

ผลของอายุและเพศต่อค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดิน ในผู้ใหญ่สุขภาพดี อายุ 20-69 ปี

ณัฐพร ประดิษฐ์พน^{1*}, พงษ์วรรณ ตันติพล¹

Received: October 18, 2016

Revised & Accepted: December 17, 2016

บทคัดย่อ

การเดินซึ่งเป็นกิจวัตรประจำวันปกติของคนโดยทั่วไป มีบทบาทสำคัญในทางคลินิกสำหรับการตรวจประเมินพยาธิสภาพที่ส่งผลต่อผู้ป่วยและคนสุขภาพดี ซึ่งพยาธิสภาพเหล่านั้นอาจนำไปสู่ปัญหาทางด้านสุขภาพได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอายุและเพศต่อค่าตัวแปร temporospatial และค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ (kinematic) ของการเดินในคนไทยวัยผู้ใหญ่ 20-69 ปี อาสาสมัคร 100 คน แบ่งเป็น 5 กลุ่มช่วงอายุ ได้แก่ ช่วงอายุ 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 และ 60-69 ปี ทำการวิเคราะห์การเดินแบบ 3 มิติโดยใช้เครื่องมือ VICON Mx system ซึ่งทำการเก็บข้อมูลตัวแปรช่วงเวลาในเชิงพื้นที่ของการเดินและช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อต่ออย่างครึ่งล่างในแนวระนาบซ้าย-ขวา จากนั้นนำข้อมูลมาทำการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มช่วงอายุและเพศโดยใช้สถิติ 2-Way ANOVA พบว่า จำนวนก้าวใน 1 นาที (ค่าเฉลี่ยชาย 113.61±7.87 และชาย 113.56±8.12 ก้าว/นาที) และความเร็วในการเดิน (ค่าเฉลี่ยชายและชาย 1.17±0.11 เมตร/วินาที) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มช่วงอายุ ในส่วนของความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดิน (ค่าเฉลี่ยชายและชาย 1.23±0.09 เมตร) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ นอกจากนี้พบว่า จำนวนก้าวใน 1 นาที และความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศชายและเพศหญิง ผลการศึกษาการเคลื่อนไหวข้อสะโพกและข้อเท้าพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ ($p<0.05$) และพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศในการเคลื่อนไหวข้อสะโพกและข้อเท้า ($p<0.05$) ในขณะที่การเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเพศชายและเพศหญิง สรุปได้ว่าอายุและเพศมีผลต่อจำนวนก้าวใน 1 นาที ความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดิน ความเร็วในการเดิน และการเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนล่างในแนวระนาบซ้าย-ขวา ซึ่งข้อมูลตัวแปรช่วงเวลาในเชิงพื้นที่และตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินในการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นตัวอ้างอิงสำหรับประชากรในวัยผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี และสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์การเดินในผู้ป่วยเปรียบเทียบกับคนปกติได้

คำสำคัญ : Gait, Age, Gender, Temporospatial gait parameters, Kinematic gait parameters

¹ภาควิชากายภาพบำบัด คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

*ผู้รับผิดชอบบทความ

Effects of age and gender on reference value of kinematic gait parameters among healthy Thai adults aged 20-69 years

Nuttaporn Praditpod^{1*}, Phongpan Tantipoon¹

Abstract

Walking, which is a common daily activity, plays a vital role in clinic for the evaluation of underlying pathology that may affect health related problems in patients and healthy people. We aimed to study effects of age and gender on temporospatial and kinematic gait parameters among Thai adults in the age range of 20-69 years. Participants were divided into 5 aged groups: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59 and 60-69 years. VICON system was utilized as a tool for three-dimensional gait analysis. The temporospatial parameters and lower extremity joint movements in sagittal plane were recorded. 2-Way ANOVA were used to compare all parameters between aged groups and genders. There were significant differences of the cadence (average of left leg 113.61 ± 7.87 and right leg 113.56 ± 8.12 step/min) and gait speed (average of left and right leg 1.17 ± 0.11 m/s) between aged groups. For the stride length (average of left and right leg 1.23 ± 0.09 m.), there were no significant difference between aged groups. Significant difference of cadence and stride length was also found between male and female. In conclusion, participants. For hip knee and ankle joint movements, there was significant difference among aged groups ($p < 0.05$). Statistically significant difference between gender was found in hip and knee joint movements ($p < 0.05$). Whereas, there were no significant differences between male and female in ankle joint movements. The age and gender have an effect on cadence, stride length, gait speed and lower limb movement in sagittal plane. Moreover, the temporospatial and gait kinematics data in this study can be served as reference values for healthy adults and data could be applied for gait analysis in patients.

Keywords: Gait, Age, Gender, Temporospatial gait parameters, Kinematic gait parameters

¹Department of Physical Therapy, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University

*Corresponding author: (e-mail: nuttaporn.p@allied.tu.ac.th)

บทนำ

การเดินเป็นกิจวัตรประจำวันของแต่ละคนและเป็นกิจกรรมพื้นฐานของมนุษย์ในการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ซึ่งการเดินนั้นจะต้องมีความปลอดภัยและเกิดการล้าต่อร่างกายน้อยที่สุด และพบว่าในช่วงวัยต่าง ๆ จะมีรูปแบบการเดินที่แตกต่างกัน โดยในวัยเด็กมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เวลาหลายเดือนเพื่อเรียนรู้วิธีการยืนและเดิน ในขณะที่ในวัยผู้ใหญ่ตอนปลายการเดินจะมีความท้าทายเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อลดลง มีการลดลงของการทรงตัว หรือมีโรคประจำตัวต่าง ๆ เกิดขึ้น ซึ่งส่งผลให้มีความปลอดภัยในการเดินลดลง ⁽¹⁾

การเดินที่ผิดปกติสามารถบ่งบอกถึงปัญหาทางด้านสุขภาพที่เกิดขึ้นในประชากรได้ ซึ่งการเดินที่ผิดปกตินั้นสามารถเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น เกิดจากการมีพยาธิสภาพการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อ ⁽²⁻⁵⁾ ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาได้ทำการวิเคราะห์การเดินในประชากรหลากหลายกลุ่มทั้งในกลุ่มผู้ที่มีสุขภาพดีทั่วไปหรือผู้ที่มีปัญหาทางด้านสุขภาพ เพื่อให้ทราบถึงความผิดปกติของการเดินที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยเมื่อเปรียบเทียบกับคนปกติทั่วไปที่ไม่มีปัญหาสุขภาพ ทั้งในวัยเด็ก วัยหนุ่มสาวหรือผู้สูงอายุ ซึ่งพบว่าค่าตัวแปรของการเดินในผู้สูงอายุมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับคนหนุ่มสาว และส่งผลต่อการรักษาสมดุลของร่างกายในขณะที่เดินของผู้สูงอายุ เช่น ในผู้สูงอายุที่ก้าวการล้าจะมีความเร็วในการเดินที่ช้ากว่าและความยาวของก้าวการเดินน้อยกว่ากลุ่มผู้สูงอายุที่ไม่ก้าวการล้าและได้มีการศึกษาเปรียบเทียบและวิเคราะห์รูปแบบการเดินระหว่างผู้สูงอายุเพศชายและเพศหญิง ซึ่งพบว่าลักษณะรูปแบบการเดินของเพศชายและเพศหญิงมีความแตกต่างกันโดยข้อมูลของรูปแบบการเดินที่แตกต่างกันระหว่างเพศชายและเพศหญิง หรือความแตกต่างระหว่างการเดินระหว่างผู้สูงอายุและวัยหนุ่มสาว มีประโยชน์ในการที่จะช่วยให้ทราบถึงความผิดปกติของการเดินได้ตั้งแต่ในระยะเริ่มต้น ^(1, 6-11)

ดังนั้นการศึกษาวเคราะห์การเดินในประชากรสุขภาพดีทั่วไปจึงมีความจำเป็นและมีความสำคัญในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับค่าปกติของประชากรในกลุ่มที่ต้องการศึกษาวิจัยเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับประชากรกลุ่มอื่น ๆ และเพื่อนำข้อมูลมาเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับประชากรในช่วงอายุต่าง ๆ ^(2-5, 9, 12-17) ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าในประชากรเชื้อชาติไทยในผู้ใหญ่ ยังไม่มีการศึกษาและเปรียบเทียบถึงค่าตัวแปรด้านกลศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของการเดิน

ของเพศชายและเพศหญิง และระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ กัน ซึ่งข้อมูลจากการวิจัยนี้จะสามารถช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชน เนื่องจากสามารถนำข้อมูลหรือองค์ความรู้ที่ได้มาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตรวจร่างกายสำหรับการวิเคราะห์หาปัญหาของการเดินที่ผิดปกติ ประเมินประสิทธิภาพของการรักษาและติดตามความก้าวหน้าของการรักษาในผู้ป่วยผู้สูงอายุหรือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความสามารถในการเล่นกีฬาของนักกีฬาหรือประชาชนโดยทั่วไป

วัตถุประสงค์และวิธีการ

อาสาสมัคร

ประชากรเชื้อชาติไทยวัยผู้ใหญ่ในเขตภาคกลาง เพศหญิงและชาย อายุระหว่าง 20-69 ปี จำนวน 100 คน มีค่าดัชนีมวลกายระหว่าง 18.5-24.9 และจะต้องไม่มีการบาดเจ็บทางด้านระบบกระดูกและกล้ามเนื้อบริเวณหลังส่วนล่างและรยางค์ส่วนล่างภายใน 1 สัปดาห์ก่อนเข้าร่วมการวิจัย ไม่เคยได้รับการผ่าตัดบริเวณหลังส่วนล่างและรยางค์ส่วนล่าง มีการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อรยางค์ส่วนล่าง มีปัญหาทางด้านระบบประสาท มีอาการหรืออาการแสดงของโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหัวใจ หลอดเลือดและทางเดินหายใจที่เป็นอุปสรรคต่อการเข้าร่วมการวิจัย มีความผิดปกติอื่นๆ ที่เป็นอุปสรรคในการเข้าร่วมการวิจัย เช่น มีปัญหากระดูกสันหลังคด มีความพิการหรือผิดปกติบริเวณหลังส่วนล่างและรยางค์ส่วนล่าง มีความยาวของรยางค์ส่วนล่างทั้ง 2 ข้างแตกต่างกันมากกว่า 1 เซนติเมตร เป็นต้น ซึ่งอาสาสมัครทุกคนจะได้รับการอธิบายถึงขั้นตอนการทำวิจัย และลงชื่อในใบยินยอม (inform consent form) ก่อนเริ่มกระบวนการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

อาสาสมัครจะถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม คือ ช่วงอายุ 20-29 ปี, ช่วงอายุ 30-39 ปี, ช่วงอายุ 40-49 ปี, ช่วงอายุ 50-59 ปี และช่วงอายุ 60-69 ปี ในแต่ละช่วงอายุจะมี 20 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 10 คน จากนั้นอาสาสมัครจะได้รับการวัดค่าสัดส่วนของร่างกาย และได้รับการติด markers ที่ส่วนล่างของร่างกาย ตามตำแหน่งอ้างอิงการติด marker ของ VICON Plug-in-Gait model จากนั้นเดินด้วยความเร็วปกติบนทางเดินในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (Lab Motion Analysis) โดยใช้เครื่องมือ 3 Dimensional motion analysis system (VICON MX

system, Oxford Metrics Ltd., Oxford, England) ซึ่งผู้วิจัยจะทำการบันทึกค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดิน (kinematics gait parameters) ได้แก่ จำนวนก้าวการเดินใน 1 นาที (sadenca), ความเร็วในการเดิน (gait speed), ความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดิน (stride length), ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก (hip joint) ข้อเข่า (knee joint) และข้อเท้า (ankle joint) ในแนวระนาบซ้าย-ขวา (sagittal plane)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้ Shapiro-Wilk Test เพื่อทดสอบลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล ในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ ใช้ 2-Way ANOVA ในการเปรียบเทียบค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินระหว่างเพศชายและเพศหญิง และระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ ในกรณีที่ข้อมูลมีการกระจายตัวไม่ปกติ ใช้ Kruskal-Wallis ในการเปรียบเทียบ

เทียบค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ และใช้ Mann-Whitney ในการเปรียบเทียบค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินระหว่างเพศชายและเพศหญิง โดยกำหนดให้ค่านัยสำคัญทางสถิติอยู่ที่ $\alpha = 0.05$

การวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาอนุมัติจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ชุดที่ 2 หนังสือรับรองเลขที่ 047/2557

ผลการศึกษา

ข้อมูลลักษณะของอาสาสมัคร

อาสาสมัครทั้งหมด 100 คน ถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ ช่วงอายุ 20-29 ปี, ช่วงอายุ 30-39 ปี, ช่วงอายุ 40-49 ปี, ช่วงอายุ 50-59 ปี และช่วงอายุ 60-69 ปี กลุ่มละ 20 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 10 คน ซึ่งลักษณะของอาสาสมัคร แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. ลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD)

ช่วงอายุ	ลักษณะของผู้เข้าร่วมวิจัย					
	อายุ (ปี)	ส่วนสูง (ม.)	น้ำหนัก (กก.)	ดัชนีมวลกาย (กก./ม ²)	ความยาวขา (มม.)	
					ซ้าย	ขวา
เพศหญิง						
20 – 29 ปี (n = 10)	23.60 (2.22)	1.62 (0.04)	56.33 (5.96)	21.55 (2.47)	843.00 (27.00)	843.00 (27.00)
30 – 39 ปี (n = 10)	34.20 (3.19)	1.56 (0.06)	55.11 (7.18)	22.52 (1.77)	797.70 (50.60)	797.70 (50.60)
40 – 49 ปี (n = 10)	43.70 (3.02)	1.57 (0.05)	55.20 (6.20)	22.27 (2.17)	821.00 (44.02)	821.00 (44.02)
50 – 59 ปี (n = 10)	57.00 (2.00)	1.58 (0.05)	55.50 (6.88)	22.11 (2.11)	823.00 (32.25)	823.00 (32.25)
60 – 69 ปี (n = 10)	62.60 (2.12)	1.55 (0.05)	55.38 (4.93)	22.97 (1.49)	829.50 (34.27)	829.50 (34.27)
เพศชาย						
20 – 29 ปี (n = 10)	24.50 (3.17)	1.77 (0.07)	68.08 (5.90)	21.85 (1.39)	914.00 (40.88)	913.50 (40.21)
30 – 39 ปี (n = 10)	34.90 (2.51)	1.68 (0.04)	63.70 (4.03)	22.56 (1.39)	844.50 (49.19)	844.00 (49.04)
40 – 49 ปี (n = 10)	44.50 (3.10)	1.71 (0.09)	67.95 (7.40)	23.27 (0.92)	865.00 (53.33)	865.00 (53.33)
50 – 59 ปี (n = 10)	54.50 (3.10)	1.63 (0.05)	62.42 (4.65)	23.51 (1.18)	839.50 (22.04)	839.50 (22.04)
60 – 69 ปี (n = 10)	64.40 (3.50)	1.65 (0.04)	60.84 (5.69)	22.29 (2.00)	837.00 (26.16)	837.00 (26.16)

ผลของช่วงอายุและเพศต่อค่าตัวแปรจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาที, ความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดิน และ ความเร็วในการเดิน

จากการศึกษาพบว่าในกลุ่มช่วงอายุ 30-39 ปี มีจำนวนก้าวการเดินเฉลี่ยใน 1 นาทีของชายซ้ายมากกว่ากลุ่มช่วงอายุ 20-29 ปี, 40-49 ปี และ 60-69 ปี อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($p<0.05$) และมีจำนวนก้าวการเดินเฉลี่ยใน 1 นาที ของชาวมามากกว่ากลุ่มช่วงอายุ 20-29 ปี และ 60-69 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) นอกจากนี้พบว่าจำนวน ก้าวการเดินเฉลี่ยใน 1 นาทีของชายและชามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศหญิงและชาย ($p<0.05$) และพบว่าค่าเฉลี่ยความยาวของการก้าว 1 ก้าว ของรอบวงจรการเดินในชายและชามีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญระหว่างช่วงกลุ่มอายุต่าง ๆ แต่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศหญิงและชาย ($p<0.001$) และพบว่าช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ย ความเร็วในการเดินของชายช้ากว่ากลุ่มอายุ 30-39 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความเร็วในการเดินระหว่าง เพศชายและเพศหญิง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาที (Cadence), ความยาวของการ ก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดิน (Stride length) และ ความเร็วในการเดิน (Gait speed) ของผู้เข้าร่วมการวิจัย แยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD)

	ชาย			หญิง		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Cadence (step/min)						
20-29 ปี	116.00 (6.88)	109.78 (6.30)	112.89 (7.17) ^b	116.00 (6.19)	109.27 (5.82)	112.63 (6.79) ^b
30-39 ปี	121.93 (11.12)	117.53 (6.03)	119.73 (8.99)	121.80 (11.75)	117.10 (5.70)	119.45 (9.31)
40-49 ปี	116.30 (6.70)	108.53 (5.69)	112.42 (7.24) ^b	117.67 (7.06)	108.23 (5.25)	112.95 (7.75)
50-59 ปี	113.57 (7.47)	113.87 (3.35)	113.72 (5.64)	113.80 (8.14)	113.07 (3.84)	113.43 (6.21)
60-69 ปี	108.70 (4.93)	109.89 (8.38)	109.30 (6.72) ^b	108.71 (5.04)	109.91 (9.53)	109.31 (7.45) ^b
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	115.30 (8.55)	111.92 (6.80) [*]	113.61 (7.87)	115.60 (8.80)	111.52 (6.87) [*]	113.56 (8.12)
Stride length (m)						
20-29 ปี	1.20 (0.09)	1.30 (0.06)	1.25 (0.09)	1.21 (0.09)	1.30 (0.06)	1.25 (0.09)
30-39 ปี	1.16 (0.06)	1.31 (0.11)	1.24 (0.12)	1.17 (0.06)	1.31 (0.11)	1.24 (0.12)
40-49 ปี	1.20 (0.07)	1.27 (0.08)	1.23 (0.08)	1.18 (0.07)	1.28 (0.08)	1.23 (0.09)
50-59 ปี	1.19 (0.06)	1.26 (0.04)	1.23 (0.06)	1.20 (0.08)	1.27 (0.03)	1.23 (0.07)
60-69 ปี	1.22 (0.09)	1.21 (0.07)	1.21 (0.08)	1.22 (0.08)	1.21 (0.07)	1.22 (0.08)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	1.19 (0.07)	1.27 (0.08) [*]	1.23 (0.09)	1.19 (0.08)	1.27 (0.08) ^{***}	1.23 (0.09)
Gait speed (m/s)						
20-29 ปี	1.16 (0.13)	1.19 (0.10)	1.18 (0.11)	1.17 (0.12)	1.19 (0.09)	1.18 (0.11)
30-39 ปี	1.18 (0.12)	1.29 (0.13)	1.23 (0.13)	1.19 (0.11)	1.28 (0.14)	1.23 (0.13)
40-49 ปี	1.16 (0.08)	1.14 (0.06)	1.15 (0.07)	1.16 (0.07)	1.15 (0.06)	1.15 (0.06)
50-59 ปี	1.13 (0.09)	1.20 (0.06)	1.16 (0.08)	1.13 (0.09)	1.20 (0.06)	1.16 (0.08)
60-69 ปี	1.10 (0.10)	1.11 (0.11)	1.11 (0.11) b	1.10 (0.10)	1.11 (0.11)	1.11 (0.11)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	1.15 (0.11)	1.18 (0.11)	1.17 (0.11)	1.15 (0.10)	1.18 (0.11)	1.17 (0.11)

หมายเหตุ * 2 Way ANOVA: $p<0.05$

** Kruskal-Wallis: $p<0.05$

*** Mann-Whitney: $p<0.05$

^a Bonferroni: $p<0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

^b Bonferroni: $p<0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 30-39 ปี

^c Bonferroni: $p<0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 40-49 ปี

^A Mann-Whitney: $p<0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

ผลของช่วงอายุและเพศต่อค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกในแนวระนาบซ้าย-ขวา ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน

จากการศึกษาพบว่าในช่วง heel contact ช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมองศาของข้อสะโพกของชายมากกว่าช่วงอายุ 20-29 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และพบว่าค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกของชายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศหญิงและชาย ($p<0.05$) ในช่วง foot flat พบว่าช่วงอายุ 40-49 ปี, 50-59 ปี และ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมองศาของข้อสะโพกของชายมากกว่าช่วงอายุ 20-29 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกของชายและชาว

ระหว่างเพศชายและเพศหญิง ในช่วง mid stance พบว่าค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกของชายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศหญิงและชาย ($p<0.05$) เท่านั้น ในช่วง heel off พบว่าค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกของชายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศหญิงและชาย ($p<0.05$) เช่นเดียวกับช่วง heel contact และ mid stance ในช่วง toe off พบว่าช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมเหยียดสะโพกของชายมากกว่าช่วงอายุ 20-29 ปี และ 30-39 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อสะโพกของชายและชาวระหว่างเพศชายและเพศหญิง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก (Hip joint) ในแนวระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD)

วงจรการเดิน	ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก (องศา)					
	ชาย			หญิง		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Heel contact						
20-29 ปี	24.38 (8.68)	24.93 (3.82)	24.66 (6.54)	27.33 (6.47)	27.10 (2.71)	27.22 (4.83)
30-39 ปี	27.24 (6.09)	26.40 (6.29)	26.82 (6.04)	29.39 (6.44)	24.74 (7.03)	27.07 (6.98)
40-49 ปี	28.86 (4.44)	29.38 (4.12)	29.12 (4.18)	28.33 (5.11)	27.22 (4.00)	27.78 (4.50)
50-59 ปี	31.32 (5.75)	27.81 (3.55)	29.57 (4.99)	30.83 (6.33)	26.90 (4.09)	28.86 (5.56)
60-69 ปี	32.68 (4.97)	28.44 (4.35)	30.56 (5.04) ^A	30.21 (4.91)	28.58 (4.44)	29.40 (4.63)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	28.90 (6.62)	27.39 (4.62)	28.14 (5.73)	29.22 (5.79)	26.91 (4.65) [*]	28.06 (5.35)
Foot flat						
20-29 ปี	18.86 (9.20)	20.45 (3.62)	19.65 (6.85)	23.05 (6.74)	22.92 (2.80)	22.98 (5.02)
30-39 ปี	22.47 (6.51)	22.61 (6.82)	22.54 (6.49)	25.49 (7.19)	20.83 (7.48)	23.16 (7.53)
40-49 ปี	24.70 (4.09)	26.08 (4.41)	25.39 (4.20) ^a	23.42 (5.79)	23.68 (4.60)	23.55 (5.09)
50-59 ปี	27.32 (7.27)	23.98 (4.26)	25.65 (6.05) ^a	27.46 (5.66)	23.62 (3.85)	25.54 (5.11)
60-69 ปี	26.93 (4.48)	24.32 (4.57)	25.62 (4.60) ^a	25.44 (4.75)	25.27 (4.61)	25.35 (4.56)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	24.05 (7.06)	23.49 (5.03)	23.77 (6.10)	24.97 (6.05)	23.26 (4.93)	24.12 (5.56)

ตารางที่ 3. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก (Hip joint) ในแนวระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD) (ต่อ)

วงจรการเดิน	ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพก (องศา)					
	ชาย			หญิง		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Mid stance						
20-29 ปี	-0.92 (7.76)	-0.42 (5.10)	-0.67 (6.39)	1.47 (6.84)	0.90 (4.09)	1.18 (5.49)
30-39 ปี	1.58 (5.07)	-2.56 (4.50)	-0.49 (5.34)	3.53 (6.27)	-3.74 (5.33)	-0.11 (6.78)
40-49 ปี	1.63 (4.90)	2.30 (3.49)	1.97 (4.16)	0.03 (5.45)	-1.34 (5.39)	-0.65 (5.32)
50-59 ปี	3.33 (5.88)	-0.34 (4.75)	1.49 (5.53)	3.19 (5.14)	-1.27 (4.54)	0.96 (5.25)
60-69 ปี	2.97 (6.89)	0.59 (2.74)	1.78 (5.25)	1.70 (5.06)	0.01 (4.66)	0.85 (4.81)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	1.72 (6.13)	-0.09 (4.44)	0.82 (5.40)	1.98 (5.70)	-1.09 (4.89) ^{***}	0.45 (5.50)
Heel off						
20-29 ปี	-9.20 (7.64)	-8.35 (5.72)	-8.77 (6.58)	-7.19 (7.26)	-7.45 (4.82)	-7.32 (6.00)
30-39 ปี	-6.01 (5.56)	-11.43 (4.92)	-8.72 (5.81)	-4.41 (6.32)	-12.38 (5.39)	-8.40 (7.03)
40-49 ปี	-6.81 (5.70)	-6.23 (4.58)	-6.52 (5.04)	-8.57 (5.58)	-9.47 (6.07)	-9.02 (5.69)
50-59 ปี	-5.28 (6.28)	-8.79 (5.10)	-7.04 (5.85)	-5.81 (5.06)	-9.75 (4.76)	-7.78 (5.19)
60-69 ปี	-6.71 (7.54)	-8.80 (2.98)	-7.75 (5.68)	-7.49 (5.76)	-9.57 (5.46)	-8.53 (5.56)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	-6.80 (6.47)	-8.72 (4.85)	-7.76 (5.77)	-6.69 (5.97)	-9.73 (5.34) ^{***}	-8.21 (5.84)
Toe off						
20-29 ปี	-7.88 (6.88)	-5.55 (6.33)	-6.71 (6.54)	-5.86 (7.60)	-4.94 (5.29)	-5.40 (6.39)
30-39 ปี	-3.26 (6.84)	-8.74 (3.94)	-6.00 (6.12)	-1.47 (5.64)	-8.57 (5.17)	-5.02 (6.40)
40-49 ปี	-7.87 (4.50)	-6.30 (6.60)	-7.09 (5.56)	-7.81 (4.40)	-5.94 (5.23)	-6.87 (4.80)
50-59 ปี	-7.86 (6.62)	-8.59 (5.39)	-8.22 (5.89)	-8.24 (6.87)	-9.56 (5.15)	-8.90 (5.95)
60-69 ปี	-9.44 (6.97)	-10.65 (4.07)	-10.05 (5.59)	-11.99 (3.75)	-10.24 (4.75)	-11.11 (4.26) ^{a,b}
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	-7.26 (6.51)	-7.97 (5.48)	-7.61 (6.00)	-7.07 (6.58)	-7.85 (5.33)	-7.46 (5.97)

หมายเหตุ คำบวก หมายถึง มุมการเคลื่อนไหวในท่างอสะโพก (Hip flexion)
 คำลบ หมายถึง มุมการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดสะโพก (Hip extension)
 * 2 Way ANOVA: $p < 0.05$
 ** Kruskal-Wallis: $p < 0.05$
 *** Mann-Whitney: $p < 0.05$
 a Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี
 b Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 30-39 ปี
 c Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 40-49 ปี
 A Mann-Whitney: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

ผลของช่วงอายุและเพศต่อค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในแนวระนาบซ้าย-ขวาในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน

จากการศึกษาพบว่า ในช่วง heel contact มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเข่าของขาซ้ายและขวาระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ($p<0.05$) ในช่วง foot flat พบว่าพบว่ามีเพียงค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเข่าของขาขวามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างเพศหญิงและชาย ($p<0.05$) ในช่วง mid stance พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเข่าของขาซ้ายและขวาระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ($p<0.05$) ในช่วง heel off พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเข่าของขาซ้าย

และขวาระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ($p<0.01$) เช่นเดียวกับช่วง heel contact และ mid stance นอกจากนี้พบว่ามีเพียงช่วง toe off เท่านั้นที่ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยมุมงอเข้าของขาซ้ายและขวาระหว่างกลุ่มช่วงอายุต่าง ๆ โดยช่วงอายุ 40-49 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมงอเข้าของขาซ้ายน้อยกว่าช่วงอายุ 30-39 ปี นอกจากนี้ช่วงอายุ 50-59 ปี และ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมงอเข้าของขาขวาน้อยกว่าช่วงอายุ 20-29 ปี และพบว่าช่วงอายุ 40-49 ปี, 50-59 ปี และ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมงอเข้าของขาขวาน้อยกว่าช่วงอายุ 30-39 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) และยังพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเข่าของขาซ้ายระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ($p<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า (Knee joint) ในแนวระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD)

วงจรการเดิน	ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า (องศา)					
	ซ้าย			ขวา		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Heel contact						
20-29 ปี	1.68 (6.32)	-0.01 (5.80)	0.84 (5.96)	3.30 (3.22)	0.57 (5.40)	1.93 (4.55)
30-39 ปี	3.71 (3.57)	-1.17 (6.66)	1.27 (5.77)	7.77 (3.52)	-1.26 (9.67)	3.26 (8.46)
40-49 ปี	1.77 (5.06)	-0.94 (5.09)	0.42 (5.13)	4.34 (6.95)	-2.39 (6.26)	0.97 (7.31)
50-59 ปี	2.44 (4.75)	-1.60 (5.68)	0.42 (5.50)	2.87 (8.78)	-2.67 (6.03)	0.10 (7.86)
60-69 ปี	4.11 (6.75)	2.87 (6.93)	3.49 (6.69)	0.98 (6.76)	1.84 (7.07)	1.41 (6.75)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	2.74 (5.28)	-0.17 (6.04)***	1.29 (5.83)	3.85 (6.38)	-0.78 (6.98)*	1.53 (7.05)
Foot flat						
20-29 ปี	3.58 (6.81)	4.68 (6.73)	4.13 (6.62)	9.61 (4.56)	6.27 (7.03)	7.94 (6.02)
30-39 ปี	11.00 (3.97)	6.03 (9.11)	8.52 (7.30)	15.05 (3.59)	5.21 (10.44)	10.13 (9.12)
40-49 ปี	8.78 (5.50)	5.64 (5.53)	7.21 (5.61)	8.41 (7.21)	4.76 (5.81)	6.58 (6.64)
50-59 ปี	9.02 (7.21)	5.20 (7.76)	7.11 (7.55)	10.14 (8.97)	3.72 (7.28)	6.93 (8.61)
60-69 ปี	8.56 (7.67)	7.62 (6.52)	8.09 (6.94)	5.54 (8.25)	8.96 (7.83)	7.25 (8.02)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	8.19 (6.60)	5.84 (7.01)	7.01 (6.87)	9.75 (7.26)	5.78 (7.72)*	7.77 (7.72)

ตารางที่ 4. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า (Knee joint) ในแนวระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD) (ต่อ)

วงจรการเดิน	ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่า (องศา)					
	ชาย			หญิง		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Mid stance						
20-29 ปี	-1.35 (3.80)	-1.38 (5.30)	-1.36 (4.49)	1.08 (3.66)	-0.40 (5.98)	0.34 (4.89)
30-39 ปี	3.98 (4.33)	-4.21 (4.92)	-0.11 (6.17)	5.95 (2.90)	-5.31 (5.63)	0.32 (7.24)
40-49 ปี	-1.01 (4.98)	-2.91 (3.88)	-1.96 (4.45)	-2.29 (6.61)	-6.38 (5.12)	-4.33 (6.13)
50-59 ปี	-0.08 (5.73)	-3.75 (6.26)	-1.92 (6.14)	0.09 (6.58)	-5.64 (6.26)	-2.77 (6.91)
60-69 ปี	1.01 (7.15)	-2.00 (5.41)	-0.50 (6.36)	-2.65 (6.12)	-3.05 (7.07)	-2.85 (6.44)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	0.51 (5.46)	-2.85 (5.11)*	-1.17 (5.53)	0.44 (6.05)	-4.15 (6.20)*	-1.86 (6.52)
Heel off						
20-29 ปี	-1.87 (4.55)	-1.88 (5.82)	-1.88 (5.09)	-0.29 (3.70)	-1.67 (6.49)	-0.98 (5.19)
30-39 ปี	4.04 (4.77)	-4.54 (4.52)	-0.25 (6.31)	5.38 (2.25)	-6.13 (5.63)	-0.38 (7.23)
40-49 ปี	-1.55 (4.86)	-4.66 (3.69)	-3.10 (4.49)	-3.40 (6.41)	-7.85 (5.46)	-5.62 (6.23)
50-59 ปี	-1.01 (6.64)	-5.03 (5.37)	-3.02 (6.23)	-1.54 (6.81)	-6.46 (6.48)	-4.00 (6.94)
60-69 ปี	-0.86 (7.11)	-4.30 (5.29)	-2.58 (6.35)	-3.89 (6.53)	-5.12 (7.08)	-4.50 (6.66)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	-0.25 (5.88)	-4.08 (4.92)***	-2.17 (5.72)	-0.75 (6.21)	-5.45 (6.35)*	-3.10 (6.68)
Toe off						
20-29 ปี	24.22 (5.39)	25.73 (12.63)	24.98 (9.48)	27.28 (5.31)	28.10 (10.60)	27.69 (8.17)
30-39 ปี	35.95 (8.87)	22.49 (11.90)	29.22 (12.33)	39.74 (5.50)	23.44 (12.93)	31.59 (12.79)
40-49 ปี	23.20 (5.62)	17.62 (7.83)	20.41 (7.22) ^A	23.87 (9.16)	20.61 (5.50)	22.24 (7.54) b
50-59 ปี	21.71 (9.57)	17.19 (9.42)	19.45 (9.53)	20.65 (12.45)	15.85 (11.63)	18.25 (11.98) ^{a,b}
60-69 ปี	20.00 (10.87)	18.63 (9.94)	19.32 (10.16)	12.79 (8.35)	17.44 (10.09)	15.12 (9.32) ^{a,b}
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	25.02 (9.83)	20.33 (10.58)***	22.67 (10.43)	24.87 (12.14)	21.09 (10.95)	22.98 (11.66)

หมายเหตุ คำบวก หมายถึง มุมการเคลื่อนไหวในท่างอเข่า (Knee flexion)
 คำลบ หมายถึง มุมการเคลื่อนไหวในท่าเหยียดเข่า (Knee extension)

* 2 Way ANOVA: $p < 0.05$

** Kruskal-Wallis: $p < 0.05$

*** Mann-Whitney: $p < 0.05$

^a Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

^b Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 30-39 ปี

^c Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 40-49 ปี

^A Mann-Whitney: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

ผลของช่วงอายุ และเพศต่อค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าในแนวระนาบซ้าย-ขวา ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน

จากการศึกษาพบว่า ในช่วง heel contact ค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเท้าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มช่วงอายุต่าง ๆ และระหว่างเพศหญิงและชาย เช่นเดียวกับช่วง foot flat, mid stance และ heel off ในขณะที่ช่วง toe off พบว่าช่วงอายุ 40-49 ปี, 50-59 ปี และ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมถีบปลายเท้าของขา

ซ้ายน้อยกว่าช่วงอายุ 30-39 ปี นอกจากนี้ช่วงอายุ 50-59 ปี และ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมถีบปลายเท้าของขาขวาน้อยกว่าช่วงอายุ 30-39 ปี และยังพบอีกว่าช่วงอายุ 60-69 ปี มีค่าเฉลี่ยมุมถีบปลายเท้าของขาขวาน้อยกว่าช่วงอายุ 20-29 ปี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าเฉลี่ยช่วงมุมการเคลื่อนไหวข้อเท้าของขาซ้ายและขวาระหว่างเพศหญิงและเพศชาย ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle joint) ในแนวระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD)

วงจรการเดิน	ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (องศา)					
	ซ้าย			ขวา		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Heel contact						
20-29 ปี	-2.17 (2.96)	-2.82 (3.17)	-2.49 (3.00)	-1.59 (3.77)	-2.48 (1.62)	-2.04 (2.86)
30-39 ปี	-2.23 (2.63)	-0.51 (3.36)	-1.37 (3.06)	-1.43 (3.14)	-1.03 (2.47)	-1.23 (2.76)
40-49 ปี	-1.62 (2.45)	0.32 (3.21)	-0.65 (2.95)	-1.98 (3.20)	-0.73 (2.65)	-1.36 (2.93)
50-59 ปี	-1.01 (3.33)	-0.24 (9.10)	-0.62 (6.68)	-0.47 (2.63)	-1.03 (10.90)	-0.75 (7.72)
60-69 ปี	-0.17 (3.98)	-0.28 (3.98)	-0.23 (3.87)	-0.38 (3.92)	-0.63 (2.36)	-0.51 (3.15)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	-1.44 (3.09)	-0.71 (5.02)	-1.07 (4.16)	-1.17 (3.29)	-1.18 (5.12)	-1.18 (4.28)
Foot flat						
20-29 ปี	-1.15 (4.47)	-2.10 (3.68)	-1.63 (4.01)	-1.88 (2.65)	-2.88 (3.21)	-2.38 (2.91)
30-39 ปี	-0.90 (2.07)	0.13 (3.15)	-0.38 (2.65)	0.28 (3.35)	0.75 (4.33)	0.51 (3.78)
40-49 ปี	-2.26 (3.91)	0.68 (2.65)	-0.79 (3.58)	-0.30 (4.05)	0.76 (1.53)	0.23 (3.03)
50-59 ปี	0.20 (3.11)	2.20 (8.70)	1.20 (6.44)	0.23 (3.25)	2.76 (13.62)	1.50 (9.72)
60-69 ปี	-1.34 (4.32)	0.72 (3.47)	-0.31 (3.96)	-1.10 (3.49)	-0.05 (3.66)	-0.57 (3.52)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	-1.09 (3.62)	0.33 (4.87)	-0.38 (4.33)	-0.55 (3.35)	0.27 (6.76)	-0.14 (5.32)
Mid stance						
20-29 ปี	8.90 (2.93)	9.10 (3.22)	9.00 (3.00)	8.03 (2.04)	8.62 (2.96)	8.33 (2.49)
30-39 ปี	10.24 (2.76)	10.08 (1.63)	10.16 (2.21)	10.68 (3.19)	9.91 (2.76)	10.29 (2.93)
40-49 ปี	9.04 (2.10)	11.22 (3.40)	10.13 (2.97)	9.07 (3.50)	9.12 (2.51)	9.09 (2.96)
50-59 ปี	11.27 (3.57)	12.24 (7.43)	11.75 (5.69)	11.21 (2.69)	11.56 (7.94)	11.38 (5.77)
60-69 ปี	11.61 (3.75)	9.60 (3.85)	10.61 (3.84)	9.48 (3.38)	9.07 (2.71)	9.27 (2.99)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	10.21 (3.16)	10.45 (4.32)	10.33 (3.77)	9.69 (3.10)	9.66 (4.26)	9.67 (3.71)

ตารางที่ 5. แสดงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (Ankle joint) ในแนวระนาบด้านข้าง (Sagittal plane) ในช่วงต่าง ๆ ของวงจรการเดิน ของผู้เข้าร่วมการวิจัยแยกตามเพศและกลุ่มช่วงอายุ โดยแสดงเป็นค่า Mean (SD) (ต่อ)

วงจรการเดิน	ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้า (องศา)					
	ชาย			หญิง		
	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)	หญิง	ชาย	ค่าเฉลี่ย (อายุ)
Heel off						
20-29 ปี	12.21 (3.69)	13.04 (3.44)	12.62 (3.50)	12.03 (2.57)	12.36 (3.64)	12.19 (3.07)
30-39 ปี	13.21 (4.00)	13.77 (1.71)	13.49 (3.01)	13.68 (3.54)	12.84 (2.49)	13.26 (3.01)
40-49 ปี	13.39 (3.30)	15.24 (4.45)	14.31 (3.93)	12.60 (4.57)	11.74 (3.76)	12.17 (4.10)
50-59 ปี	15.22 (4.06)	15.29 (5.19)	15.25 (4.53)	14.61 (3.17)	15.39 (6.51)	15.00 (5.00)
60-69 ปี	14.69 (3.97)	12.72 (3.21)	13.70 (3.66)	13.78 (4.15)	12.48 (1.98)	13.13 (3.23)
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	13.74 (3.81)	14.01 (3.79)	13.88 (3.79)	13.34 (3.64)	12.96 (4.04)	13.15 (3.83)
Toe off						
20-29 ปี	-12.64 (5.17)	-12.80 (4.71)	-12.72 (4.82)	-10.78 (5.42)	-12.79 (4.42)	-11.79 (4.92)
30-39 ปี	-14.71 (4.36)	-15.26 (3.58)	-14.99 (3.89)	-15.81 (4.54)	-14.70 (3.69)	-15.26 (4.07)
40-49 ปี	-11.28 (4.44)	-8.24 (4.21)	-9.76 (4.49) ^b	-12.67 (5.56)	-13.07 (4.59)	-12.87 (4.97)
50-59 ปี	-7.95 (5.87)	-10.10 (3.82)	-9.02 (4.94) ^b	-7.14 (5.65)	-11.46 (3.50)	-9.30 (5.08) ^b
60-69 ปี	-12.17 (9.75)	-6.87 (6.17)	-9.52 (8.39) ^b	-8.84 (8.29)	-6.58 (6.49)	-7.71 (7.34) ^{b,c}
ค่าเฉลี่ย (เพศ)	-11.75 (6.39)	-10.65 (5.37)	-11.20 (5.90)	-11.05 (6.53)	-11.72 (5.27)	-11.38 (5.91)

หมายเหตุ คำบวก หมายถึง มุมการเคลื่อนไหวในท่ากระดูกข้อเท้า (Ankle dorsiflexion)

คำลบ หมายถึง มุมการเคลื่อนไหวในท่าลิ้นปลายเท้า (Ankle plantarflexion)

* 2 Way ANOVA: $p < 0.05$

** Kruskal-Wallis: $p < 0.05$

*** Mann-Whitney: $p < 0.05$

^a Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

^b Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 30-39 ปี

^c Bonferroni: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 40-49 ปี

^A Mann-Whitney: $p < 0.05$ เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 20-29 ปี

สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้ใช้เครื่องมือ Vicon Mx system สำหรับวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมาที่ใช้การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบ 3 มิติในการวิเคราะห์การเดิน^(15, 18, 19) โดยในการศึกษานี้ทำการวิเคราะห์การเดินแบบ 3 มิติ เพื่อหาค่าปกติของค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินในผู้ใหญ่, เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ

ตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินระหว่างเพศชายกับเพศหญิง และระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ

การศึกษาค่าตัวแปรของการเดิน

ค่าตัวแปรที่ศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^(13, 14, 18, 20, 18, 21) โดยในการศึกษานี้จำนวนก้าวการเดินใน 1 นาทีของชายมีค่าเฉลี่ย 113.61 ก้าว/นาที ชายามีค่าเฉลี่ย 113.56 ก้าว/นาที ซึ่งมีค่ามากกว่าการศึกษาที่ผ่านมา

มาที่พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาทีมีค่าประมาณ 110 ก้าว/นาที⁽¹⁾ ในขณะที่ความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดินในการศึกษานี้พบว่าชายและชายามีค่าเฉลี่ย 1.23 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาที่ผ่านมาที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร และในการศึกษานี้ยังพบว่าค่าความเร็วในการเดินมีค่าเท่ากับ 1.17 เมตร/วินาที ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการศึกษาที่ผ่านมาที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.37 เมตร/วินาที⁽¹⁾ แต่พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของ Oberg T และคณะในปี 1993 ที่พบว่าความเร็วของการเดินปกติมีค่า 1.18-1.34 เมตร/วินาที ซึ่งความเร็วในการเดินที่มีค่าน้อย อาจเกิดจากความแตกต่างกันของระยะทางเดิน โดยพบว่าหากระยะทางเดินยาวจะมีแนวโน้มมีความเร็วในการเดินสูงกว่าการเดินในระยะทางเดินสั้น⁽¹⁴⁾ ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์การเดินในห้องปฏิบัติการที่มีระยะทางเดินที่สั้นกว่าการเดินภายนอกห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษาช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกข้อเข่า และข้อเท้าในการศึกษานี้พบว่ามีรูปแบบการเคลื่อนไหวใกล้เคียงกับการศึกษาที่ผ่านมา⁽¹⁾ คือข้อสะโพกจะมีการงอ (hip flexion) ประมาณ 30 องศาในช่วง heel contact จากนั้นข้อสะโพกจะเริ่มเข้าสู่ในท่าเหยียด เมื่อเริ่มมีการเคลื่อนไหวตัวไปทางด้านหน้าในช่วง mid stance และข้อสะโพกจะมีการเหยียดมากที่สุดในช่วงก่อน toe off ซึ่งหากข้อสะโพกมีความผิดปกติเคลื่อนไหวได้ลดลงจะทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อโครงสร้างร่างกายได้ เช่น การปวดหลังส่วนล่าง ในขณะที่ข้อเข่าพบว่าในช่วง heel contact ข้อเข่าจะมีการงอ และจะมีการงอเข่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จากนั้นข้อเข่าจะเริ่มกลับมาอยู่ในท่าเหยียด จนเกือบจะเต็มช่วงการเคลื่อนไหว จนถึงประมาณช่วง heel off จากนั้นตั้งแต่ช่วง heel off ข้อเข่าจะเริ่มกลับมางออีกครั้งในช่วง toe off และการเคลื่อนไหวของข้อเท้าพบว่าในช่วง heel contact ข้อเท้าจะมีการเกิดการบิดปลายเท้าเล็กน้อยอยู่ในช่วงประมาณ 0 – 5 องศา จากนั้นประมาณช่วง mid stance ของวงจรการเดิน ข้อเท้าจะอยู่ในท่ากระดูกข้อเท้าที่ประมาณ 10 องศา และหลังจากช่วง heel off ข้อเท้าจะเริ่มมีการบิดปลายเท้ามากที่สุดจนถึงหลังช่วง toe off

การศึกษาผลของอายุต่อค่าตัวแปรการเดิน

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าในกลุ่มช่วงอายุ 30-39 ปี มีจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาทีและความเร็วในการเดินเฉลี่ยมากที่สุด แต่พบว่าความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจร

การเดินมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดอยู่ในกลุ่มช่วงอายุ 20-29 ปี ในขณะที่กลุ่มช่วงอายุ 60-69 ปี มีจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาที, ความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดินและความเร็วในการเดินเฉลี่ยน้อยที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^(9, 14, 20, 22) พบว่าอายุมีผลต่อความเร็วในการเดินและความยาวของการก้าวการเดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความเร็วในการเดินและความยาวของการก้าวการเดินจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น แต่จำนวนก้าวการเดินใน 1 นาทีจะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อมีอายุมากขึ้นและยังพบว่าค่าเฉลี่ยของความเร็วในการเดินและความยาวของการก้าวการเดินมีค่ามากที่สุดอยู่ในเพศหญิงที่ช่วงอายุ 30-39 ปี

ผลการศึกษาช่วงมุมการเคลื่อนไหวของรยางค์ส่วนล่างในการศึกษานี้พบว่าข้อสะโพกมีความแตกต่างระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ ในช่วง heel contact, foot flat และ toe off โดยพบว่าอายุเพิ่มขึ้น การเคลื่อนไหวของข้อสะโพกยิ่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ข้อเข่าและข้อเท้ามีความแตกต่างระหว่างช่วงอายุต่าง ๆ เฉพาะในช่วง toe off เท่านั้น โดยพบว่ายิ่งอายุเพิ่มขึ้น การเคลื่อนไหวของข้อเข่าและข้อเท้ายิ่งลดลง⁽⁹⁾ ซึ่งเหตุผลที่ทำให้ผู้สูงอายุมีค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าลดลงนั้นยังไม่แน่ชัด แต่อาจจะเป็นผลมาจากความเร็วในการเดินที่ช้าลง⁽²⁰⁾ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^(14, 21) พบว่าหากความเร็วในการเดินลดลงจะส่งผลให้ค่าตัวแปรการเดินมีค่าลดลงด้วย นอกจากนี้จากการศึกษาที่ผ่านมา⁽²¹⁾ ยังพบว่าเมื่ออายุมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและข้อเข่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น โดยในช่วง mid stance พบว่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5 องศา/10 ปี ซึ่งในการศึกษานี้ในช่วง mid stance ไม่พบความแตกต่างของมุมการเคลื่อนไหวระหว่างช่วงอายุ

การศึกษาผลของเพศต่อค่าตัวแปรการเดิน

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าจำนวนก้าวการเดินเฉลี่ยใน 1 นาทีและความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดินมีความแตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและชาย โดยในเพศหญิงมีจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาทีมากกว่าเพศชาย แต่ความยาวของการก้าว 1 ก้าวของรอบวงจรการเดินมีค่าน้อยกว่าเพศชายและในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของค่าเฉลี่ยความเร็วในการเดินระหว่างเพศชายและเพศหญิง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา⁽¹⁴⁾ พบว่าความยาวของการก้าวการเดินในเพศหญิงมีค่าน้อยกว่าในเพศชาย ในขณะที่จำนวนก้าวในการเดินมีค่ามากกว่าเพศชาย อาจเกิดจาก

สัดส่วนร่างกายทางกายวิภาคศาสตร์และลักษณะนิสัยที่แตกต่างกันระหว่างเพศหญิงกับเพศชาย⁽¹⁹⁾ โดยในการศึกษานี้พบว่าความยาวขาเฉลี่ยเพศหญิงมีค่าน้อยกว่าเพศชาย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความยาวของก้าวการเดิน ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Vachalathiti R และ Impoolsup A⁽¹⁸⁾ ที่ไม่พบความแตกต่างของลักษณะค่าตัวแปร temporospatial ระหว่างเพศชายและเพศหญิง

จากการศึกษาช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกข้อเข่าและข้อเท้าในการศึกษานี้พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและชาย ในทางตรงกันข้ามการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่มีความแตกต่างกันระหว่างเพศหญิงและชาย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา^(18, 21) พบว่าค่ามุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและข้อเข่ามีความแตกต่างกันระหว่างเพศ โดยผู้ชายมีมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าในช่วง mid stance มากกว่าเพศหญิง แต่มีการงอและเหยียดข้อสะโพกน้อยกว่าเพศหญิง

นอกจากนี้พบว่าค่าตัวแปรการเดินในเพศหญิงระหว่างวัยสาวมีความแตกต่างกันกับในวัยสูงอายุ ในขณะที่ในเพศชายระหว่างวัยหนุ่มและผู้สูงอายุมีลักษณะการเดินที่คล้ายคลึงกัน^(13, 20) ดังนั้นในการประเมินการวิเคราะห์การเดินสำหรับเพศหญิงระหว่าง 2 ช่วงอายุจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจจะต้องมีความระมัดระวังในการวิเคราะห์การเดินระหว่าง 2 ช่วงอายุมากกว่าในเพศชาย

เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านความพร้อมของเครื่องมือ 3-Dimensional motion analysis (Vicon Mx system, Oxford Metrics Ltd., Oxford, UK) ในการศึกษานี้จึงศึกษาเพียงผลของอายุและเพศต่อค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดิน โดยไม่ได้ศึกษาถึงผลของอายุและเพศต่อค่าตัวแปรทางด้านจลนศาสตร์ของการเดิน

ในการศึกษาครั้งต่อไปควรทำการศึกษาค่าตัวแปรอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น step length, step width ฯลฯ และควรศึกษาผลของอายุและเพศต่อค่าตัวแปรทางด้านจลนศาสตร์ของการเดิน โดยอาจทำการศึกษาในกลุ่มประชากรที่หลากหลายมากขึ้น เช่น ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพต่าง ๆ เปรียบเทียบกับคนที่มีความสุขภาพดี

การศึกษานี้พบว่าอายุมีผลต่อค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินในผู้ใหญ่ โดยจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาที, ความเร็วในการเดิน, ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเข่าและข้อเท้าจะมีค่าลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ในขณะที่ช่วง

มุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกจะมีความมากขึ้นเมื่ออายุเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าจำนวนก้าวการเดินใน 1 นาที ความเร็วในการเดิน ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อสะโพกและข้อเข่าระหว่างเพศหญิงและเพศชายมีความแตกต่างกัน ในขณะที่ช่วงมุมการเคลื่อนไหวของข้อเท้าไม่ต่างกันระหว่างเพศหญิงและเพศชาย โดยค่าตัวแปรทางด้านกลศาสตร์ของการเดินในการศึกษานี้ยังสามารถนำไปใช้เป็นตัวอ้างอิงสำหรับประชากรในวัยผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี และสามารถนำข้อมูลไปใช้เพื่อเปรียบเทียบวิเคราะห์การเดิน เพื่อช่วยในการป้องกัน รักษา และฟื้นฟูในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพต่าง ๆ ได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2557 ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้เข้าร่วมการวิจัยทุกท่านที่เข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณ อ.ดร.ปรเมศร์ เอิร์ด และ ผศ.ดร. พินัยศักดิ์ ตันติลีปกรณ์ เอิร์ด ในการให้คำปรึกษาเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และ อ.กฤษณา ครุฑนาค ในการรวบรวมอาสาสมัครเข้าร่วมการวิจัย และ อ.ดร.ผกามาศ พิริยะประสาธน์ ในการให้คำแนะนำในการเขียนบทคัดย่อ และขอขอบคุณคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (motion analysis) เพื่อเป็นสถานที่เก็บข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for physical rehabilitation. St. Louis: Mosby; 2002.
2. Lee IH, Park SY. A comparison of gait characteristics in the elderly people, people with knee pain, and people who are walker dependent people. J Phys Ther Sci. 2013; 25: 973-6.
3. Kerrigan DC, Todd MK, Della Croce U, Lipsitz LA, Collins JJ. Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: evidence for specific limiting impairments. Arch Phys Med Rehabil. 1998; 79: 317-22.
4. Kerrigan DC, Lee LW, Nieto TJ, Markman JD, Collins JJ, Riley PO. Kinetic alterations independ-

- ent of walking speed in elderly fallers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000; 81: 730-5.
5. Barton CJ, Levinger P, Webster KE, Menz HB. Walking kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome: a case-control study. *Gait Posture.* 2011; 33: 286-91.
 6. Ko SU, Tolea MI, Hausdorff JM, Ferrucci L. Sex-specific differences in gait patterns of healthy older adults: results from the Baltimore Longitudinal Study of Aging. *J Biomech.* 2011; 44: 1974-9.
 7. Chamberlin ME, Fulwider BD, Sanders SL, Medeiros JM. Does fear of falling influence spatial and temporal gait parameters in elderly persons beyond changes associated with normal aging? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005; 60: 1163-7.
 8. Shkuratova N, Morris ME, Huxham F. Effects of age on balance control during walking. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85: 582-8.
 9. Ostrosky KM, VanSwearingen JM, Burdett RG, Gee Z. A comparison of gait characteristics in young and old subjects. *Phys Ther.* 1994; 74: 637-44; discussion 44-6.
 10. Grabiner PC, Biswas ST, Grabiner MD. Age-related changes in spatial and temporal gait variables. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001; 82: 31-5.
 11. Maki BE. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *J Am Geriatr Soc.* 1997; 45: 313-20.
 12. Ganley KJ, Powers CM. Gait kinematics and kinetics of 7-year-old children: a comparison to adults using age-specific anthropometric data. *Gait Posture.* 2005; 21: 141-5.
 13. Blanke DJ, Hageman PA. Comparison of gait of young men and elderly men. *Phys Ther.* 1989; 69: 144-8.
 14. Oberg T, Karsznia A, Oberg K. Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehabil Res Dev.* 1993; 30: 210-23.
 15. Pietraszewski B, Winiarski S, Jaroszczuk S. Three-dimensional human gait pattern - reference data for normal men. *Acta Bioeng Biomech.* 2012; 14: 9-16.
 16. Lee SJ, Hidler J. Biomechanics of overground vs. treadmill walking in healthy individuals. *J Appl Physiol.* 2008; 104: 747-55.
 17. Chester VL, Tingley M, Biden EN. A comparison of kinetic gait parameters for 3-13 year olds. *Clin Biomech.* 2006; 21: 726-32.
 18. Vachalathiti R, Impoolsup A. Three-Dimensional Kinematic and Kinetic Gait Analysis in Young Thai Adults, Using the Motion Analysis TM System. *Siriraj Med J.* 1998; 50: 387-96.
 19. Cho SH, Park JM, Kwon OY. Gender differences in three dimensional gait analysis data from 98 healthy Korean adults. *Clin Biomech.* 2004; 19: 145-52.
 20. Hageman PA, Blanke DJ. Comparison of gait of young women and elderly women. *Phys Ther.* 1986; 66: 1382-7.
 21. Oberg T, Karsznia A, Oberg K. Joint angle parameters in gait: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *J Rehabil Res Dev.* 1994; 31: 199-213.
 22. Winter DA. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly, and pathological. Waterloo, Ont., Canada: Waterloo Biomechanics; 1991.