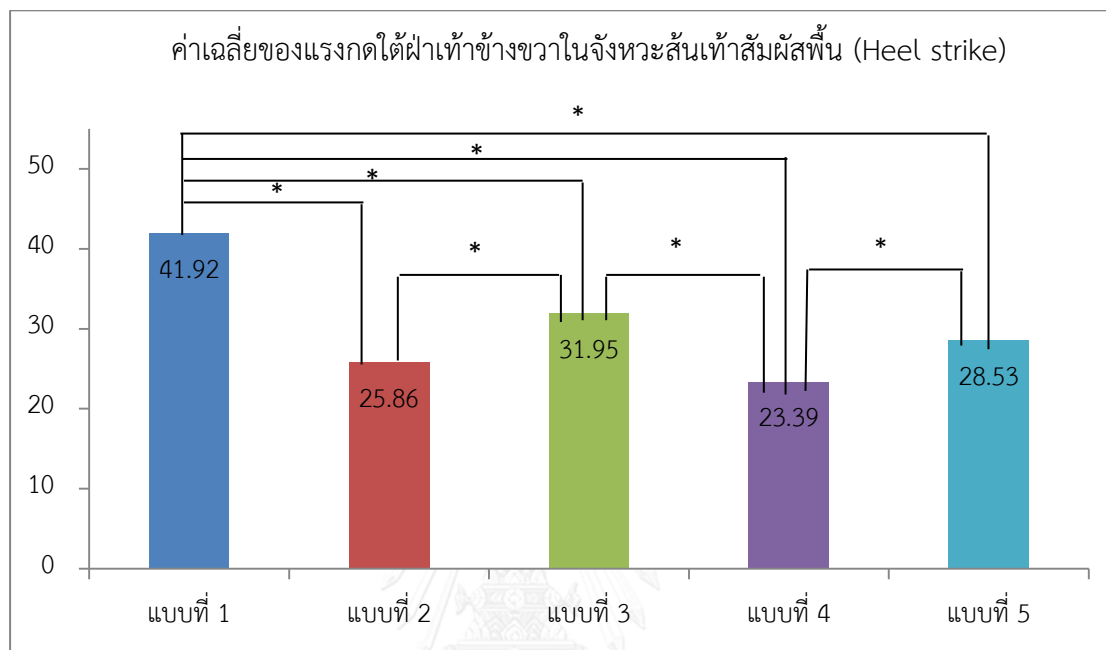
จากตารางที่ 19 พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ มีความแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 20 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ขณะเดินด้วยรองเท้า 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้น	— X	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		41.92	25.86	31.95	23.39	28.53
แบบที่ 1	41.92	-	16.06*	9.67*	18.53*	13.39*
แบบที่ 2	25.86		-	6.09*	2.47	2.67
แบบที่ 3	31.95			-	8.56*	3.42
แบบที่ 4	23.39				-	5.14*
แบบที่ 5	28.53					-

\*p < .05

แผนภูมิที่ 3 ค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว



จากตารางที่ 20 และ แผนภูมิที่ 2 พบว่า ค่าเฉลี่ย ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา จังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้า 5 คู่ เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี่ การสวมรองเท้าแบบที่ 1 มีแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงกว่ากับรองเท้า แบบที่ 2, 3, 4 และ 5 รองเท้าแบบที่ 3 สูงกว่ารองเท้า แบบที่ 2 รองเท้าแบบที่ 3 สูงกว่ากับรองเท้า แบบที่ 4 และรองเท้าแบบที่ 5 สูงกว่ารองเท้า แบบที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 21 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร จังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) และจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ของรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้นรองเท้า	แรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร			
	Heel strike		Toe off	
	X	S.D.	X	S.D.
แบบที่ 1	66.22	59.00	71.51	30.45
แบบที่ 2	52.07	61.11	94.45	40.88
แบบที่ 3	43.58	23.64	108.82	55.46
แบบที่ 4	27.54	16.12	103.71	54.79
แบบที่ 5	49.08	53.11	91.65	43.15
ค่า F / p-value	4.775	.002*	8.131	.000*

\*p < .05

จากตารางที่ 21 พบว่าค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ จังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) รองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงที่สุดเท่ากับ 66.22 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร และรองเท้าแบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าน้อยที่สุดเท่ากับ 27.54 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ส่วนจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) รองเท้าแบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้วมีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงที่สุดเท่ากับ 108.82 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร และรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าน้อยที่สุดเท่ากับ 71.51 นิวตันต่อตารางเซนติเมตร

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้ายในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างสภาวะการทดลอง	16533.18	4	4133.30	4.78	.002*
ความคลาดเคลื่อน	69251.71	80	865.65		
ระหว่างสมาชิก	147856.24	20	7392.81		
รวม	233641.13	104			

\*p < .05

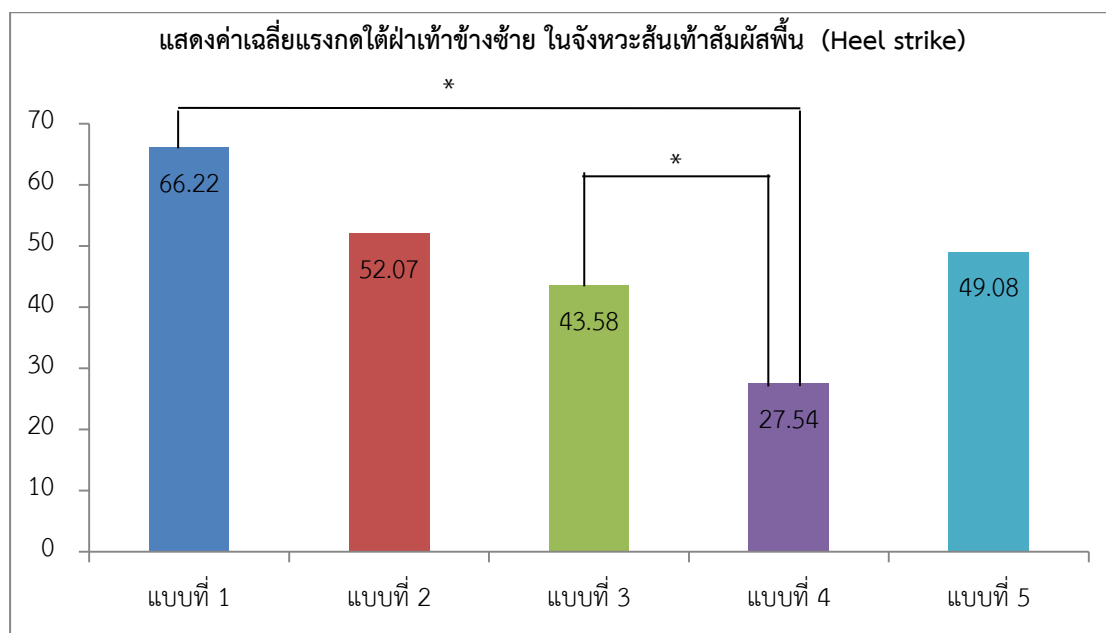
จากตารางที่ 22 พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ มีความแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้น	— X	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		66.22	52.07	43.58	27.54	49.08
แบบที่ 1	66.22	-	14.15	22.65	38.68*	17.15
แบบที่ 2	52.07		-	8.49	24.53	2.99
แบบที่ 3	43.58			-	16.03*	5.50
แบบที่ 4	27.54				-	21.53
แบบที่ 5	49.08					-

\*p < .05

แผนภูมิที่ 4 ค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว



จากตารางที่ 23 และแผนภูมิที่ 3 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร รองเท้าแบบที่ 4 มีแรงกดใต้ฝ่าเท้าต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 1 และแบบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ ของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย จังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p-value
ภายในสมาชิก					
ระหว่างสภาวะการทดลอง	17335.50	4	4333.88	8.13	.000*
ความคลาดเคลื่อน	42641.165	80	533.02		
ระหว่างสมาชิก	168103.16	20	8405.16		
รวม	228079.83	104			

\*p < .05

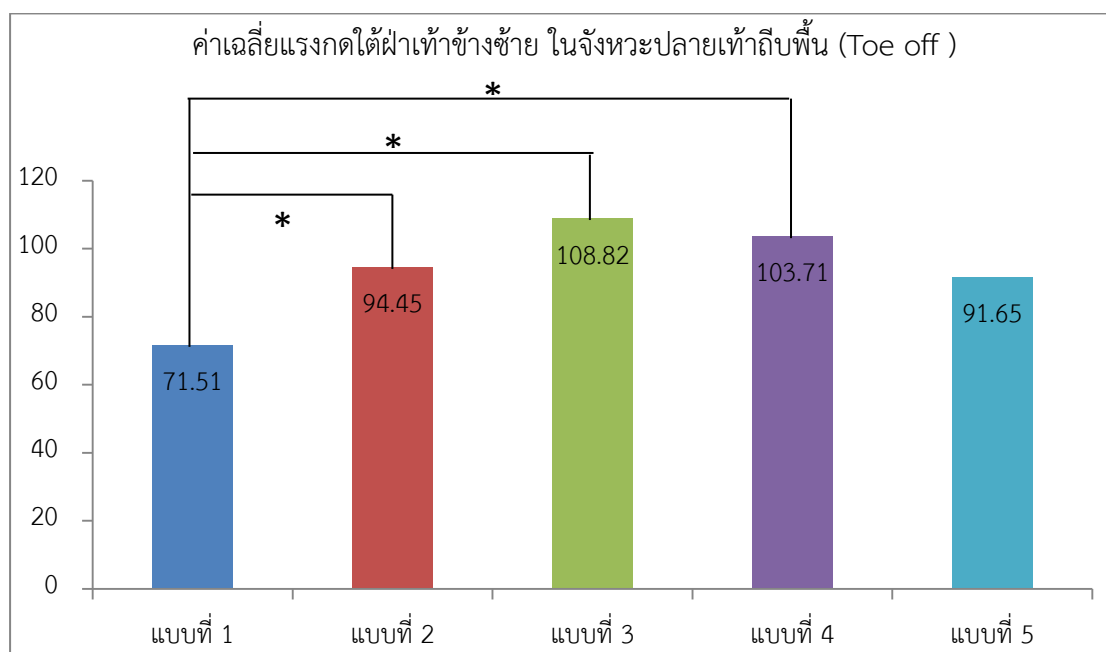
จากตารางที่ 24 พบว่าค่าเฉลี่ยของแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย จังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ มีความแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 25 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ในจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้น	— X	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		71.51	94.45	108.82	103.71	91.65
แบบที่ 1	71.51	-	22.93*	37.31*	32.20*	20.14
แบบที่ 2	94.45		-	14.38	9.265	2.798
แบบที่ 3	108.82			-	5.12	17.18
แบบที่ 4	103.71				-	12.06
แบบที่ 5	91.65					-

\*p < .05

แผนภูมิที่ 5 ค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย ในจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) นิวตันต่อตารางเซนติเมตร ด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ รองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว



จากตารางที่ 25 และ แผนภูมิที่ 4 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย นิวตันต่อตารางเซนติเมตร รองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน ต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 2, 3 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 26 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงปฏิกิริยาจากพื้น นิวตัน จากเท้าข้างที่ถนัด จังหวะที่สัมผัสสัมผัสกับพื้น (Heel strike) และจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ของรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้นรองเท้า	แรงปฏิกิริยาจากพื้น (นิวตัน)			
	Heel strike		Toe off	
	X	S.D.	X	S.D.
แบบที่ 1	537.39	40.98	574.76	38.51
แบบที่ 2	555.49	51.36	589.52	45.30
แบบที่ 3	558.23	54.39	578.72	45.14
แบบที่ 4	573.73	51.53	577.65	45.66
แบบที่ 5	576.13	61.85	576.18	52.04
ค่า F / p-value	13.333	.000*	2.078	.091

\*p < .05

จากตารางที่ 26 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นนิวตัน จากเท้าข้างที่ถนัดของรองเท้า ทั้ง 5 จังหวะที่สัมผัสสัมผัสกับพื้น (Heel strike) รองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลาง สูง 3 นิ้ว มีค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงที่สุดเท่ากับ 576.13 นิวตัน และรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน มีค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 537.39 นิวตัน ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในลักษณะรองเท้าทั้ง 5 รูปแบบ ส่วนจังหวะที่ปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) รองเท้าแบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้วมีค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นสูงที่สุดเท่ากับ 589.52 นิวตัน และรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบนมีค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นน้อยที่สุดเท่ากับ 574.76 นิวตัน ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ



ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นนิเวศน์ จากเท้าข้างที่ถนัด จังหวะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) เป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ของรองเท้าทั้ง 5 คู่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว

ลักษณะส้น	$\bar{X}$	แบบที่ 1	แบบที่ 2	แบบที่ 3	แบบที่ 4	แบบที่ 5
รองเท้า		574.76	589.52	578.72	577.65	576.18
แบบที่ 1	574.76	-	14.76	3.96	2.89	1.42
แบบที่ 2	589.52		-	10.80	11.87	13.34
แบบที่ 3	578.72			-	1.08	2.54
แบบที่ 4	577.65				-	1.47
แบบที่ 5	576.18					-

$p > .05$

จากตารางที่ 27 พบว่าค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นจากเท้าข้างที่ถนัดเป็นรายคู่ด้วยวิธีแบบบอนเฟอร์โรนี ในขณะที่เดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ ไม่พบความแตกต่างเป็นรายคู่อย่างมีนัยสำคัญ

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

#### สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research design) โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 สำนวนการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน กลุ่มตัวอย่างคือ เพศหญิง อายุระหว่าง 20-40 ปี ที่สวมรองเท้าทำงานเป็นประจำ ในเขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร จำนวน 400 คน โดยใช้วิธีคำนวณกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ทราบจำนวนประชากร ของ (Cochran, 1953) จะได้จำนวนเท่ากับ 323 คน ผู้วิจัยจึงเก็บกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 400 คน เพื่อความครอบคลุมและเป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรได้ดี จากการศึกษาตอนที่ 1 เพื่อใช้กำหนดลักษณะสันของรองเท้าสตรี 3 อันดับแรก ความสูงของสันรองเท้า 3 อันดับแรก และขนาดเบอร์ของรองเท้า 2 ขนาดแรก เพื่อนำไปตัดรองเท้าตามที่ได้จากการสำรวจในตอนที่ 1 ได้รองเท้า 5 คู่ ดังนี้ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว โดยทำการสั่งตัดรองเท้าเบอร์ 36 และ 37 EU ตามขนาดเบอร์รองเท้าที่ได้จากการสำรวจส่วนใหญ่

ตอนที่ 2 เป็นการทดลองสวม แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว แบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ตามลำดับ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นเพศหญิง อายุระหว่าง 20-40 ปี มีดัชนีมวลกายระหว่าง  $18.50 - 22.99 \text{ kg/m}^2$  ไม่มีประวัติกระดูกขาหักหรือได้รับการผ่าตัดบริเวณส่วนขาและ ไม่มีการบาดเจ็บของขาและเท้าทั้ง 2 ข้าง จำนวน 21 คน ทำการติดอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่มัดกล้ามเนื้อ 1) Biceps femoris 2) Vastus lateralis 3) Gastrocnemius lateralis 4) Gastrocnemius medialis 5) Tibialis anterior และ 6) Soleus และทำการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด MVC (100% of Maximum voluntary contraction) จากนั้นให้สวมรองเท้าที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เดินตามปกติของตนเอง จำนวน 10 ก้าวและบันทึกข้อมูลที่ละคู่จนครบ ทั้ง 5 คู่ จากนั้นทำการวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้า โดยมีเซ็นเซอร์ใส่ไว้ในรองเท้าให้สวมรองเท้าที่ได้เตรียมไว้แล้วให้เดินตามจังหวะปกติของตนเอง จำนวน 10 ก้าวและบันทึกข้อมูลที่ละคู่จนครบ ทั้ง 5 คู่ โดยใช้ข้อมูลในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) และจังหวะปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ของก้าวที่ 2-4 ของเท้าแต่ละข้าง และวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้นจากการเดินด้วยรองเท้าทั้ง 5 คู่ คู่ละ 3 รอบ โดยให้ก้าวที่ 5 เหยียบบนแผ่นวัดแรง (Force plate) แล้วเดินต่อไปอีก 5 ก้าว ใช้ข้อมูลในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น และจังหวะปลายเท้าถีบพื้น นำผลที่ได้ มาวิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียวชนิดวัดซ้ำ หากพบความแตกต่างจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบรายคู่ ที่ระดับความมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ .05 ด้วยวิธีแบบบอนเฟอโรนี (Bonferroni)

### ผลการวิจัยพบว่า

การทดลองสวมรองเท้า 5 คู่ ได้แก่ แบบที่ 1 ส้นแบน แบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว แบบที่ 3 ส้นเว้ากลางสูง 2 นิ้ว แบบที่ 4 ส้นเต็มสูง 3 นิ้ว และแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว ผลพบว่า

1. เปรียบเทียบการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ พบว่าค่าร้อยละของแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยรองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว มีค่าร้อยละของแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงกว่ารองเท้าแบบที่ 1 และแบบที่ 2 แต่กล้ามเนื้อ Biceps femoris, Gastrocnemius lateralis, Gastrocnemius medialis, Tibialis anterior และ Soleus ค่าร้อยละของแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) พบว่ารองเท้าแบบที่ 1 มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงกว่ารองเท้าแบบที่ 2, 3, 4 และ 5 รองเท้าแบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 3 รองเท้าแบบที่ 3 มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงกว่ารองเท้าแบบที่ 4 และรองเท้าแบบที่ 4 ต่ำกว่ารองเท้า แบบที่ 5 ที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนในจังหวะปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) ของรองเท้าแบบที่ 4 มีค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 1 และแบบที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าเฉลี่ยแรงกดใต้ฝ่าเท้าในจังหวะปลายเท้าถีบตัว (Toe off) รองเท้าแบบที่ 1 ต่ำกว่ารองเท้าแบบที่ 2, 3 และแบบที่ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) พบว่ารองเท้าแบบที่ 5 ส้นเว้ากลางสูง 3 นิ้ว มากที่สุดเท่ากับ 576.13 นิวตัน และรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน น้อยที่สุดเท่ากับ 576.18 นิวตัน ส่วนค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นในจังหวะปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) รองเท้าแบบที่ 2 ส้นเต็มสูง 2 นิ้ว มากที่สุดเท่ากับ 589.52 นิวตัน และรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบน น้อยที่สุดเท่ากับ 574.76 ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแรงปฏิกิริยาจากพื้นของรองเท้าทั้ง

5 คู่ จากข้างที่ถนัดพบว่ามีความแตกต่างกันภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างรายคู่

### อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า ลักษณะสันของรองเท้าที่แตกต่างกันมีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แตกต่างกันในขณะเดิน ผลจากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยร้อยละของแอมพลิจูดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Vastus lateralis มีค่าสูงขึ้นจากการสวมรองเท้าแบบที่ 5 สันเว้ากลางสูง 3 นิ้ว เมื่อเปรียบเทียบกับรองเท้าแบบที่ 1 สันแบนและ แบบที่ 2 สันเต็มสูง 2 นิ้ว ซึ่งกล้ามเนื้อ Vastus lateralis ในระยะที่ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น (Heel strike) ทำหน้าที่ในการเหยียดเข่า ในระยะที่เท้าสัมผัสกับพื้นขณะรับน้ำหนักของร่างกาย (Mid stance) ทำหน้าที่ไม่ให้เข่างอพับลงมา ในระยะที่เท้าถีบพื้น (Toe off) หรือ (Push off) จนถึงระยะที่มีอัตราเร่งของขา ทำหน้าที่ไม่ให้เข่างอเร็วเกินไป และจะทำงานอีกครั้งในวงจรการเดินต่อไป กล้ามเนื้อ Vastus lateralis มีบทบาทสำคัญ ในการเหยียดขาและไม่ทำให้เข่างอเร็วเกินไปในจังหวะก้าวเดินเพื่อรักษาการทรงตัวของร่างกายให้เป็นปกติ โดยสอดคล้องกับ Lee et al., (2001) ได้ทำการศึกษาการสวมรองเท้าส้นสูงที่ส่งผลกับชีวกลศาสตร์ โดยสำรวจผู้หญิงที่ สวมรองเท้าส้นสูง จำนวน 200 คน พบว่าส่วนใหญ่มีอาการบาดเจ็บบริเวณขาและหลังส่วนล่าง โดยได้ทำการทดลองการสวมรองเท้าที่มีความสูง 0, 4.5 และ 8 เซนติเมตรลักษณะสันเป็นสันกล่อง ทดสอบกับผู้หญิง จำนวน 5 คน โดยวิเคราะห์การเคลื่อนไหว พบว่ากระดูกสันหลังโน้มมาด้านหน้ามากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูง ทำให้มีจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายไปด้านหน้ามากขึ้น และได้ศึกษาค้นคว้ากล้ามเนื้อ Erector spinae 2 ตำแหน่งที่ Lumbar L1/L2 และ Lumbar L4/L5, Vastus lateralis และ Tibialis anterior โดยใช้ Bipolar electrode ชนิดติดผิวหนัง พบว่า กล้ามเนื้อ Erector spinae ตำแหน่ง L4/L5 มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงขึ้นเมื่อส้นสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกล้ามเนื้อ Vastus lateralis มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกล้ามเนื้อ Tibialis anterior มีค่าคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การสวมรองเท้าส้นสูงในระยะยาวไม่ว่าจะเป็นมุมของข้อเท้า สมดุลของร่างกายที่เปลี่ยนไป แนวกระดูกสันหลังแอ่นไปด้านหน้ามากขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อมากขึ้น Cronin (2014) กล่าวว่า จากหลายการศึกษาพบว่าเมื่อสวมรองเท้าที่ส้นสูงขึ้น ส่งผลทำให้เกิดการทำงานของกล้ามเนื้อที่สูงขึ้น

แต่หากพิจารณาลักษณะส้นที่ต่างกันในระดับความสูงของรองเท้าที่เท่ากัน พบว่าการทำงานกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน

2. ผลแรงกดใต้ฝ่าเท้า เป็นตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าลักษณะส้นของรองเท้าที่แตกต่างกันมีผลต่อแรงกดใต้ฝ่าเท้าแตกต่างกันในขณะเดิน ผลการศึกษาพบว่าแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างขวา ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) รองเท้าแบบที่ 1 มีค่าแรงกดใต้ฝ่าเท้าที่สูงกว่ารองเท้าแบบที่ 2, 3, 4 และ 5 ด้วยรองเท้าแบบที่ 1 ส้นแบนเป็นรองเท้าที่ไม่มีมีความสูงของส้น

หากพิจารณาลักษณะส้นที่ต่างกันในระดับความสูงของรองเท้าที่เท่ากัน สรุปได้ว่ารองเท้าที่มีพื้นที่การสัมผัสมากมีค่าแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงกว่ารองเท้าที่มีลักษณะส้นที่มีพื้นที่สัมผัสน้อยนั้น บ่งบอกได้ว่าลักษณะของส้นที่มีพื้นที่สัมผัสกับพื้นที่ทำให้สามารถเดินลงน้ำหนักได้อย่างเต็มที่ทำให้มีแรงกดใต้ฝ่าเท้าในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike) สูงกว่ารองเท้าลักษณะส้นที่มีพื้นที่สัมผัสเล็กกว่า ส่วนจังหวะปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการศึกษาแรงกดใต้ฝ่าเท้าข้างซ้าย พบว่า ในจังหวะส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel Strike) รองเท้าแบบที่ 4 มีค่าแรงกดใต้ฝ่าเท้าที่ต่ำกว่ากับรองเท้า แบบที่ 1 และ 3 สรุปได้ว่า ด้วยรองเท้าแบบที่ 4 เป็นรองเท้าที่มีความสูง 3 นิ้ว ทำให้มีจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายไปด้านหน้ามากขึ้นจึงทำให้ขณะเดินอาจไม่ได้ลงน้ำหนักที่ส้นเท้า และในส่วนจังหวะปลายเท้าถีบพื้น (Toe off) พบว่ารองเท้าแบบที่ 1 มีค่าแรงกดใต้ฝ่าเท้าต่ำกว่า รองเท้าแบบที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งรองเท้าที่มีระดับความสูงของส้นทำให้มีจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายไปด้านหน้ามากขึ้นทำให้มีแรงกดบริเวณปลายเท้าสูงกว่ารองเท้าส้นแบน ซึ่งสอดคล้องกับ Yung-Hui and Wei-Hsien (2005) พบว่า ความสูงของส้นรองเท้าทำให้มีแรงกดบริเวณปลายเท้า แรงกระแทก ความรู้สึกที่ไม่สบายในขณะเดิน และมีแรงกดใต้ฝ่าเท้าที่บริเวณปลายเท้าจึงสูงขึ้น

จากข้อมูลของเท้าทั้ง 2 ข้าง ที่มีแรงกดบริเวณส้นเท้าและปลายเท้าแตกต่างกันอาจเนื่องจากการเดินของผู้เข้าร่วมในการวิจัยนั้นมีท่าทางการเดิน และการลงน้ำหนักของเท้าที่ไม่เหมือนกันจึงส่งผลต่อการแรงกดบริเวณส้นเท้าและปลายเท้าแตกต่างกันได้

3. ปฏิกริยาจากพื้นของรองเท้าทั้ง 5 คู่ ไม่พบความแตกต่างในรายคู่ ซึ่งเป็นไปตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน คือ ถ้ามีแรงกิริยา (Action force) กระทำกับวัตถุ ย่อมทำให้เกิดแรงปฏิกริยา (Reaction force) เท่ากับแรงกิริยา ด้วยน้ำหนักตัวของผู้เข้าร่วมวิจัยใกล้เคียงกันตามกำหนดในเกณฑ์คัดเข้าของการวิจัยครั้งนี้วัสดุที่ใช้ทำส้นรองเท้าที่ไม่แตกต่างกัน จึงทำให้แรงปฏิกริยาจากพื้นของ

รองเท้าทั้ง 5 คู่ ไม่ต่างกัน จากหลายการศึกษาพบว่าเมื่อสวมรองเท้าที่มีความสูง ในจังหวะสั้นเท้า สัมผัสพื้นจะมีแรงปฏิกิริยาจากพื้นในแนวตั้ง จะสูงขึ้น (Cronin, 2014) แต่จากการศึกษาของ Stefanyshyn et al., (2000) พบว่า แรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่สั้นเท้าสัมผัสพื้น รองเท้าที่มีความสูง 3.7 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่ารองเท้า ที่มีความสูง 5.4 และ 8.5 เซนติเมตร ซึ่งแต่ละงานวิจัย อาจมี ปัจจัยในหลายด้านเช่น วัสดุที่ใช้ทำรองเท้า ความเร็วในการก้าวเดินของผู้เข้าร่วมวิจัย และน้ำหนัก ของผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นต้น ที่ทำให้ผลการวิจัยแตกต่างกันออกไป

จากการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า ลักษณะสั้นรองเท้ามีคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป โดยการ สวมรองเท้าสั้นแบนในขณะที่เดินไม่ทำให้การทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น แต่ในขณะที่เดียวกันมีผล ต่อแรงกดใต้ฝ่าเท้าสูงกว่ารองเท้าสั้นสูง แต่หากสวมรองเท้าที่มีสั้นสูงมากเกินไปก็จะส่งผลทำให้การ ทำงานของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อในระยะยาวได้ และถ้าหาก สวมรองเท้าที่ลักษณะสั้นเล็กเรียวนั้นอาจดูสวยหรือทันสมัย แต่ทำให้การเดินหรือการเคลื่อนไหวต้อง เพิ่มความระมัดระวังมากขึ้น

### **ข้อเสนอแนะจากการวิจัย**

จากการวิจัยการศึกษาลักษณะสั้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของ กล้ามเนื้อขา แรงกดใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่เดิน ควรเลือกรองเท้าที่มีลักษณะ สั้นที่มีพื้นที่ในการลงน้ำหนักค่อนข้างมาก ความสูงไม่ควรเกิน 2 นิ้ว โดยจะไม่ส่งผลต่อความเมื่อยล้า ของกล้ามเนื้อ และยังสามารถกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้าได้ดีกว่ารองเท้าสั้นแบน และควรเลือกพื้น รองเท้าหรือส้นของรองเท้าที่ทำมาจากวัสดุที่สามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดี

### **ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป**

1. ควรมีการศึกษาสตรีวัยทำงานกลุ่มอายุอื่นๆ หรือกลุ่มที่มีน้ำหนักเกิน
2. ควรมีการศึกษาลักษณะสั้นของรองเท้าให้หลายรูปแบบมากขึ้น
3. ควรมีการศึกษาด้วยกล้องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวเพื่อวิเคราะห์หมุมและข้อต่อของร่างกาย
4. ควรมีการศึกษาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมัดอื่นๆเพิ่มเติม เช่นกล้ามเนื้อหลัง
5. ควรมีการกำหนดความเร็วในการเดินของผู้ทดลองให้เท่ากัน

## รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กานดา ใจภักดี. (2542). วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว. กรุงเทพมหานคร: ดวงกลม.
- เฉลิมพล คงเชียว. (2553). ระบบภาพเคลื่อนไหวสำหรับการวิเคราะห์การเดินของมนุษย์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชวนพิศ บุญเกิด. (2548). ผลของความต่างของความสูงรองเท้าส้นสูงต่อการเปลี่ยนแปลงทางชีวกลศาสตร์ของรอยางค์ส่วนล่างและการใช้พลังงานในวัยรุ่นไทยหญิงขณะเดินด้วยความเร็วคงที่. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, วิทยาศาสตร์การกีฬา), มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ถนอมวงศ์ กฤษณ์เพ็ชร. (2555). สรีรวิทยาการออกกำลังกาย. นนทบุรี: ตีรณสาร.
- ธมลพร สุวรรณานนท์. (2551). การโฆษณาทางวิทยุโทรทัศน์มีผลต่อการตัดสินใจซื้อรองเท้าสตรีในห้างสรรพสินค้าของประชาชนเขตกรุงเทพมหานคร. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ), มหาวิทยาลัยรามคำแหง. รุ่งนภา เศรษฐ์โกมล. (2554). การเปรียบเทียบมุมควอดไตรเซปส์ที่ระดับความสูงของส้นเท้าที่ต่างกันในประเทศหญิงปกติ. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด, 23(1), 77-87.
- ลลิตา โรจนธรรมณี. (2547). รองเท้าส้นสูงกับท่าทางในชีวิตประจำวัน. วารสารมหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ วิชาการ, 8(15), 51-58.
- วรยา แสงเงิน, & สมศรี ดาวฉาย. (2553). การศึกษาการทำงานของกล้ามเนื้อลาย. วารสารสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย, 9(23), 34-44.
- ศุภฤกษ์ ทิมอัน. (2550). พฤติกรรมการเลือกซื้อรองเท้าของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. (มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุธีรา เตชะวัฒน์, & ธิดา ตั้งตระกูลไพศาล. (2555). การศึกษาเปรียบเทียบภาพคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของกล้ามเนื้อทราพีเซียสบน ขณะปฏิบัติงานทางทันตกรรมระหว่างทันตแพทย์ที่มีอาการและไม่มีอาการปวดบริเวณกล้ามเนื้อหลังส่วนบน. วิทยาสารทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 5(1), 77-85.

## ภาษาอังกฤษ

- Almodovar P. (2009). High-heeled Footwear [Online]. from [https://en.wikipedia.org/wiki/High-heeled\\_footwear](https://en.wikipedia.org/wiki/High-heeled_footwear)
- Árnadóttir Á. , Kjartansdóttir I. H. , & Magnúsdóttir S. K. . (2011). *Lower limb muscle activity during gait Electromyographic measurements of walking in high-heeled shoes compared to walking in trainers*. Faculty of Medicine, University of Iceland.
- Bae Y.H., Ko M., Park Y.S., & Lee S.M. (2015). Effect of revised high-heeled shoes on foot pressure and statis balance during standing. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(4), 1129-1131.
- Branthwaite H., Chockalingam N., & Greenhalgh A. (2013). The effect of shoe toe box shape and volume onforefoot interdigital and plantar pressures in healthy females. *Journal of Foot and Ankle Research*, 6(1), 1-9.
- Cochran W.G. (1953). *Sampling techniques.*: John Wiley.
- Cronin N. J. (2014). The effects of high heeled shoes on female gait: A review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(2), 258-263.
- Edwards L., Dixon J., Kent J.R., Hodgson D., & Whittaker V. (2008). Effect of shoe heel height on vastus medialis and vastus lateralis electromyographic activity during sit to stand. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 3(2), 1-7.
- Frey C., Thompson F., Smith J., Sanders M., & Horstman H. . (1993). American Orthopaedic Foot and Ankle Society Women's Shoe Survey. *Journal of Foot & Ankle*, 14(2), 78-81.
- Gefen A., Megido-Ravid M., Itzchakb Y., & Arcana M. (2002). Arcana Analysis of muscular fatigue and foot stability during high-heeled gait. *Journal Gait & Posture*, 15(1), 56-63.
- Henderson P. D., & Piazza S. J. (2001). A Biomechanical Evaluation of Standing in High-Heeled Shoes (pp. 25-38). Departments of Kinesiology, Mechanical Engineering, Bioengineering, and Orthopedics and Rehabilitation, Penn State.



- Kraushaar Daniel. (2015). Finding Your Running Shoe Matching foot type to shoe type [Online]. from <http://www.hughston.com/hha/a1724.htm>
- Larson P. (2012). Foot strike in runners: Influence on injury risk [online]. from <http://lermagazine.com/article/foot-strike-in-runners-influence-on-injury-risk>
- Lee C.M., Jeong E.H., & Freivalds A. (2001). Biomechanical effects of wearing high-heeled shoes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 28, 321-326.
- Lee, S. (2011). *Combined Effects of High-Heeled Shoes and Load Carriage on Gait and Posture in Young Healthy Women*. ( MSc degree in Human Kinetics), Faculty of Health Sciences University of Ottawa, Ottawa Canada.
- Luca C. J. D. (1997). The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*(13), 135-163.
- Martini F. H. (2005). *Fundamentals of Anatomy Physiology* (7 ed.): Pearson Academic Computing.
- Nordin M., & Frankel V. H. (2012). *Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System*. Wolters Kluwer: Lippincott Williams & Wilkins Health.
- Nwankwo M.J., Egwuonwn A.V., Ezeukwu A.O., & Nwafulume C. K. (2012). Effect of different heel heights on selected gait parameters of young undergraduate females. *Journal of Paramedical Sciences*, 3(3), 9-14.
- Nyska M., McCabe C., Linge K., & Klenerman L. (1996). Plantar Foot Pressures During Treadmill Walking with High-Heel and Low-Heel Shoes. *Journal of Foot & Ankle*, 17(11), 662-666.
- Simonsen E.B., Svendsen M.B., Nørreslet A., Baldvinsson H.K., Heilskov-Hansen T., Larsen P.K., Henriksen M. (2012). Walking on high heels changes muscle activity and the dynamics of human walking significantly. *Journal of Applied Biomechanics*, 28(1), 20-28.
- Srivastava A., Mishra A., & Tewari R.P. (2012). Electromyography Analysis of High Heel Walking *International Journal of electronics & communication technology*, 3(1), 166-169.
- Stefanyshyn D. J., Nigg B. M., Fische V., O'Flynn B., & Liu W. (2000). The Influence of High Heeled Shoes on Kinematics, Kinetics, and Muscle EMG of Normal Female Gait. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(1), 309-319.

- Vaughan, C. L., Davis, B. L., & O'Connor, J. C. (1999). *Journal Dynamics of Human Gait*. Cape town South Africa: Kiboho.
- Whittle M.W. (1999). Generation and attenuation of transient impulsive forces beneath the foot. . *Journal Gait & Posture*, 264–275.
- World Health Organization. (2000). *The Asia-Pacific perspective: redefining obesity and its treatment*: Sydney: Health Communications Australia.
- Xiaoxiang, S., & Yaodong, G. (2012). *Applications of EMG in Clinical and Sports Medicine*. Shanghai China: InTech.
- Yung-Hui L., & Wei-Hsien H. (2005). Effects of shoe inserts and heel height on foot pressure, impact force, and perceived comfort during walking. *Journa of Applied Ergonomics*, 26(3), 355-362.






ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

ใบรับรองโครงการวิจัย ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากร และแบบสำรวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน

AF 01-12

 คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
อาคารสถาบัน 2 ชั้น 4 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์: 0-2218-8147 โทรสาร: 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

---

COA No. 024/2558

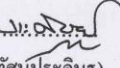
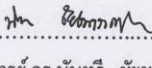
**ใบรับรองโครงการวิจัย**

โครงการวิจัยที่ 174.1/57 : การศึกษาลักษณะส้นเท้าของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อเท้า แรงกดใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน

ผู้วิจัยหลัก : นายจิรายุ วงษ์ปัญญา

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice (ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม...  ลงนาม...   
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปริดา ทักคนประคิษฐ) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)  
ประธาน กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 28 มกราคม 2558 วันหมดอายุ : 27 มกราคม 2559

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
- 2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
- 3) ผู้วิจัย
- 4) แบบสอบถาม

 เลขที่โครงการวิจัย... 174.1/57  
วันที่รับรอง... 28 ม.ค. 2558  
วันหมดอายุ... 27 ม.ค. 2559

**เงื่อนไข**

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการคิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการติดตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ให้ออกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ยขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

AF 04-07

## ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาลักษณะสั้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรกกด  
ได้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน

ชื่อผู้วิจัย นายจิรายู วงษ์ปัญญา ตำแหน่ง นิสิตหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สถานที่ติดต่อผู้วิจัย (ที่ทำงาน) คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
อ. พระราม 1 แขวง วังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
(ที่บ้าน) 8 ม. 6 ต. ลำพวย อ.เมือง จ.นครปฐม

โทรศัพท์ที่ทำงาน 022181027

โทรศัพท์ที่บ้าน -

โทรศัพท์มือถือ 0891595680

E-mail : jirayu.2530@gmail.com



ชื่อโครงการวิจัย 174.1/57  
วันที่รับรอง 28 ม.ค. 2558  
วันหมดอายุ 27 ม.ค. 2559

1. ขอรเรียนเชิญ ท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้ อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัย การเปรียบเทียบลักษณะสั้นของรองเท้าทำงานสตรีที่มีลักษณะต่างกัน ที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรกกดได้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน

## 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะสั้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา แรกกดได้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะเดิน

## 4. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

## เกณฑ์ในการคัดเลือก (Inclusion criteria)

1. เพศหญิงอายุ 20-40 ปีที่มีดัชนีมวลกายระหว่าง  $18.50 - 22.99 \text{ kg/m}^2$  ตามเกณฑ์ของชาวเอเชียขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2000) เป็นค่าที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวและส่วนสูง
2. ไม่มีประวัติกระดูกขาหักหรือได้รับการผ่าตัดบริเวณส่วนขา เช่น ใต้อก เป็นต้น
3. ผู้เข้าร่วมฯ มีลักษณะการกระจายแรงของเท้าปกติ โดยทำการทดสอบยืนบนแผ่นวัดการกระจายแรงก่อนว่าปกติหรือไม่ โดยเทียบกับลักษณะการกระจายแรงของเท้าปกติ(เข้าถึงได้จาก

[http://injuredrunner.com/running\\_shoe.htm](http://injuredrunner.com/running_shoe.htm))

4. ไม่มีการบาดเจ็บของขาและเท้าทั้ง 2 ข้างภายในระยะเวลา 3 เดือน
5. มีความสนใจเข้าร่วมการวิจัยจนครบการทดลองและยินยอมลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

## เกณฑ์ในการคัดออก (Exclusion criteria)

1. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการวิจัยต่อ
2. มีลักษณะการกระจายแรงของเท้าผิดปกติ

AF 04-07

## 3. ไม่สามารถเข้าร่วมการทดลองได้ครบตามกระบวนการวิจัย

จำนวนผู้เข้าร่วมในการวิจัย

หญิงอายุระหว่าง 20-40 ปี จำนวน 21 คน

วิธีการได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ทำการประชาสัมพันธ์หาอาสาสมัคร โดยการติดประกาศเชิญชวนในพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และพื้นที่ใกล้เคียง

การแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีกี่กลุ่ม กลุ่มละกี่คน

เมื่อได้ผู้เข้าร่วมในการวิจัยครบตามจำนวน ทำการแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 7 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย โดยให้ผู้มีส่วนร่วมทำการสวมรองเท้าที่มี 3 ลักษณะแตกต่างกันที่ระบุ ตามตาราง ดังนี้

กลุ่มการทดลอง	สภาวะ
กลุ่มที่ 1 (7 คน)	รองเท้า A
	รองเท้า B
	รองเท้า C
กลุ่มที่ 2 (7 คน)	รองเท้า B
	รองเท้า C
	รองเท้า A
กลุ่มที่ 3 (7 คน)	รองเท้า C
	รองเท้า A
	รองเท้า B



เลขที่โครงการวิจัย 174.1/57  
วันที่รับรอง 28 ม.ค. 2558  
วันหมดอายุ 27 ม.ค. 2559

## 4. กระบวนการวิจัย

ทำการวิจัยโดยผู้วิจัย ทุกขั้นตอน

1. ในการทดลองผู้มีส่วนร่วมฯ แต่งกายโดยสวมกางเกงกีฬาขาสั้นและเสื้อกีฬา และทำการติดอุปกรณ์วัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขา ทำการคิด เซนเซอร์ ในข้างที่ผู้มีส่วนร่วมวิจัยนัด ตามมัดกล้ามเนื้อที่จะศึกษา 6 มัดกล้ามเนื้อ ตามตำแหน่งดังนี้ บริเวณต้นขาด้านหลัง 1 มัด ต้นขาด้านหน้า 1 มัด บริเวณน่อง 2 มัด และบริเวณหน้าแข้ง 2 มัด

โดยวิธีการติด ขั้ว EMG มีดังนี้

1. ทำความสะอาดผิวหนังบริเวณที่จะติดขั้ว EMG ด้วยแอลกอฮอล์

2. ติดขั้ว EMG บริเวณกึ่งกลางของมัดกล้ามเนื้อ และตามแนวของมัดกล้ามเนื้อ ด้วยเทปกาว

สำหรับติดกับผิวหนังได้

จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลในขณะที่ผู้มีส่วนร่วมฯ เดินจำนวน 10 ก้าว

2. สวมแผ่นวัดแรงกดได้ฝ่าเท้าในรองเท้า ทำการบันทึกข้อมูลในขณะที่เดินด้วยท่าปกติในชีวิตประจำวันจำนวน 10 ก้าว เพื่อวัดแรงกดได้ฝ่าเท้า

3. ให้ผู้มีส่วนร่วมวิจัยสวมรองเท้า ทำการบันทึกข้อมูลในขณะที่เดินเหยียบแท่นวัดแรงโดยขาข้างที่ถนัด จำนวน 5 ครั้ง เพื่อวัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น พัก

พัก 10 นาที ที่ทำการเปลี่ยนรองเท้า จนครบทั้ง 3 ลักษณะ

โดยทุกขั้นตอนจะทำการทดลอง ณ ศูนย์ทดสอบ วิจัย วัสดุและอุปกรณ์ทางการกีฬา คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ที่โครงการวิจัย

174.1/57

วันที่รับรอง 28 ม.ค. 2558

วันหมดอายุ 27 ม.ค. 2559

5. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย รวมทั้งเหตุผลที่ได้เชิญเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังจากอธิบายรายละเอียด ในกรณีที่ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยไม่สามารถอ่านข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการวิจัยได้ ผู้วิจัยจะเป็นผู้อ่านรายละเอียดทั้งหมดให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยรับฟังก่อนลงนามยินยอมการเข้าร่วมการ

6. อันตรายหรือความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ในกรณีที่งานวิจัยต้องสวมรองเท้าส้นสูงที่ผู้เข้าร่วมฯ ไม่เคยสวมรองเท้า อาจเกิดการเดินไม่ถนัด ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำและให้ผู้มีส่วนร่วมฯ ระวังระมัดระวังในการเดิน เนื่องจากการเดินทดลองมีจำนวนเพียง 10 ก้าวซึ่งอาจเกิดการบาดเจ็บได้น้อยมาก อย่างไรก็ตามถ้าหากมีการบาดเจ็บผู้วิจัยได้เตรียมอุปกรณ์ปฐมพยาบาลเบื้องต้นไว้ในระหว่างการทำทดลองทุกครั้ง หากพบว่าการบาดเจ็บเกิดขึ้นในขณะที่ทดลองผู้มีส่วนร่วมฯ จะต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยให้หยุดการทดลองและนั่งพักผู้วิจัยจะทำการปฐมพยาบาลเบื้องต้นหากอาการไม่ดีขึ้นผู้วิจัยจะทำการส่งต่อไป สถานพยาบาลและรับผิดชอบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา และหากผู้มีส่วนร่วมฯ ได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย ผู้มีส่วนร่วมฯ จะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และรับการรักษามากกว่าจะหาย ผู้วิจัยจะแจ้งต่อคณะกรรมการวิจัยและเพื่อความปลอดภัยของผู้มีส่วนร่วมฯ

7. ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

ผู้มีส่วนร่วมฯ จะได้รับประโยชน์จากการเข้าร่วมวิจัย ดังนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเลือกสวมรองเท้าสตรีในการทำงานได้ และข้อดีข้อเสียของรูปทรงของรองเท้าเพื่อไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

8. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึง

9. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไปหรือไม่

10. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

11. ภายหลังจากเข้าร่วมทดลอง ท่านจะได้รับค่าชดเชยการเสียเวลาและค่าพาหนะเป็นเงินจำนวน 200 บาทต่อคนต่อ รวมจำนวนทั้งสิ้น 21 คน ในระหว่างการดำเนินการวิจัย การทดลองท่านจะได้รับน้ำดื่ม

AF 04-07

12.หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณา  
จริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2  
ซอยพหลวงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 0-2218-8147 หรือ 0-2218-8141  
โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th



สถานที่โครงการวิจัย..... 174.1/57

วันที่รับรอง..... 28 มี.ค. 2558

วันหมดอายุ..... 27 มี.ค. 2559



## หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

ทำที่.....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.....

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามทำหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาลักษณะสั้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา  
แรงกดได้ฝ่าเท้าและแรงปฏิกิริยาจากพื้น ในขณะที่เดิน

ชื่อผู้วิจัยหลัก นายจิรายุ วงษ์ปัญญา

ที่อยู่ติดต่อ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0891595680

อีเมล jirayu.2530@hotmail.com



ที่โครงการวิจัย..... 174-1/57

วันที่รับรอง..... 28 ม.ค. 2558

วันหมดอายุ..... 27 ม.ค. 2559

ข้าพเจ้า ได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมปฏิบัติตามกิจกรรมที่กำหนดในโครงการวิจัย ผู้มีส่วนร่วมฯ ทำการทดลอง 1 ครั้ง โดยใช้เวลาไม่เกิน 2 ชั่วโมงครั้งต่อ 1 คน โดยสวมรองเท้าที่มีลักษณะสั้นที่แตกต่างกัน 3 ลักษณะแต่ละลักษณะใช้เวลาการทดลองประมาณ 30-40 นาที ในระหว่างเปลี่ยนลักษณะสั้นรองเท้าจะมีการพัก 10 นาที และข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ต่อข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติตามข้อข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชั้น 4 อาคารสถาบัน 2 ซอยจุฬาลงกรณ์ 62 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์ 0-2218-8147, 0-2218-8141 โทรสาร 0-2218-8147 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..... ลงชื่อ.....  
(.....) (.....)

ผู้วิจัยหลัก

ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย



เลขที่โครงการวิจัย..... 174-157

พยาน

วันที่รับรอง..... 28 ม.ค. 2558

วันหมดอายุ..... 27 ม.ค. 2559

## ภาคผนวก ก

## แบบสำรวจการสวมรองเท้าของสตรีวัยทำงาน

คำชี้แจง : 1. แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการเก็บรวบรวมข้อมูลไปใช้ในการทำวิจัยเรื่อง "การศึกษา  
ลักษณะส้นของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขาและแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะ  
เดิน" โดยการตอบแบบสอบถามนี้จะไม่มีผลกระทบต่อท่านแต่อย่างใด

2. โปรดตอบแบบสำรวจโดยทำเครื่องหมาย  ลงใน  หรือเติมข้อความในช่องว่างที่เว้นไว้ให้  
ตรงกับความเป็นจริงของท่านในการสวมรองเท้าทำงานเป็นประจำ

1. อายุ

1.  20-25 ปี    2.  26-30 ปี    3.  31-35 ปี    4.  36-40 ปี

2. น้ำหนัก.....กิโลกรัม    ส่วนสูง.....เซนติเมตร

วันที่รับรอง 28 ม.ค. 2558

3. โปรดพิจารณาลักษณะส้นของรองเท้าที่ท่านสวมในการทำงานเป็นประจำมากที่สุด

วันหมดอายุ 27 ม.ค. 2559



## 3.1 Stiletto heels

3.1.1



3.1.2



3.1.3



## 3.2. Wedge heels

3.2.1



3.2.2



3.2.3



## 3.3. Spool/Louis heels

3.3.1



3.3.2



3.3.3



## 3.4. Cone heels

3.4.1



3.4.2



3.4.3



## 3.5. Block heels

3.5.1



3.5.2



3.5.3



## 3.6. Flat heels

3.6.1 3.6.2 3.6.3 3.7  อื่นๆ โปรดระบุ.....

6. ส้นรองเท้าของท่านที่สวมเป็นประจำมีความสูงเท่าใด

1.  ไม่มีความสูง    2.   $\frac{1}{2}$  นิ้ว    3.  1 นิ้ว    4.   $1\frac{1}{2}$  นิ้ว    5.  2 นิ้ว  
 6.   $2\frac{1}{2}$  นิ้ว    7.  3 นิ้ว    8.   $3\frac{1}{2}$  นิ้ว    9.  4 นิ้ว    10.   $4\frac{1}{2}$  นิ้ว  
 11.  5 นิ้ว    12.  สูงกว่า 5 นิ้ว

7. ขนาดรองเท้าของท่านมีขนาดเท่าใด

1.  เล็กกว่าเบอร์ 5 US (35 EU)    2.  เบอร์ 5 US (35 EU)    3.  เบอร์  $5\frac{1}{2}$  US (35 $\frac{1}{2}$  EU)  
 4.  เบอร์ 6 US (36 EU)    5.  เบอร์  $6\frac{1}{2}$  US (37 EU)    6.  เบอร์ 7 US (37 $\frac{1}{2}$  EU)  
 7.  เบอร์  $7\frac{1}{2}$  US (38 EU)    8.  เบอร์ 8 US (38 $\frac{1}{2}$  EU)    9.  เบอร์  $8\frac{1}{2}$  US (39 EU)  
 10.  เบอร์ 9 us (40 EU)    11.  ใหญ่กว่าเบอร์ 9 (40 EU)

8. ส้นรองเท้าของท่านทำจากวัสดุชนิดใด

1.  ไม้    2.  โลหะ    3.  พลาสติก    4.  ยาง    5.  อื่นๆ โปรดระบุ.....

9. ส้นรองเท้าของท่านมีรอยสึกบริเวณใด

1.  ด้านในลำตัว    2.  ด้านนอกลำตัว    3.  บริเวณตรงกลาง

10. ท่านสวมรองเท้า เดินและ/หรือขึ้น ทำงานติดต่อกันโดยเฉลี่ยต่อวันนานเท่าไร

1.  น้อยกว่า 2 ชั่วโมง/วัน    2.  2-3 ชั่วโมง/วัน    3.  มากกว่า 3 ชั่วโมง/วัน

11. ท่านเคยมีอาการบาดเจ็บจากการสวมรองเท้า หรือไม่ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

1.  ไม่มีอาการบาดเจ็บ    2.  ปวดปลายเท้า    3.  ปวดกลางฝ่าเท้า  
 4.  ปวดสันเท้า    5.  ปวดข้อเท้า    6.  ปวดน่อง  
 7.  ปวดเข่า    8.  ปวดหลัง    9.  อื่นๆ โปรดระบุ.....

12. ท่านเลือกรองเท้าสำหรับสวมทำงานเพราะเหตุผลใดมากที่สุด

1.  สวมสบาย    2.  ความสวยงาม    3.  ราคา    4.  ชี้อ่อน  
 5.  ความทันสมัย/ตามแฟชั่น    6.  อื่นๆ โปรดระบุ.....



เลขที่โครงการวิจัย..... 174.1/57

วันที่รับรอง..... 28 ม.ค. 2558

ที่พิมพ์..... 27 ม.ค. 2559

## ภาคผนวก ข

## แบบสอบถามอาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัย

โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาลักษณะสันของรองเท้าสตรีวัยทำงานที่มีผลต่อการทำงานของกล้ามเนื้อขา  
แรงกดใต้ฝ่าเท้า และแรงปฏิกิริยาจากพื้นในขณะที่เดิน

ชื่อ-สกุล.....

อายุ  20-25 ปี  26-30 ปี  31-35 ปี  36-40 ปี

น้ำหนัก.....Kg ส่วนสูง.....Cm

เบอร์รองเท้าคัทชู  6 US/36 EU  6 $\frac{1}{2}$  US/37 EU

กรุณาทำเครื่องหมาย  ลงในช่องที่ถูกต้อง

1. มีดัชนีมวลกายระหว่าง 18.50 - 22.99 kg/m<sup>2</sup>  ใช่  ไม่ใช่
2. สามารถสวมรองเท้า เบอร์ 36 หรือ 37 (หน่วย EU) ได้  ใช่  ไม่ใช่
3. ไม่มีประวัติกระดูกขาหักหรือได้รับการผ่าตัดบริเวณส่วนขา เช่น ใส่เหล็ก เป็นต้น  ใช่  ไม่ใช่
4. ไม่มีอาการบาดเจ็บของขาและเท้าทั้ง 2 ข้างภายในระยะเวลา 3 เดือน  ใช่  ไม่ใช่
5. มีความสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยจนครบการทดลอง  ใช่  ไม่ใช่

และยินยอมลงชื่อในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

## ภาคผนวก ค







## ผลการประเมินในการตรวจค่าความตรงเชิงเนื้อหา

เกณฑ์ในการตัดสิน คือค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item Objective Congruence, IOC) ของผู้ทรงคุณวุฒิ มีรายชื่อดังนี้

1. ศาสตราจารย์ จินตนา สรายุทธพิทักษ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.สุจิตรา สุคนธ์ทรัพย์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิภาวดี ลิ้มิ่งสวัสดิ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. อาจารย์ ดร.วรรณวิสา บุญมาก มหาวิทยาลัยศิลปากร
5. นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล กรมพลศึกษา

การตรวจสอบการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบสำรวจการสวมรองเท้าทำงานของสตรี  
วัยทำงาน

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	1. ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม						
1.1 อายุ	1	1	1	1	1	5	1
1.2 น้ำหนัก ส่วนสูง							
1.3 อาชีพ							

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า IOC
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่		
	1	2	3	4	5		
<p>2.โปรดเลือกลักษณะส้นของรองเท้าของท่านที่สวมใน การทำงานเป็นประจำ (เลือกได้ 3 ลักษณะ)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">             1. <input type="checkbox"/> Stiletto heels         </div> <div style="text-align: center;">             2. <input type="checkbox"/> Wedge heels         </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">             3. <input type="checkbox"/> Spool /Louis heels         </div> <div style="text-align: center;">             4. <input type="checkbox"/> Cone heels         </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">             5. <input type="checkbox"/> Block heels         </div> <div style="text-align: center;">             6. <input type="checkbox"/> Flat heels         </div> </div>	1	1	0	0	0	2	0.4
<p>3. ส้นรองเท้าของท่านที่สวมเป็นประจำมีความสูงเท่าใด</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 33%;">1. <input type="checkbox"/> ไม่มีความสูง</div> <div style="width: 33%;">2. <input type="checkbox"/> <math>\frac{1}{2}</math> นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">3. <input type="checkbox"/> 1 นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">4. <input type="checkbox"/> <math>1\frac{1}{2}</math> นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">5. <input type="checkbox"/> 2 นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">6. <input type="checkbox"/> <math>2\frac{1}{2}</math> นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">7. <input type="checkbox"/> 3 นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">8. <input type="checkbox"/> <math>3\frac{1}{2}</math> นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">9. <input type="checkbox"/> 4 นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">10. <input type="checkbox"/> <math>4\frac{1}{2}</math> นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">11. <input type="checkbox"/> 5 นิ้ว</div> <div style="width: 33%;">12. <input type="checkbox"/> สูงกว่า 5 นิ้ว</div> </div>	1	1	1	1	1	5	1

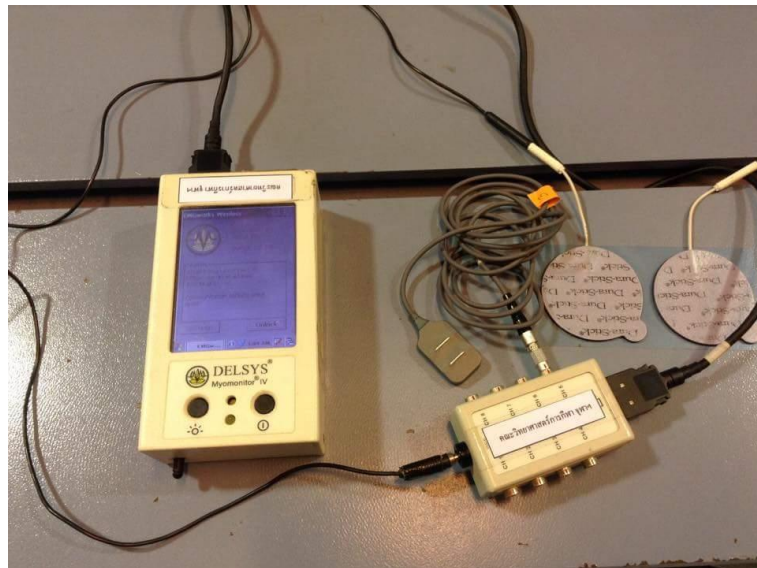
ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					รวม	ค่า IOC
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่		
	1	2	3	4	5		
<b>4.ขนาดรองเท้าของท่านมีขนาดเท่าใด</b> 1. <input type="checkbox"/> เล็กกว่าเบอร์ 5 US (35 EU) 2. <input type="checkbox"/> เบอร์ 5 US (35 EU) 3. <input type="checkbox"/> เบอร์ $5\frac{1}{2}$ US ( $35\frac{1}{2}$ EU) 4. <input type="checkbox"/> เบอร์ 6 US (36 EU) 5. <input type="checkbox"/> เบอร์ $6\frac{1}{2}$ US (37 EU) 6. <input type="checkbox"/> เบอร์ 7 US ( $37\frac{1}{2}$ EU) 7. <input type="checkbox"/> เบอร์ $7\frac{1}{2}$ US (38 EU) 8. <input type="checkbox"/> เบอร์ 8 US ( $38\frac{1}{2}$ EU) 9. <input type="checkbox"/> เบอร์ $8\frac{1}{2}$ US (39 EU) 10. <input type="checkbox"/> เบอร์ 9 us (40 EU) 11. <input type="checkbox"/> ใหญ่กว่าเบอร์ 9 (40 EU)	1	1	1	1	1	5	1
<b>5.สันรองเท้าของท่านทำจากวัสดุชนิดใด</b> 1. <input type="checkbox"/> ไม้      2. <input type="checkbox"/> โลหะ      3. <input type="checkbox"/> พลาสติก 4. <input type="checkbox"/> ยาง 5. <input type="checkbox"/> อื่นๆโปรดระบุ.....	1	1	1	1	1	5	1
ผลรวมการพิจารณา	0.88						

หมายเหตุ : ผลของค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ยอมรับที่ 0.6 ขึ้นไป ผู้วิจัยจะทำการเพิ่มเติมตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

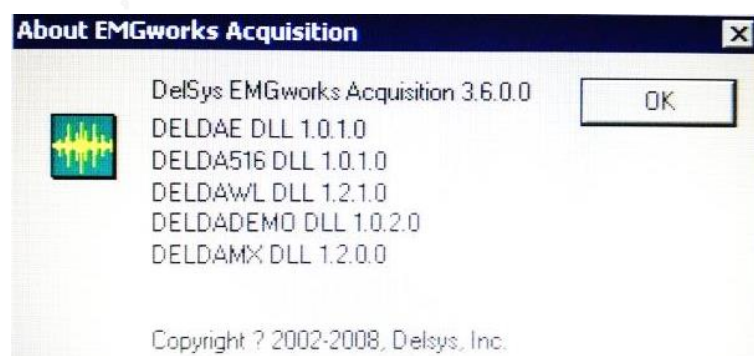


ภาคผนวก ง  
เครื่องมือหลักที่ใช้ในการวิจัย

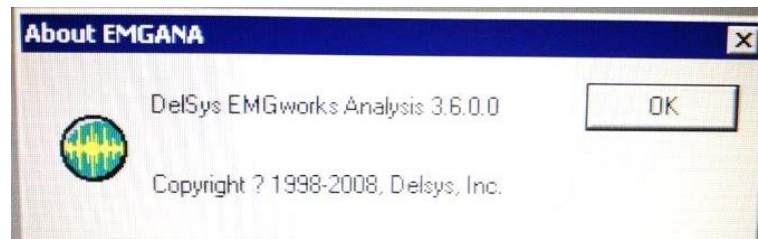
1. เครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ยี่ห้อ DelSys รุ่น Myomonitor® IV ประกอบด้วย
  - อุปกรณ์เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ พร้อมอิเล็กทรอนิกส์ Bipolar



- ซอฟต์แวร์ DelSys EMGworks Acquisition 3.6.00 ใช้บันทึกข้อมูล



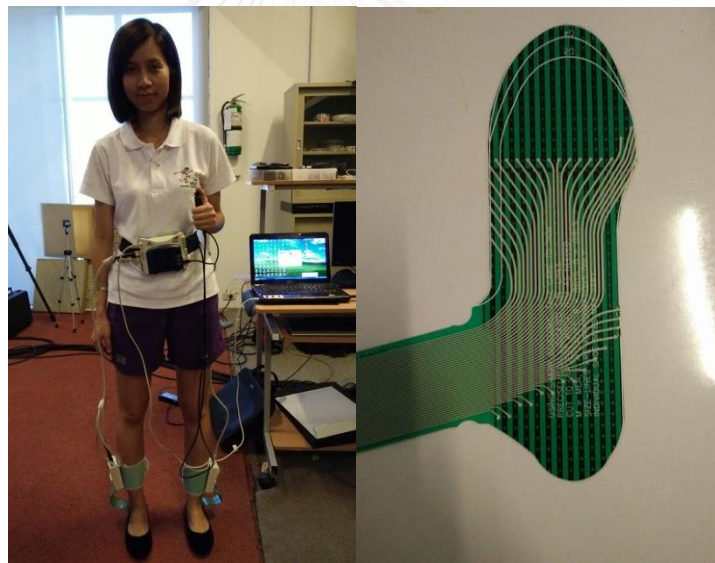
- ซอฟต์แวร์ DelSys EMGworks Analysis 3.6.0.0 ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล



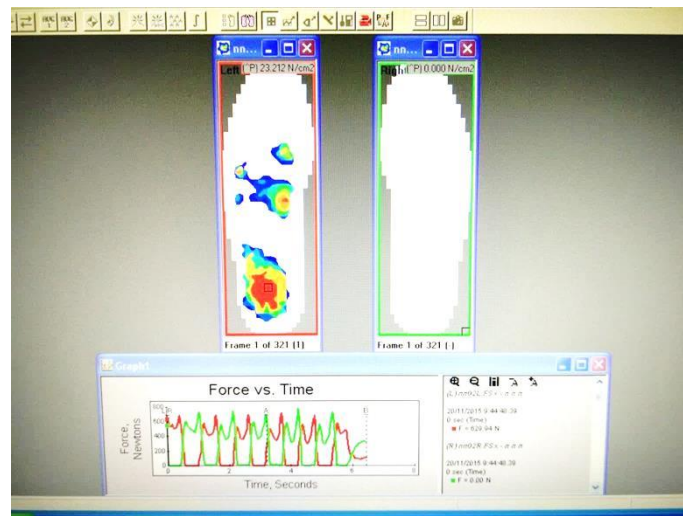
## 2. เครื่องวัดแรงกดได้ฝ่าเท้า ยี่ห้อ Tekscan Pressure Measurement System

รุ่น F-Scan Mobile ประเทศสหรัฐอเมริกา

- ชุดอุปกรณ์ติดตั้ง พร้อมเซ็นเซอร์ วัดแรงกดได้ฝ่าเท้า



- ซอฟต์แวร์ F-Scan Mobile Research เวอร์ชัน 6.31



- ชุดอุปกรณ์วัดแรงปฏิกิริยาจากพื้น ยี่ห้อ AMTI รุ่น OR6-7-2000 ประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย

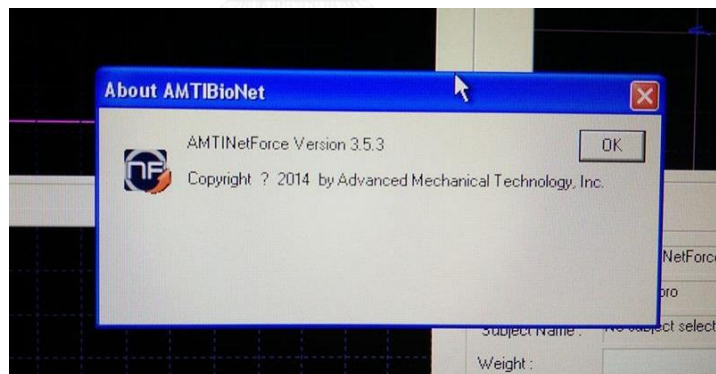
- แผ่นวัดแรง



- อุปกรณ์แปลงสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์

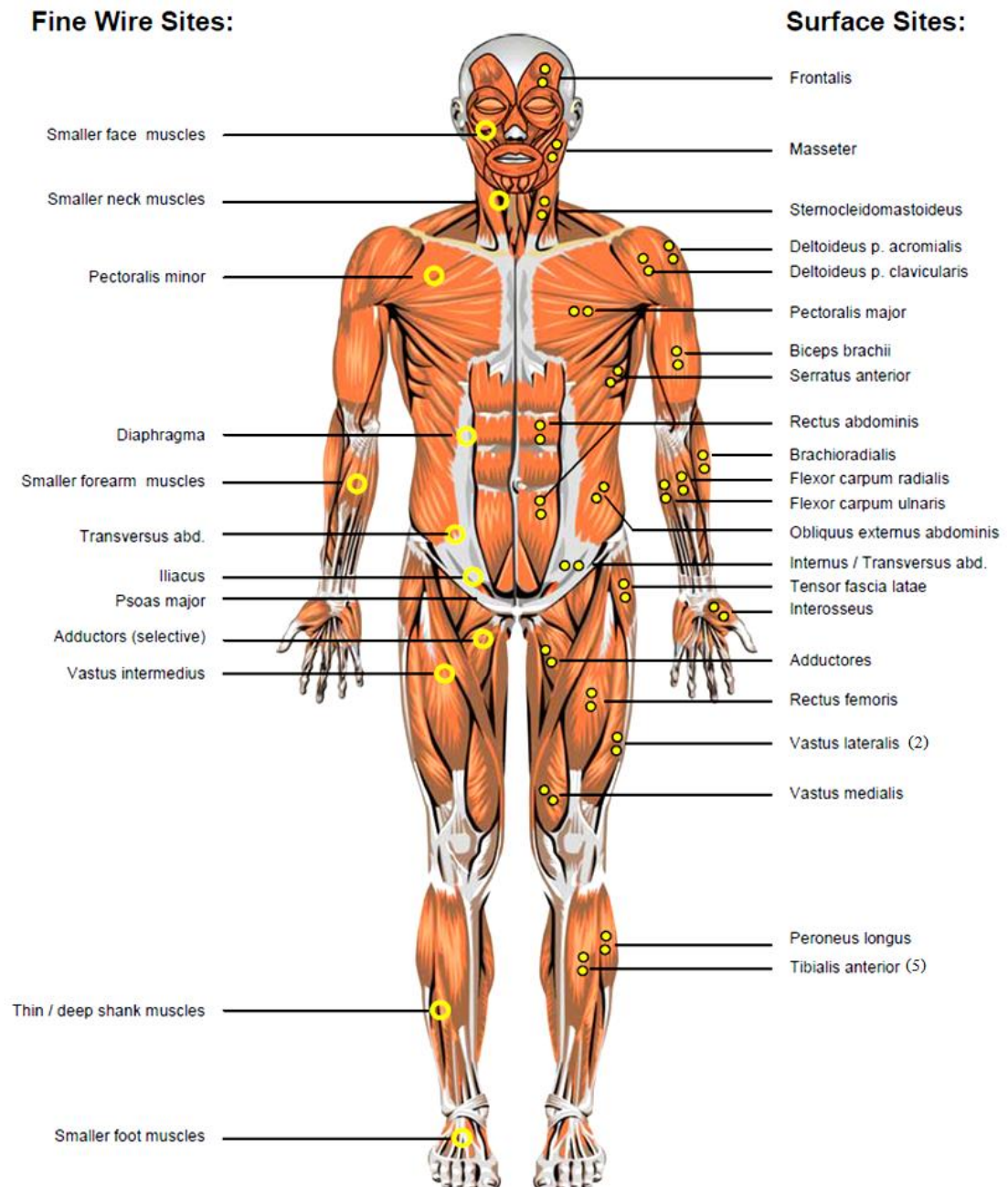


- ซอฟต์แวร์ AMTINetForce เวอร์ชัน 3.5.3



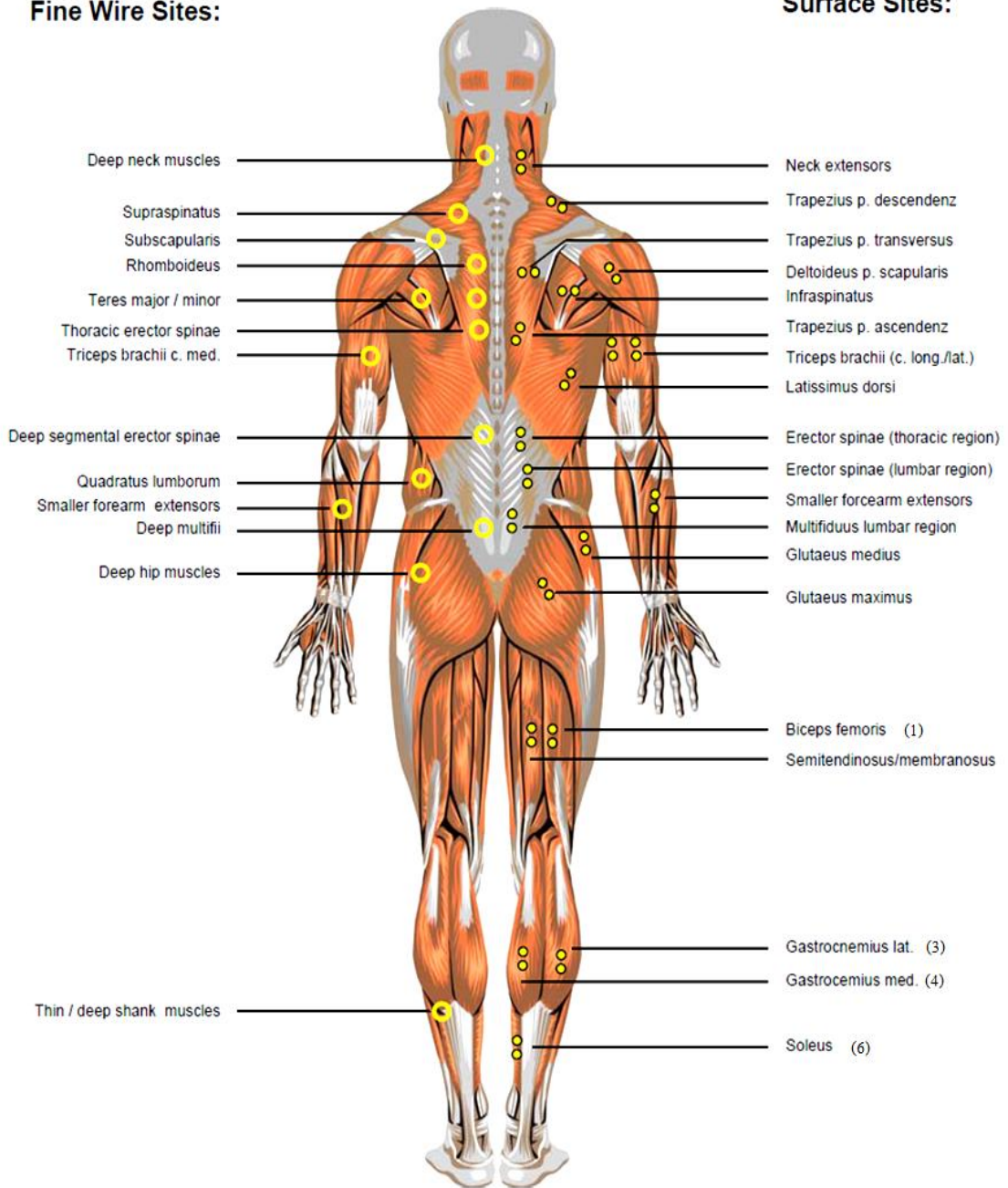
## ภาคผนวก จ

ภาพแสดงตำแหน่งการติดเซ็นเซอร์ EMG เฉพาะกล้ามเนื้อ 6 มัดตามหมายเลข 1 - 6



**Fine Wire Sites:**

**Surface Sites:**



### ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ : นายจิรายุ วงษ์ปัญญา

เกิดวันที่ : 31 พฤษภาคม 2530

สถานที่เกิด : จังหวัดนครปฐม

สถานที่อยู่ปัจจุบัน : 8 ม.6 ต.ลำพญา อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

ประวัติการศึกษา : สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา  
จากคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร  
เมื่อปีการศึกษา 2552  
เข้าศึกษาต่อปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาวิทยาการส่งเสริมสุขภาพ  
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การศึกษา 2555

ประสบการณ์การทำงาน : เจ้าหน้าที่สำนักงาน วิทยาศาสตร์การกีฬา P7  
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ปีพ.ศ.2554-ปัจจุบัน

ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์

ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ จากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2559