

# ระยะเท้าเหนือสิ่งกีดขวางและมุมข้อต่อร่างกายขณะเดินใส่รองเท้าส้นสูงก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

## Foot clearance distance and joint kinematics during stepping over an obstacle

### in high heeled gait

ทิพวัลย์ มีแต่้ม\*, ภาวิณี เจริญสิทธิทรัพย์, อาภา พันธมณฑา, วิธวินท์ แซ่ลี

Tippawan Meetam\*, Pawinee Charoensittisup, Apa Panmontha, Witthawin Sae-Lee

สาขาวิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Division of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakharinwirot University

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เปรียบเทียบมุมข้อต่อและระยะเท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางระหว่างใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง อาสาสมัครเพศหญิงสุขภาพดี 12 คน (อายุเฉลี่ย  $20.58 \pm 1.50$  ปี) เข้าร่วมการศึกษา อาสาสมัครเดินบนทางเดินยาว 9 เมตร ด้วยความเร็วปกติและก้าวข้ามสิ่งกีดขวางใน 2 สถานการณ์ คือ เมื่อเดินใส่รองเท้าส้นสูงและเดินเท้าเปล่า สิ่งกีดขวางถูกวางตรงกึ่งกลางของทางเดินและความสูงของสิ่งกีดขวางเท่ากับ 20% ของความยาวขาข้างขวาของอาสาสมัครแต่ละคน ผู้วิจัยเก็บข้อมูลมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้า ในแนวระนาบข้าง ระยะทางระหว่างปลายเท้าและสันเท้าเหนือสิ่งกีดขวางในแนวตั้ง ของทั้งขาหน้าและขาตาม ในขณะที่เท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวาง สถิติ Paired-t test ใช้เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างขณะสวมใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่า ผลการศึกษาพบว่าเมื่อใส่รองเท้าส้นสูง ระยะระหว่างปลายเท้าเหนือสิ่งกีดขวางเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในขาหน้า ( $p$ -value  $< 0.001$ ) และขาตาม ( $p$ -value  $< 0.05$ ) มุมข้อเท้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงทั้งในขาหน้า ( $p$ -value  $< 0.001$ ) และขาตาม ( $p$ -value  $< 0.05$ ) โดยข้อเท้าอยู่ในลักษณะปลายเท้าเหยียดลง มุมข้อสะโพกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงในทั้งขาหน้า ( $p$ -value  $< 0.01$ ) และขาตาม ( $p$ -value  $< 0.05$ ) การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เมื่อใส่รองเท้าส้นสูงซึ่งจำกัดการเคลื่อนไหวของข้อเท้าร่วมกับก้าวข้ามสิ่งกีดขวางนั้น ทำให้มีการเคลื่อนไหวทดแทนโดยข้อสะโพกเพิ่มมากขึ้นในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวางทั้งในขาหน้าและขาตาม

#### Abstract

The purpose of this study was to compare joint kinematics and clearance distances during obstacle crossing between wearing high heel shoes (HH) and bare feet (BF) conditions. Twelve healthy young female subjects ( $N = 12$ ; aged  $20.58 \pm 1.50$  years) were participated in this study. The subjects were asked to walk along a 9-meter walkway at preferred speed and step over an obstacle in two conditions; wearing HH shoes and BF. The obstacle was set up at the middle of walkway and its height was adjusted to 20% of individual's right leg length. Angular displacement of the hip, knee and ankle joints in sagittal plane, vertical toe and heel clearance distances in leading limb (LL) and trailing limb (TL) when the foot was over the obstacle were recorded. A paired-t test was used to test for the differences between HH and BF conditions. Results showed that the vertical toe clearance distance was significantly higher in HH condition for both LL ( $p$ -value  $< 0.001$ ) and TL ( $p$ -value  $< 0.05$ ). The ankle angle was greater in HH condition representing as ankle plantar flexion for LL ( $p$ -value  $< 0.001$ ) and TL ( $p$ -value  $< 0.05$ ). A significantly smaller hip angle was observed in HH condition for LL ( $p$ -value  $< 0.05$ ) and TL ( $p$ -value  $< 0.01$ ). This present study concluded that the restriction of ankle joint motion imposed by high heeled shoes during obstacle crossing was

\*Corresponding author: Tippawan Meetam. Division of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Srinakharinwirot University, E-mail: tippawano@swu.ac.th

compensated by flexion of the hip for LL and TL limbs.

**Keywords:** Obstacle crossing, High-heeled shoe, Gait, Biomechanics, Vertical clearance

## บทนำ

รองเท้าส้นสูงเป็นที่นิยมในปัจจุบันซึ่งทำให้ผู้สวมใส่มีบุคลิกภาพดีและดูสวยงาม ขณะเดียวกันมีงานวิจัยจำนวนมากแสดงให้เห็นว่าลักษณะรูปแบบการเดินจะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อใส่รองเท้าส้นสูง<sup>1-3</sup> Nwankwo และคณะ ในปี 2012 ศึกษาลักษณะการเดินของผู้ที่ใส่รองเท้าที่มีขนาดความสูงแตกต่างกันพบว่า ผู้ที่ใส่รองเท้าที่มีความสูงของส้นรองเท้าสูงกว่าหรือเท่ากับ 7.8 เซนติเมตร จะมีระยะก้าวสั้นลง จำนวนก้าวต่อนาทีเพิ่มขึ้น และความเร็วการเดินลดลงเมื่อเทียบกับการเดินเท้าเปล่า<sup>3</sup> อีกทั้งยังพบว่าองศาการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นมีค่าลดลงตลอดช่วงของการเดิน, องศาการงอข้อเข่าลดลงในช่วง swing phase ขณะที่องศาการเคลื่อนไหวของการงอข้อสะโพกมีค่าเพิ่มมากขึ้นขณะที่ใส่รองเท้าส้นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับกรเดินเท้าเปล่า<sup>1</sup> นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าความมั่นคงของร่างกายขณะเดินจะลดลงเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงที่มีลักษณะพื้นรองเท้าส้นรองเท้าเล็กและแคบ<sup>5</sup>

การเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางเป็นกิจกรรมประจำวันที่เกี่ยวข้องต่อการสะดุดล้มโดยเฉพาะในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ในขณะที่ก้าวข้ามสิ่งกีดขวางนั้นผู้ที่ก้าวข้ามจำเป็นต้องยกขาสูงเพื่อให้เท้าลอยพ้นสิ่งกีดขวาง งานวิจัยในอดีตรายงานว่าระยะทางระหว่างเท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางในแนวตั้ง (vertical clearance distance) ของขาหน้า (Leading limb, LL) และขาตาม (Trailing limb, TL) ในขณะที่ก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง มีค่ามากกว่าระยะเท้าลอยพ้นพื้น เมื่อเดินทางราบ<sup>6,7</sup> นอกจากนี้ ยังมีผู้รายงานถึงความแตกต่างขององศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้า ข้อเข่า และข้อสะโพกร่วมกับลำตัว ความแตกต่างของมุมข้อต่อเหล่านี้ในขาทั้งสองข้างนี้จะพบได้ในทุกระนาบการเคลื่อนไหวแต่ละ

เด่นชัดในระนาบ sagittal ในขณะที่เท้าอยู่เหนือสิ่งกีดขวาง<sup>7</sup>

จากการทบทวนวรรณกรรมจะเห็นได้ว่าทั้งการใส่รองเท้าส้นสูงเดินและการก้าวข้ามสิ่งกีดขวางก็เป็นกิจกรรมประจำวันที่เกี่ยวข้องกับการล้ม ซึ่งรูปแบบการเคลื่อนไหวข้อต่อร่างกายทั้งสองกิจกรรมมีลักษณะที่แตกต่างกัน รองเท้าส้นสูงจะจำกัดการเคลื่อนไหวข้อเท้าเป็นหลัก จึงส่งผลให้องศาการเคลื่อนไหวของข้อเท้าลดลง ผู้สวมใส่รองเท้าส้นสูงเดินจึงมีการเคลื่อนไหวข้อสะโพกและข้อเข่าเพิ่มขึ้นทดแทน สำหรับการก้าวข้ามสิ่งกีดขวางให้ได้ปลอดภัยนั้นต้องอาศัยการทำงานประสานงานกันของทุกข้อต่อ ซึ่งประกอบด้วยข้อเท้า ข้อเข่า ข้อสะโพกรวมถึงลำตัว จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ยังไม่ปรากฏงานวิจัยที่เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเดินใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาว่ามุมข้อต่อเหล่านี้จะมีลักษณะอย่างไรเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงร่วมกับเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ผู้ที่ใส่รองเท้าส้นสูงอาจจำเป็นต้องงอข้อสะโพกและเข่าให้มากยิ่งขึ้นซึ่งเป็นการทดแทนการเคลื่อนไหวที่ถูกจำกัดในส่วนข้อเท้าเพื่อให้ก้าวข้ามสิ่งกีดขวางได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้การถูกจำกัดการเคลื่อนไหวที่ข้อเท้าอาจทำให้งานก้าวข้ามสิ่งกีดขวางขณะใส่รองเท้าส้นสูงมีความยากและเสี่ยงต่อการสะดุดสิ่งกีดขวางล้มได้ การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยจึงสนใจเปรียบเทียบองศาข้อสะโพก (hip angle) ข้อเข่า (knee angle) และข้อเท้า (ankle angle), ระยะปลายเท้าเหนือสิ่งกีดขวาง (vertical toe clearance distance) และ ระยะส้นเท้าเหนือสิ่งกีดขวาง (vertical heel clearance distance) ระหว่างเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางขณะใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่า

## วิธีการวิจัย

### กลุ่มตัวอย่าง

อาสาสมัครเพศหญิงสุขภาพดีจำนวน 12 คน ที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ดัชนีมวลกายอยู่ในเกณฑ์

18.5-24.9 กิโลกรัม/เมตร<sup>2</sup> สามารถเดินได้เองโดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน และถนัดขาขวาซึ่งทดสอบจากการสังเกตอาสาสมัครทำกิจกรรมดังนี้ โดยอาสาสมัครต้องใช้ขาข้างขวาเตะลูกบอล, ใช้ขาข้างขวาเตะเลข 8 บนพื้นและก้าวขาขวาไปด้านหน้าหนึ่งก้าวยังจุดที่กำหนดทางด้านหน้า<sup>๑</sup> เกณฑ์การคัดออกประกอบด้วย มีความผิดปกติของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อของขาทั้ง 2 ข้าง มีประวัติข้อเท้าแพลงภายใน 1 ปี มีความผิดปกติทางระบบประสาทที่ส่งผลการทรงตัวและการเดิน มีความแตกต่างของความยาวขาทั้ง 2 ข้างเกิน 1 เซนติเมตร (วัดระยะจาก ASIS ถึง lateral malleolus ทั้งสองข้าง) การประเมินตามเกณฑ์การคัดออกจะประเมินจากการสอบถาม การสังเกต และการวัดความยาวขา การศึกษา

#### ขั้นตอนการศึกษา

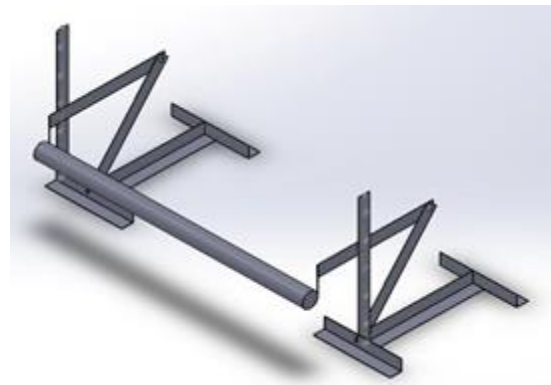
1. อาสาสมัครลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการศึกษาและตอบแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป ซึ่งนำหน้ากวดส่วนสูง ผู้วิจัยวัดความยาวขาของอาสาสมัครและปรับสิ่งกีดขวางให้มีความสูงเท่ากับ 20% ของความยาวขาข้างขวาของอาสาสมัครแต่ละคน

2. อาสาสมัครสุ่มเลือกลำดับสถานการณ์การทดสอบซึ่งผู้วิจัยกำหนดวิธีการสุ่มเป็นแบบ block randomized ใน 2 กรณีดังนี้ 1. เดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง 2. ใส่รองเท้าส้นสูงเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง รองเท้ามีลักษณะเป็นรองเท้าส้นสูง ส้นเท้าเล็กแหลม ความสูงของส้นรองเท้า 9 เซนติเมตร พื้นที่บริเวณส้นรองเท้าขนาด 3 ตารางเซนติเมตร (รูปที่ 1) สิ่งกีดขวางเป็นแท่งพลาสติกทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร วางอยู่บนฐานเหล็กที่ปรับระดับความสูงได้ (รูปที่ 2) หลังจากนั้นอาสาสมัครฝึกเดินบนทางเดินที่มีความยาว 9 เมตร และก้าวข้ามสิ่งกีดขวางที่วางอยู่กึ่งกลางทางเดิน ขณะใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าจนกระทั่งคุ้นชินกับรองเท้า ทางเดิน และ

การเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง โดยใช้เวลาการฝึกซ้อมรวมทั้งสิ้นประมาณ 15 นาที



รูปที่ 1 รองเท้าส้นสูงขนาดความสูง 9 เซนติเมตร



รูปที่ 2 สิ่งกีดขวางและฐานปรับระดับ

3. ผู้วิจัยติดมาร์กเกอร์แบบสะท้อนแสงตามตำแหน่งของปุ่มกระดูกในร่างกายด้านซ้ายและขวา<sup>๑</sup> ดังนี้ acromioclavicular joint, greater trochanter, lateral condyle of femur, lateral malleolus, lateral head of the 5<sup>th</sup> metatarsal, the 1<sup>st</sup> toe และ heel มาร์กเกอร์ที่ตำแหน่ง lateral head of the 5<sup>th</sup> metatarsal, the 1<sup>st</sup> toe และ heel จะถูกติดบนผิวหนังของอาสาสมัครตามตำแหน่งปุ่มกระดูกในสถานการณ์เดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง สำหรับสถานการณ์ใส่รองเท้าส้นสูงเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางมาร์กเกอร์เหล่านี้จะถูกติดบนรองเท้าตามตำแหน่งปุ่มกระดูกแทน นอกจากนี้ ผู้วิจัยติดมาร์กเกอร์ที่ตำแหน่งปลายสุดของส้นรองเท้าทั้งสองข้าง และตำแหน่งสูงสุดของสิ่งกีดขวาง (รูปที่ 3 A) โดยก่อนเริ่ม

กระบวนการเก็บข้อมูลในครั้งแรก ผู้วิจัยได้ฝึกคลำหาตำแหน่งปุ่มกระดูก่างกายและติดมาร์กเกอร์กับนักกายภาพบำบัดที่มีความเชี่ยวชาญจนได้ตำแหน่งที่ถูกต้องและแม่นยำ

4. ผู้วิจัยเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวโดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ (Vicon motion analysis) โปรแกรม Vicon nexus รุ่น 1.8.2 กำหนดค่า sampling frequency ที่ 120 Hz<sup>10</sup> ขณะทดสอบอาสาสมัครเดินบนทางเดินด้วยความเร็วปกติและก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง โดยก้าวขาขวาก้าวข้ามสิ่งกีดขวางก่อน (LL) และตามด้วยขาซ้าย (TL) จากนั้นเดินด้วยความเร็วปกติจนสุดปลายทางเดิน อาสาสมัครถูกทดสอบให้เดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางในสถานการณ์อันดับแรกที่สุดได้ก่อนเป็นจำนวน 3 ครั้ง ผู้วิจัยกำหนดให้อาสาสมัครนั่งพัก 2 นาทีระหว่างการทำทดสอบแต่ละครั้งเพื่อป้องกันอาการล้าที่อาจเกิดขึ้น หลังจากเสร็จสิ้นการทดสอบในสถานการณ์อันดับแรกอาสาสมัครจะนั่งพัก 10 นาที จากนั้นจะถูกทดสอบตามสถานการณ์ที่สองเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยอาสาสมัครจะนั่งพัก 2 นาทีระหว่างการทำทดสอบแต่ละครั้ง

5. ผู้วิจัยกรองข้อมูลดิบโดยใช้ 4<sup>th</sup> order Butterworth filter กำหนดค่า cut-off frequency ที่ 10 Hz<sup>10</sup> และสร้าง segment จากตำแหน่งของมาร์กเกอร์ดังนี้

5.1 Foot segment (มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Lateral malleolus และ Lateral head of the 5<sup>th</sup> metatarsal)

5.2 Shank segment (มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Lateral condyle of femur และ Lateral malleolus)

5.3 Thigh segment (มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Greater trochanter และ Lateral condyle of femur)

5.4 Trunk segment (มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Acromioclavicular joint และ Greater trochanter)

ผู้วิจัยคำนวณ Absolute angle relative to right horizontal line<sup>11</sup> ของแต่ละ segment ( $\theta_{segment}$ ) ซึ่งประกอบด้วย  $\theta_{foot}$ ,  $\theta_{shank}$ ,  $\theta_{thigh}$ ,  $\theta_{trunk}$  การคำนวณจะ

ใช้ข้อมูลพิกัดตำแหน่งมาร์กเกอร์ที่ประกอบเป็น segment นั้นๆ ในระนาบ sagittal

$$\theta_{segment} = \text{ATAN2}(y, x)$$

$\theta$  คือ Absolute angle relative to right horizontal line x, y คือ พิกัดมาร์กเกอร์ตำแหน่งชิดมุม (proximal) และตำแหน่งส่วนปลาย (distal)

6. ผู้วิจัยวัดระยะและคำนวณมุม ดังนี้

6.1 Vertical toe clearance: ระยะห่างในแนวตั้งระหว่างมาร์กเกอร์ตำแหน่งสูงสุดของสิ่งกีดขวางและตำแหน่ง The 1<sup>st</sup> toe

6.2 Vertical heel clearance: ระยะห่างในแนวตั้งระหว่างมาร์กเกอร์ตำแหน่งสูงสุดของสิ่งกีดขวางและตำแหน่ง Heel (สถานการณ์เดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง) หรือตำแหน่งปลายสุดของส้นรองเท้า (สถานการณ์ใส่รองเท้าส้นสูงเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง)

ผู้วิจัยคำนวณ ankle angle, knee angle และ hip angle<sup>11</sup> โดยใช้ข้อมูล absolute angle relative to right horizontal line ของ segment ต่างๆ ดังนี้

6.3 Ankle angle: มุมระหว่าง Foot segment และ Shank segment

$$\text{Ankle angle} = \text{abs}(\theta_{foot}) + \text{abs}(\theta_{shank})$$

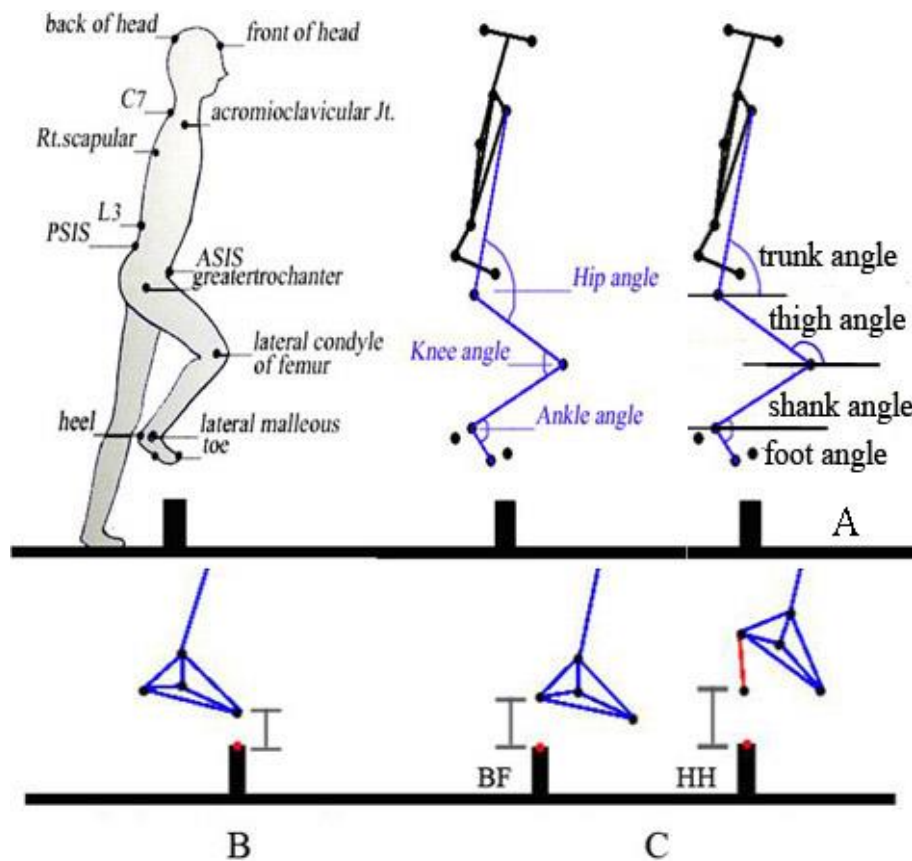
6.4 Knee angle: มุมระหว่าง Shank segment และ Thigh segment

$$\text{Knee angle} = \text{abs}(\theta_{shank}) + (180 - \text{abs}(\theta_{thigh}))$$

6.5 Hip angle: มุมระหว่าง Thigh segment และ Trunk segment

$$\text{Hip angle} = (180 - \text{abs}(\theta_{thigh})) + \text{abs}(\theta_{trunk})$$

ผู้วิจัยใช้ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบซ้ำ 3 ครั้งของระยะและมุมดังกล่าวขณะที่เท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางในแต่ละสถานการณ์มาคำนวณทางสถิติ การวัดมุมข้อต่อแสดงดังรูป 3A ระยะ vertical toe clearance and heel clearance แสดงดังรูป 3B และ 3C ตามลำดับ



**รูปที่ 3** A ตำแหน่งการติด Reflective markers บนร่างกายและการวัด hip angle, knee angle และ ankle angle, B การวัดระยะ vertical toe clearance ขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางในทั้ง 2 กรณี, C การวัด ระยะ vertical heel clearance ขณะเดินเท้าเปล่า (BF) และ ใส่รองเท้าส้นสูง (HH) ก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผู้วิจัยใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov Goodness of-fit test ทดสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลซึ่งพบว่าทุกข้อมูลมีการกระจายตัวแบบโค้งปกติ จึงใช้สถิติ Paired t-test เปรียบเทียบหาความแตกต่างของ vertical heel clearance distance, vertical toe clearance distance, hip angle, knee angle และ ankle angle ระหว่างเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางด้วยเท้าเปล่าและใส่รองเท้าส้นสูง ทั้งใน LL และ TL โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่  $p < 0.05$  สำหรับตัวแปรที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณขนาดอิทธิพล (effect size) โดยใช้สถิติ Cohen's  $d^{12}$  ต่อไป

#### ผลการวิจัย

##### ระยะระหว่างเท้าและสิ่งกีดขวางในแนวตั้ง (vertical clearance distance)

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางระหว่างใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ย vertical toe clearance distance ทั้งใน LL ( $p\text{-value} < 0.01$ ) และ TL ( $p\text{-value} < 0.05$ ) โดยระยะ vertical toe clearance distance มีค่ามากกว่าเมื่อใส่รองเท้าส้นสูง ทั้งใน LL และ TL อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของระยะ vertical heel clearance distance ใน LL และ TL

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมุมข้อต่อต่างๆ ขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางระหว่างใส่รองเท้าส้นสูง และเท้าเปล่าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ ankle angle ใน LL (p-value<0.01) และ TL (p-value<0.01), hip angle ใน LL (p-value<0.05) และ TL(p-value<0.01) แต่ไม่พบความแตกต่างของ knee angle ทั้งใน LL และ TL

ขนาดอิทธิพลสำหรับตัวแปรที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการศึกษานี้พบว่า ค่า ระยะ vertical toe clearance distance ทั้งใน LL และ TL และ ankle angle ใน LL มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับสูง ค่า hip angle ใน LL และ TL และ ค่า ankle angle ใน TL มีขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลาง<sup>12</sup> (ตารางที่1)

**ตารางที่1** ค่าเฉลี่ยระยะ Vertical toe and heel clearance, มุม hip, knee, ankle

Parameters	BF	HH	p-value	Effect size (Cohen's)
	Mean ± SD	Mean ± SD		
<b>Leading limb</b>				
Vertical toe clearance distance (mm)	165.38 ± 20.72	204.55 ± 40.42	0.000**	-1.89
Vertical heel clearance distance (mm)	161.15 ± 30.72	151.18 ± 47.39	0.424	-
Hip angle (degree)	121.57 ± 6.81	118.54 ± 7.99	0.037*	0.44
Knee angle (degree)	94.51 ± 9.18	94.12 ± 8.68	0.818	-
Ankle angle (degree)	119.80 ± 8.97	142.11 ± 6.43	0.000**	-2.49
<b>Trailing limb</b>				
Vertical toe clearance distance (mm)	157.29 ± 36.80	187.20 ± 46.71	0.045*	-0.81
Vertical heel clearance distance (mm)	313.76 ± 58.93	340.53 ± 60.86	0.335	-
Hip angle (degree)	163.84 ± 6.33	159.29 ± 6.20	0.009**	0.72
Knee angle (degree)	74.76 ± 6.91	74.29 ± 9.88	0.853	-
Ankle angle (degree)	135.30 ± 11.55	141.19 ± 9.03	0.010**	-0.51

HH = High heel, BF = Barefoot

p-value ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบบ Pair T- test

\*, \*\* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05, 0.01

**บทวิจารณ์**

การศึกษานี้เปรียบเทียบระยะระหว่างเท้าลอย อยู่เหนือสิ่งกีดขวางและมุมข้อต่อระหว่างเดินใส่รองเท้า ส้นสูงและเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ผลการศึกษา

พบว่า เมื่อใส่รองเท้าส้นสูงก้าวข้ามสิ่งกีดขวางระยะ vertical toe clearance distance ใน LL และ TL มีค่า มากกว่าขณะเดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวางอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเดินใส่รองเท้าส้นสูง ข้อเท้าจะ

ถูกจำกัดการเคลื่อนไหวให้อยู่ในลักษณะปลายเท้าเหยียดลงตลอดเวลา องศาของการกระดกข้อเท้าขึ้นลดลงเมื่อเทียบกับการเดินเท้าเปล่า<sup>1, 13</sup> จึงส่งผลให้อาสาสมัครต้องยกขาสูงขึ้นให้มากยิ่งขึ้นในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวางเพื่อลดความเสี่ยงต่อการสะดุดล้ม ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับหลายงานวิจัยในอดีต<sup>6, 7</sup> ที่รายงานว่า vertical toe clearance distance มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวางเมื่อเทียบกับเดินบนพื้นราบด้วยเท้าเปล่าใน TL และ LL ระยะที่เพิ่มมากขึ้นเป็นไปเพื่อลดความเสี่ยงต่อการสะดุดล้มขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง อย่างไรก็ตาม สำหรับการศึกษาคั้งนี้ ผู้วิจัยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของ vertical heel clearance distance ระหว่างเดินเท้าเปล่า (มาร์กเกอร์ตำแหน่ง Heel และตำแหน่งสูงสุดของสิ่งกีดขวาง) และเดินสวมใส่รองเท้าส้นสูง (มาร์กเกอร์ตำแหน่งปลายสุดของส้นรองเท้าและตำแหน่งสูงสุดของสิ่งกีดขวาง) ในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ทั้งใน LL และ TL ซึ่งอาจเป็นเพราะข้อเท้าถูกจำกัดการเคลื่อนไหวโดยรองเท้าส้นสูง<sup>1, 13</sup> อาสาสมัครจึงไม่สามารถกระดกข้อเท้าขึ้นได้ จากงานวิจัยในอดีตที่ศึกษาการเดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวางที่มีความสูงหลายระดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระยะ vertical heel clearance distance เมื่อเปรียบเทียบในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวางที่มีความสูงหลายระดับ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าระยะเท้าลอยพ้นเหนือสิ่งกีดขวางอาจมีค่าที่ถึงแม้จะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางที่มีระดับความสูงแตกต่างกัน<sup>7, 14</sup> นอกจากนี้งานวิจัยที่ศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวของข้อเท้าขณะเดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง<sup>7</sup> แสดงให้เห็นว่า ข้อเท้าจะอยู่ในลักษณะปลายเท้าเหยียดลงในช่วงก่อนยกเท้า (Toe off) จากนั้นจะเริ่มกระดกขึ้นเมื่อเท้ายกลอยพ้นพื้น ในส่วนของ LL องศาสูงสุดในการกระดกข้อเท้าอยู่ในช่วงก่อนที่เท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางเล็กน้อย หลังจากนั้นข้อเท้าจะเริ่มเหยียดลงเมื่อเท้าลอยพ้นสิ่งกีดขวางไปแล้ว สำหรับ TL พบรูปแบบ

การเคลื่อนไหวของข้อเท้าที่คล้ายกัน แต่องศาสูงสุดของการกระดกข้อเท้าเกิดขึ้นขณะเท้าลอยพ้นสิ่งกีดขวางไปแล้วเล็กน้อย จากการศึกษาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่าการกระดกข้อเท้าขึ้นเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งเพื่อให้เท้าลอยข้ามสิ่งกีดขวางได้พ้นอย่างปลอดภัย ปลายเท้าไม่สะดุดสิ่งกีดขวาง สำหรับการศึกษาคั้งนี้เป็นการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเดินสวมใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ดังนั้นเป็นไปได้ว่าการที่รองเท้าส้นสูงจำกัดการเคลื่อนไหวในการกระดกข้อเท้าขึ้น จึงส่งผลให้เท้าอยู่ในลักษณะปลายเท้าเหยียดลงตลอดเวลา<sup>1, 13</sup> โดยในขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางอาสาสมัครจึงต้องมีการเคลื่อนไหวทดแทนในข้อต่อส่วนอื่นของร่างกายซึ่งส่งผลให้ระยะ vertical toe clearance distance เพิ่มขึ้นในขณะที่ไม่มีความแตกต่างของระยะ vertical heel clearance distance เมื่อเปรียบเทียบกับการเดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

งานวิจัยในอดีตที่ศึกษาเกี่ยวกับการเดินขณะใส่รองเท้าส้นสูงพบว่าองศาการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะการกระดกข้อเท้าขึ้นจะลดลงตลอดช่วงของการเดิน<sup>1, 13</sup> ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาคั้งนี้ที่พบว่ามุมข้อเท้ามีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงข้อเท้าอยู่ในลักษณะปลายเท้าเหยียดลงทั้งใน LL และ TL ลักษณะปลายเท้าที่เหยียดลงอยู่ตลอดเวลาขณะใส่รองเท้าส้นสูงเกิดจากถูกจำกัดการเคลื่อนไหวจากรองเท้า จึงส่งผลให้การเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นลดน้อยลงอีกด้วย ดังนั้นผู้สวมใส่รองเท้าส้นสูงเดินจะกระดกข้อเท้าขึ้นได้น้อยลงในขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

เมื่อเปรียบเทียบองศาข้อเข่าระหว่างเดินใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ผลการศึกษาคั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของมุมการงอข้อเข่าขณะที่เท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางระหว่างใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่า Chen และคณะในปี 2004<sup>7</sup> ศึกษารูปแบบการเคลื่อนไหวข้อต่อขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางที่มีความสูงหลายระดับพบว่า ในส่วนของ LL เมื่อ

เท้าเริ่มยกลอยพ้นจากพื้น องศาในการงอข้อเข่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และข้อเข่าจะเปลี่ยนเป็นเหยียดออกในช่วงก่อนที่เท้าจะลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวาง จากนั้นจะเหยียดออกเรื่อยๆจนสุดในขณะที่วางเท้า องศาสูงสุดของการงอข้อเข่าจึงอยู่ในช่วงก่อนที่เท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวาง สำหรับ TL เมื่อเท้าเริ่มยกลอยพ้นจากพื้นองศาการงอข้อเข่าจะเพิ่มมากขึ้นและข้อเข่าจะงอสูงสุดเมื่อเท้าลอยพ้นสิ่งกีดขวางไปแล้ว ดังนั้น จึงเป็นไปได้ว่าการที่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขององศาการงอเข่าในการศึกษาครั้งนี้ อาจเป็นเพราะช่วงเวลาที่นำมาวิเคราะห์ก็คือช่วงที่เท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางซึ่งไม่ใช่ช่วงที่ข้อเข่างอมากที่สุด ทั้งนี้ถ้าเปรียบเทียบองศาสูงสุดของการงอเข่าตลอดช่วงการก้าวข้ามสิ่งกีดขวางระหว่างเดินใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าอาจพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติก็เป็นได้ นอกจากนี้ การเคลื่อนไหวของข้อต่อขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวางนั้นไม่ได้เกิดขึ้นในระนาบ sagittal เพียงอย่างเดียว ข้อต่อมีการเคลื่อนไหวในระนาบอื่นๆร่วมด้วย เช่น การกางและการหมุน เป็นต้น<sup>7, 15</sup>

ผลการศึกษานี้ยังพบอีกว่าเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงก้าวข้ามสิ่งกีดขวางจะมีการเคลื่อนไหวทดแทนเกิดขึ้นที่ข้อสะโพกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในขาทั้งสองข้าง มุมข้อสะโพกในการศึกษานี้เป็นมุมระหว่างแนวขาที่อนบน (thigh segment) และแนวลำตัว (trunk segment) ดังนั้นองศาการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกที่ลดลงขณะใส่รองเท้าส้นสูงก้าวข้ามสิ่งกีดขวางคือผู้ที่ก้าวข้ามมีการงอข้อสะโพกมากขึ้นโดยการยกขาสูงขึ้นหรืออาจมีการยกขาพร้อมกับโน้มลำตัวมาด้านหน้ามากขึ้น เมื่อเทียบกับเดินเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง Chou และคณะในปี 2001<sup>16</sup> ศึกษาการเคลื่อนไหวของจุดศูนย์กลางร่างกาย (center of mass) ขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอาสาสมัครมีการงอข้อสะโพก ยกขา และโน้มลำตัวมาทางด้านหน้ามากขึ้นขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวางเมื่อเทียบกับขณะเดินทาบ การงอข้อสะโพกและยกขาให้สูงขึ้นขณะก้าวข้ามสิ่ง

กีดขวางเป็นไปเพื่อลดความเสี่ยงต่อการสะดุดสิ่งกีดขวางล้ม ขณะเดียวกันการโน้มลำตัวมาด้านหน้าร่วมด้วยในขณะที่ก้าวข้ามนั้นเป็นไปเพื่อสำหรับเพิ่มความมั่นคงของร่างกายให้มากยิ่งขึ้นเนื่องจากช่วยลดการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางร่างกายขึ้นทางด้านบนงานวิจัยในอดีตที่ศึกษาตำแหน่งจุดศูนย์กลางร่างกายขณะยืนใส่รองเท้าส้นสูงเปรียบเทียบกับยืนเท้าเปล่าพบว่า ตำแหน่งจุดศูนย์กลางร่างกายของผู้สวมใส่รองเท้าส้นสูงอยู่ในตำแหน่งที่สูงและอยู่ทางด้านหน้าของลำตัวมากกว่ายืนเท้าเปล่า ซึ่งเป็นผลจากความสูงและความลาดเอียงของรองเท้าที่ส่งผลให้น้ำหนักและแรงกดบริเวณเท้า (center of pressure) กระจายไปยังส่วนหน้าเท้ามากขึ้น<sup>2, 17</sup> ดังนั้นองศาการเคลื่อนไหวข้อสะโพกที่ลดลงเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงก้าวข้ามสิ่งกีดขวางจึงคาดว่าเป็นผลจากการช่วยลดการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางร่างกายขึ้นทางด้านบนเพื่อให้ร่างกายมีความมั่นคงมากยิ่งขึ้นในขณะที่ก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ผู้วิจัยไม่ได้วัดมุมการเคลื่อนไหวของลำตัวโดยตรง จึงไม่สามารถอภิปรายผลการศึกษาดังกล่าวอย่างแน่ชัดว่าองศาข้อสะโพกที่ลดลงขณะใส่รองเท้าส้นสูงเกิดจากการงอลำตัวร่วมด้วยหรือไม่ องศาที่ลดลงอาจหมายถึงการงอข้อสะโพก (hip flexion) ร่วมกันกับการงอลำตัว (trunk flexion) หรืออาจหมายถึงการงอข้อสะโพก (hip flexion) ร่วมกับการเหยียดลำตัว (trunk extension) ก็เป็นไปได้ ดังนั้น การอภิปรายถึงมุมการเคลื่อนไหวของลำตัวจึงเป็นข้อจำกัดในการศึกษานี้

ถึงแม้ว่าการศึกษานี้พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติขององศาการเปลี่ยนแปลงการงอข้อสะโพกระหว่างขณะเดินใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง แต่ความแตกต่างที่พบมีค่าประมาณ 3-4 องศา อีกทั้งผู้วิจัยไม่ได้ทำการวัดค่า reliability และ minimal detectable difference จึงไม่อาจทราบได้อย่างแน่ชัดว่าความแตกต่างเพียงเล็กน้อยนี้จะส่งผลให้ต่อความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิกอย่างแน่



ชัดหรือไม่ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการศึกษานี้อีกประการหนึ่ง ผู้วิจัยเห็นว่า ในการศึกษาครั้งถัดไปควรวัดค่า reliability และ minimal detectable difference ร่วมด้วยเพื่อจะได้ทราบความแตกต่างที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

เมื่อสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทุกตัวร่วมกันจะเห็นว่าขณะใส่รองเท้าส้นสูงก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ผู้สวมใส่รองเท้าส้นสูงจะขอข้อสะโพกเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเดินเท้าเปล่า ทั้งนี้เป็นการยกขาให้สูงขึ้นเพื่อให้ปลายเท้าลอยพ้นสิ่งกีดขวางได้อย่างปลอดภัย การขอข้อสะโพกจึงเป็นการเคลื่อนไหวทดแทนที่เกิดขึ้นจากการถูกจำกัดการกระดกข้อเท้าขึ้นโดยรองเท้าส้นสูง ในขณะที่องศาของข้อเข่าไม่มีความแตกต่างกันขณะเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง จากการที่ข้อสะโพกเพิ่มมากขึ้นเมื่อใส่รองเท้าส้นสูงจึงส่งผลให้ค่า vertical toe clearance distance สูงเพิ่มมากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามในการศึกษานี้ไม่พบความแตกต่างของระยะ vertical toe clearance distance ซึ่งอาจเป็นเพราะการถูกจำกัดการเคลื่อนไหวของการกระดกข้อเท้าขึ้นจากรองเท้าส้นสูง โดยรูปแบบการเปลี่ยนแปลงนี้พบทั้งใน TL และ LL ขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าเมื่ออาสาสมัครใส่รองเท้าส้นสูงซึ่งจำกัดการเคลื่อนไหวข้อเท้าเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางพบว่าอาสาสมัครขอข้อสะโพกเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับเดินเท้าเปล่าขณะก้าวข้ามสิ่งกีดขวาง ค่าระยะปลายเท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางในแนวตั้งสูงเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ไม่พบความแตกต่างของระยะสันเท้าลอยอยู่เหนือสิ่งกีดขวางและมุมข้อเข่าในขาทั้งสองข้าง อย่างไรก็ตามมองศาการเปลี่ยนแปลงในการขอข้อสะโพกที่พบในการศึกษานี้มีค่าประมาณ 3-4 องศา ซึ่งองศาความแตกต่างเพียงเล็กน้อยนี้อาจไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางคลินิก อย่างไรก็ตามสำหรับตัวแปรที่ถูกรายงานว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการครั้งนี้มีอิทธิพลอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง ดังนั้น

ผลการศึกษาครั้งนี้จึงสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับอธิบายถึงความแตกต่างระหว่างการใส่รองเท้าส้นสูงและเท้าเปล่าเดินก้าวข้ามสิ่งกีดขวางสำหรับการศึกษาดังกล่าวต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ประจำปี 2557

### เอกสารอ้างอิง

1. Ucanok GM, Peterson DR. Knee and ankle deviations during high-heeled gait. In: Proceedings of the IEEE 32nd Annual Northeast Bioengineering Conference; 2006 April 1-2; Easton, PA United States: IEEE 2006; [cited 2015 Oct 15]. 17-8. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1629730>
2. Cronin NJ. The effects of high heeled shoes on female gait: a review. J Electromyogr Kinesiol 2014; 24(2): 258-63.
3. Nwankwo MJ, Egwuonwu AV, Ezeukwu AO, Nwafulume CK. Effects of different heel heights on selected gait parameters of young undergraduate females. JPS 2012; 3(3): 9-14.
4. Lee C. The effects of lower extremity angle according to heel-height changes in young ladies in their 20s during gait. J Phys Ther Sci 2014; 26(7): 1055-58.
5. Chien HL, Lua TW, Liu MW. Control of the motion of the body's center of mass in relation to the center of pressure during high-heeled gait. Gait Posture 2013; 38(3): 391-6.
6. Chou LS, Draganich LF. Stepping over an obstacle increases the motions and moments

- of the joints of the trailing limb in young adults. *J Biomechanics* 1997; 30(4): 331-7.
7. Chen HL, Lu TW. Three-dimensional kinematic analysis of stepping over obstacles in young subjects. *Biomed Eng Appl Basis Commun* 2004; 16(3): 157-64.
  8. Bovonsunthonchai S, Hiengkaew V, Vachalathiti R. Obstacle crossing characteristics in the healthy young female and elderly female subjects. *Gait Posture* 2012; 64(2): 52-6.
  9. Gueguen N, Mathieu C, Robert G, Coyle T, Prince F, Mouchnino L. Inter-segmental coordination: Motor pattern in humans stepping over an obstacle with mechanical ankle joint friction. *J Biomech* 2005; 38(7): 1491-500.
  10. Doan JB, Bruin N, Pellis SM, Suchowersky O, Whishaw IQ, Brown LA. Obstacle avoidance amongst Parkinson disease patient is challenged in a threatening context. 2013 *J Neurodegener Dis* [Internet]. [cited 2015 Oct 15]; 2013:787861. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4437341/>
  11. Joseph H, Knutzen KM. Angular kinematics. In: Lupash E, editor. *Biomechanical basis of human movement*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2009: 337-66.
  12. อรุณ จีระวัฒน์กุล. การนำเสนอผลต่างของการสอนด้วยขนาดอิทธิพล. *วารสารวิชาการสาธารณสุข* 2556; 22(6): 935-6.
  13. Mika A, Oleksy L, Mika P, Marchewka A, Clark BC. The influence of heel height on lower extremity kinematics and leg muscle activity during gait in young and middle-aged women. *Gait Posture* 2012; 35(4): 677-80.
  14. Sparrow WA, Shinkfield AJ, Chow S, Begg RK. Characteristics of gait in stepping over obstacles. *Hum Mov Sci* 1996; 15(4): 605-22.
  15. Chou LS, Draganich LF. Increasing obstacle height and decreasing toe-obstacle distance affect the joint moments of the stance limb differently when stepping over an obstacle. *Gait Posture* 1998; 8(3): 186-204.
  16. Chou LS, Kaufman KR, Breyb RH, Draganich LF. Motion of the whole body's center of mass when stepping over obstacles of different heights. *Gait Posture* 2001; 13(1): 17-26.
  17. Cowley EE, Chevalier TL, Chockalingam N. The effect of heel height on gait and posture: a review of the literature. *J AM Podiatr Med Assoc* 2009; 99(6): 512-8.