การพยากรณ์ความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง

โดย
นางสาวปุณยพร ตระกูลศีลธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

การพยากรณ์ความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง

โดย
นางสาวปุณยพร ตระกูลศีลธรรม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร

FORECASTING OF STATURE FROM THE STEP LENGTH WHILE WALKING AND TOE WALKING

By

MISS Punyaporn TRAKULSILLATHAM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for Master of Science (FORENSIC SCIENCE)

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2021

Copyright of Silpakorn University

หัวข้อ	การพยากรณ์ความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง
โดย	ปุณยพร ตระกูลศีลธรรม
สาขาวิชา	นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก ดร. นพรุจ ศักดิ์ศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก ดร.นพรุจ ศักดิ์ศิริ)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก
(รองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรี ดร.พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์)

630720054 : นิติวิทยาศาสตร์ แผน ก แบบ ก 2 ระดับปริญญามหาบัณฑิต
คำสำคัญ : ความสูง, ระยะก้าวเดิน, เดินปกติ, เดินเขย่ง

นางสาว ปุณยพร ตระกูลศีลธรรม: การพยากรณ์ความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก ดร. นพรุจ ศักดิ์ศิริ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อ 1) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และ 2) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 173 คน แบ่งเป็นเพศหญิง 91 คน เพศชาย 82 คน ที่มีช่วงอายุระหว่าง 20-50 ปี มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5-24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน เก็บข้อมูลโดยทำการวัดระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สหสัมพันธ์เพียร์สัน การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย และ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน

ผลการวิจัยพบว่า

1. ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง มีค่า r=0.953 สามารถพยากรณ์ได้ร้อยละ 90.8 มีสมการเป็น y=110.241+0.978x เมื่อจำแนกตามเพศ พบว่า ในเพศหญิง มีค่า r=0.975 สามารถพยากรณ์ได้ร้อยละ 95 มีสมการเป็น y=110.232+0.956x ในเพศชาย มีค่า r=0.948 สามารถพยากรณ์ได้ร้อยละ 89.9 มีสมการเป็น y=120.856+0.821x และระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง มีค่า r=0.880 สามารถพยากรณ์ได้ร้อยละ 77.5 มีสมการเป็น y=114.738+0.880x เมื่อจำแนกตามเพศ พบว่า ในเพศหญิง มีค่า r=0.811 สามารถพยากรณ์ได้ร้อยละ 65.7 มีสมการเป็น y=118.322+0.790x ในเพศชาย มีค่า r=0.852 สามารถพยากรณ์ได้ร้อยละ 72.6 มีสมการเป็น y=124.784+0.737x

2. ในกลุ่มตัวอย่าง ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติ =55.736 ระยะก้าวเดินเขย่ง =56.848 และเมื่อจำแนกตามเพศ พบว่า ในเพศหญิง ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติ =52.589 ระยะก้าวเดินเขย่ง =53.381 ในเพศชาย ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติ =59.225 ระยะก้าวเดินเขย่ง =60.692

630720054 : Major (FORENSIC SCIENCE)
Keyword : stature, step length, walking, toe walking

MISS PUNYAPORN TRAKULSILLATHAM : FORECASTING OF STATURE FROM THE STEP LENGTH WHILE WALKING AND TOE WALKING THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR POLICE COLONEL DR. NOPARUJ SAKSIRI

The study aims to 1) determine the relationship between stature and step length while walking and toe walking, along with generated the forecasted equation, and 2) investigate the difference in step length between walking and toe walking. 173 samples, composed of 91 females and 82 males ranging in age between 20-50 years, with a BMI=18.5-24.9 kg/m^2 and no underlying disease that interferes with walking. Data was collected by measuring the step length of walking and toe walking. Descriptive statistics such as frequency, mean and S.D., and reference statistic, including Karl Pearson's correlation, simple regression analysis and paired simple t-test, were used for analyzing the data.

The findings were as below:

1) In samples, the significant relationship between stature and the step length of walking were r=0.953, which can forecast 90.8%. The equation was y = 110.241+0.978x when classified by gender, for females were r=0.975 which can forecast 95%. The equation was y = 110.232+0.956x, for males were r=0.948 which can forecast 89.9%. The equation was y = 120.856+0.821x. Furthermore, we found a significant relationship between stature and the step length of toe walking, in samples were r=0.880 which can forecast 77.5% The equation was y=114.738+0.880x when classified by gender, for females were r=0.811 which can forecast 65.7%. The equation was y=118.322+0.790x. for males were r=0.852 which can forecast 72.6%. The equation was y=124.784+0.737x.

2) In samples, the step length of toe walking was greater than the step length of walking, with statistical significance at the level of 0.01, such that the average step length of toe walking was 56.848 while the step length of walking was 55.736. When classified by gender, for females, the average step length of walking was 52.589 while step length of toe walking was 53.381. for males, the average step length of walking was 59.225 while step length of toe walking was 60.692.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากผู้มีพระคุณทั้งหลายทั้งอาสาสมัครและหน่วยงานที่อนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่และเสียสละเวลาที่อุทิศทั้งแรงกายแรงใจเสมอมา ผู้วิจัยมีความรู้สึกซาบซึ้งและเห็นคุณค่าของความสำเร็จเป็นอย่างยิ่ง

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์พันตำรวจเอก ดร.นพรุจ ศักดิ์ศิริ ที่กรุณาให้คำแนะนำเป็นที่ปรึกษาชี้แนะแนวทางและแก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ มาโดยตลอด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อศิษย์ขาดกำลังใจ ท่านเป็นผู้ให้กำลังใจและสนับสนุนเป็นอย่างดี จนสามารถผ่านพ้นอุปสรรคไปได้ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง ประธานกรรมการ และรองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรี ดร. พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ท่านได้เสียสละเวลามีส่วนช่วยสนับสนุน แนะนำ และเติมเต็มให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณครอบครัว ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอกราบขอบพระคุณผู้ที่ไม่ได้เอ่ยนามซึ่งมีส่วนช่วยเหลือในวิทยานิพนธ์จนประสบความสำเร็จไปด้วยดี

นางสาว ปุณยพร ตระกูลศีลธรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 สมมติฐานของการวิจัย 4

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 5

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 6

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 ทฤษฎีทางนิติวิทยาศาสตร์ 8

2.2 ระบบโครงร่างของเท้า 20

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเดิน 30

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย 45

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 46

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....48
3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง....48
3.4 วิเคราะห์ข้อมูล....49
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....52
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง....54
4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง และระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่งโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น....56
4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน....63
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....69
5.1 สรุปผลการวิจัย....70
5.2 อภิปรายผล....75
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย....78
รายการอ้างอิง....79
ภาคผนวก....81
ประวัติผู้เขียน....83

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของข้อต่อต่าง ๆ ของขา และตำแหน่งของข้อต่อ 34

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 43

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง 54

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าต่ำสุด (min) ค่าสูงสุด (max) ของกลุ่มตัวอย่าง 55

ตารางที่ 5 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่าง 57

ตารางที่ 6 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 58

ตารางที่ 7 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย.....59

ตารางที่ 8 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่าง60

ตารางที่ 9 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 61

ตารางที่ 10 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย.....62

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง.....64

ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 65

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย.....66

ตารางที่ 14 สรุปสมมติฐานการวิจัย 67

สารบัญภาพ

หน้า

รูปภาพที่ 1 เทคนิคการวัดระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของนิ้ว 14

รูปภาพที่ 2 เทคนิคการวัดความกว้างและความยาวฝ่าเท้า 15

รูปภาพที่ 3 เทคนิคการวัดแบบรอยแผ่กว้างของฝ่าเท้า 16

รูปภาพที่ 4 แสดงกระดูกขาส่วนต้นและขาส่วนปลาย 21

รูปภาพที่ 5 แสดงกระดูกเท้า 22

รูปภาพที่ 6 แสดงกล้ามเนื้อเท้า 24

รูปภาพที่ 7 แสดงข้อต่อที่เคลื่อนที่ได้ในร่างกาย 25

รูปภาพที่ 8 แสดงเอ็นกระดูกที่บริเวณข้อเท้า 26

รูปภาพที่ 9 แสดงลักษณะอุ้งเท้าแต่ละประเภท 27

รูปภาพที่ 10 แสดงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ 28

รูปภาพที่ 11 แสดงการเคลื่อนไหวของเท้าลักษณะต่างๆ 29

รูปภาพที่ 12 แสดงการวิเคราะห์การเดิน (gait analysis) 30

รูปภาพที่ 13 แสดงการเดินในช่วง stance phase 31

รูปภาพที่ 14 แสดงการเดินในช่วง swing phase 32

รูปภาพที่ 15 แสดงวงจรการเดิน (gait cycle) 33

รูปภาพที่ 16 แสดงการวัดความยาวขาแบบ Apparent method และ True method 35

รูปภาพที่ 17 แสดงการเดินเขย่ง 38

รูปภาพที่ 18 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย 45

รูปภาพที่ 19 วิธีดำเนินการวิจัย 51

รูปภาพที่ 20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่าง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) 57

รูปภาพที่ 21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) 58

รูปภาพที่ 22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) 59

รูปภาพที่ 23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่าง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร).....60

รูปภาพที่ 24 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร).....61

รูปภาพที่ 25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร).....62

รูปภาพที่ 26 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง.....64

รูปภาพที่ 27 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 65

รูปภาพที่ 28 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย.....66

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ ด้วยสภาวะทางสังคม เศรษฐกิจ และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ลักษณะการดำรงชีวิตของคนไทยเปลี่ยนไปจากวิถีชีวิตที่เรียบง่ายและเกื้อกูลในอดีต กลายเป็นสังคมที่เต็มไปด้วยการดิ้นรนแข่งขันเพื่อทำให้ตนเองมีชีวิตอยู่รอด จนทำให้วัฒนธรรมและจริยธรรมของบุคคลลดลงอย่างมาก และได้เกิดปัญหาทางด้านอาชญากรรมขึ้นมากมาย ทั้งในด้านของการกระทำผิดอาญาในความผิดต่อชีวิตและร่างกาย ความผิดต่อทรัพย์ หรือความผิดในลักษณะอื่นๆ ทั้งตั้งใจและไม่ตั้งใจ และมีแนวโน้มของความรุนแรงและซับซ้อนมากขึ้นตามการเจริญของเทคโนโลยีและความทันสมัยของการสื่อสารแขนงต่าง ๆ

ปัญหาทางอาชญากรรมนี้ทำลายความสงบเรียบร้อยของสังคม เป็นสิ่งซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ทำให้เกิดความวิตกกังวล หวาดกลัว กระทบต่อความเป็นอยู่ของประชาชนและความรู้สึกของคนในสังคม ทำให้ไม่สามารถใช้ชีวิตได้อย่างปกติสุข และยังเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศอีกด้วย (ชำนิ คนไว, 2560) ซึ่งการที่จะเอาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษตามกระบวนการยุติธรรมนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญ โดยเฉพาะจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน โดยกระบวนการที่สำคัญอย่างยิ่ง คือ การรวบรวมพยานหลักฐานจากสถานที่เกิดเหตุมายืนยัน ให้สามารถพิสูจน์ความผิดโดยการนำเอาความรู้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ใช้

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) เป็นการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาใช้ในการพิสูจน์หลักฐาน เพื่อนำมาใช้ในกระบวนการยุติธรรม เป็นการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ การสังเกต ตั้งข้อสงสัย และพิสูจน์ โดยการใช้วัตถุพยานหรือสภาพแวดล้อมขณะเกิดเหตุ เพื่อช่วยลำดับเหตุการณ์และระบุตัวผู้กระทำผิดได้ การพิสูจน์หลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นมีความน่าสนใจนอกเหนือจากความเกี่ยวข้องกับการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้แล้ว ยังต้องเชื่อมโยงกับสภาพสังคม สิ่งแวดล้อม และความคิดของผู้คนในแต่ละยุค ตลอดจนความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้วย

ในสถานที่เกิดเหตุ (Crime Scene) หรือ สถานที่ที่มีการกระทำความผิด ถือเป็นหัวใจสำคัญของการสืบสวนสอบสวน โดยทั่วไปแล้วผู้กระทำความผิดมักทิ้งร่องรอยหรือพยานหลักฐานไว้ในสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งจะทำให้ผู้ที่ไปตรวจสถานที่เกิดเหตุสามารถเก็บร่องรอยหรือพยานหลักฐานได้ พยานหลักฐาน (Evidence) หมายถึง สิ่งใด ๆ ที่สามารถใช้พิสูจน์ได้ว่ามีการกระทำผิดเกิดขึ้น

พยานหลักฐานประกอบด้วย พยานบุคคล พยานเอกสาร และพยานวัตถุ ใช้บอกได้ว่าใครเป็นผู้กระทำผิด และสามารถเชื่อมโยงผู้กระทำผิดเข้ากับอาชญากรรมที่เกิดขึ้นได้ (สฤษดิ์ สืบพงษ์ศิริ, 2559)

การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล (Personal Identification) เป็นสิ่งเริ่มต้นในกระบวนการทางกฎหมาย และเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในทางนิติวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการอันเกิดจากการพิสูจน์พยานหลักฐานที่ได้จากสถานที่เกิดเหตุ เพื่อระบุตัวตนของบุคคลอันเกี่ยวข้องทางคดี ไม่ว่าบุคคลนั้นจะเป็นผู้กระทำความผิด ผู้เสียหาย หรือผู้ที่คาดว่าจะเกี่ยวข้อง ปัจจุบันมีวิธีการตรวจพิสูจน์บุคคลหลายวิธี เช่น การใช้ความจำของมนุษย์ จากสภาพที่หลงเหลือ เสื้อผ้าเครื่องแต่งกายต่างๆ ลักษณะเด่นที่เป็นเอกลักษณ์ เช่น รอยสัก หรือวิธีที่เป็นวิทยาศาสตร์ ไม่ว่าจะเป็นหลักฐานทางชีววิทยา เช่น เศษชิ้นส่วนเนื้อเยื่อ โครงกระดูก คราบเลือด ตลอดจนคราบต่างๆที่เกิดจากสารคัดหลั่งของมนุษย์ ตรวจพิสูจน์ด้วยเอกลักษณ์ดีเอ็นเอ (Pangsorn, 2018) หรือหลักฐานทางฟิสิกส์ เช่น ร่องรอยการต่อสู้ ร่องรอยที่เกิดจากการสัมผัสหรือเหยียบย่ำ เช่น รอยนิ้วมือ รอยฝ่ามือ รอยเท้า ซึ่งพบว่า รอยเท้าเป็นวัตถุพยานที่อาจจะพบเป็นอันดับแรกและสามารถตรวจพบได้ง่ายในสถานที่เกิดเหตุ เนื่องจากมนุษย์ทุกคนต้องมีการก้าวเดิน ซึ่งไม่เพียงบอกขนาด รูปร่างของเท้าเท่านั้น แต่ยังสามารถบอกลักษณะของเจ้าของเท้าได้ด้วย เช่น เพศ ความสูง น้ำหนัก ลักษณะการเดิน การลงน้ำหนัก เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างร่างกาย นอกจากนี้สิ่งที่มักพบคู่กับรอยเท้าเสมอ คือ รอยระยะในการก้าวเดิน การวิเคราะห์ระยะก้าวโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติและสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาประยุกต์เพื่อประมาณหาความสูง น้ำหนัก หรือเพศ จึงมีความน่าสนใจ เพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์ และจำกัดวงในการสืบสวนหาผู้ที่เกี่ยวข้องได้ เนื่องจาก ในสถานที่เกิดเหตุจะพบรอยเท้าที่เกิดจากการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ของบุคคลร่วมด้วย เช่น การเดิน การวิ่ง การก้าวยาว กระโดด การเดินเขย่ง หรือการย่องเบา และหากสามารถใช้ประโยชน์จากรอยเท้าดังกล่าว น่าจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสืบสวนที่แท้จริง

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการตรวจพิสูจน์รอยเท้าเพื่ออ้างอิงกับรูปร่างบุคคลมีค่อนข้างจำกัด เนื่องจากความสนใจเกี่ยวกับคุณค่าของวัตถุพยานชนิดนี้ยังน้อย จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการศึกษาของ ดวงภรณ์ แดงจีน (2554) ได้ทำการศึกษาเรื่องประมาณความสูงจากระยะก้าวเดินปกติในเพศชาย 100 คน พบว่า ระยะก้าวเดินแปรผันตรงกับความสูงของบุคคล เช่นเดียวกับการศึกษาของปารณัท วิทยรุ่งโรจน์ (2562) ที่ทำการศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของความสูงจากระยะก้าวเดินด้วยโปรแกรมวินเอฟดีเอ็ม โดยศึกษาจากประชากรเพศชายจำนวน 30 คน และวิเคราะห์การเดินด้วยโปรแกรม พบว่า ความยาวก้าวเดิน มีความสัมพันธ์กับความสูงของมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับการศึกษาของพิมพ์ณิศาภรณ์ นามมุงคุณ (2563) ที่ทำการศึกษาเรื่อง การประมาณความสูงของบุคคลจากความยาวก้าวเดินปกติและเปรียบเทียบความยาวเท้า ซึ่งพบว่าความสูงมีความสัมพันธ์กับการก้าวเดินปกติ และการศึกษาของอรทัย เขียวพุ่ม (2563) ที่ทำการศึกษาเรื่อง การ

คาดคะเนความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินของการเดินแบบปกติ ซึ่งพบว่า ในเพศชายมีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินอยู่ในระดับดี ส่วนเพศหญิงมีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินอยู่ในระดับดีมาก และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Ugochukwu (2021) ที่ทำการศึกษาความสูงจากระยะก้าวเดินและรยางค์ส่วนล่างของชนกลุ่ม efiks ในอาสาสมัคร 300 คน เพศหญิงและเพศชาย 150 คน และพบว่า ความยาวก้าวและความยาวขาส่วนล่างมีความสัมพันธ์กับความสูงและสร้างสมการพยากรณ์ความสูงได้ นอกจากนี้ การศึกษารูปแบบการเดินในลักษณะอื่นๆ พบว่าการศึกษาของ O P Jasuja (1997) ได้ศึกษาเรื่องการประมาณความสูงของบุคคลโดยการเดินปกติและเดินเร็วแบบไม่วิ่ง พบว่าการเดินเร็วให้ความสม่ำเสมอมากกว่าการเดินปกติ และการศึกษาของ Sorumlu (2019) ได้ทำการศึกษาเรื่องการประมาณความสูงจากความเร็วในการเดินที่แตกต่างกัน โดยศึกษากับเพศชายและเพศหญิง รวม 206 คน โดยกำหนดความเร็วในการเดินคือ 3.3 และ 5.3 กม./ชม. ในเพศชาย และ 2.7 และ 4.7 กม./ชม. ในเพศหญิง พบว่า จากการเดินด้วยความเร็วที่ต่างกันนำไปประมาณความสูงได้

จากการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งไทยและต่างประเทศ ยังไม่มีการศึกษาความสัมพันธ์ของความสูงกับการเคลื่อนไหวในลักษณะอื่น เช่น การวิ่ง การก้าวยาว การเขย่ง ฯลฯ ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีความสนใจการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง เพื่อพยากรณ์ความสูงโดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติและสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของรอยเท้าที่เกิดจากการเดินปกติและเดินแบบเขย่งกับความสูงของบุคคล และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการเดินปกติและเดินเขย่ง เนื่องจากการเดินเขย่ง คือการเดินในลักษณะของการเดินลงน้ำหนักที่ปลายเท้า โดยให้ส้นเท้าสัมผัสพื้นน้อยที่สุด ทำให้มีเสียงในระหว่างที่เดินเบาลง และหลงเหลือรอยเท้าในที่เกิดเหตุน้อยลง คนร้ายสามารถใช้ในการก่อคดีได้ จึงอาจเป็นร่องรอยหนึ่งที่สามารถพบในสถานที่เกิดเหตุปะปนกับการเดินปกติ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีรอยเท้าที่พบมีความไม่สมบูรณ์ เช่น ไม่ปรากฏร่องรอยส้นเท้าได้ จึงมีความน่าสนใจในการนำมาศึกษา และคาดหวังที่จะนำงานวิจัยครั้งนี้เป็นต้นแบบในการศึกษาลักษณะรอยเท้าแบบการเดินปกติและเดินเขย่ง และนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ได้จริงในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล ในกระบวนการพิสูจน์หลักฐานและสืบสวนสอบสวน เพื่อนำไปสู่การนำตัวผู้กระทำผิดมารับโทษตามกฎหมาย ให้เกิดความสงบสุขและรักษาความเป็นระเบียบเรียบร้อยของประเทศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

1.3.2 ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.3.3 ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

1.3.4 ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

1.3.5 ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญ

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ขอบเขตด้านวิธีวิจัย

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Study) มีแบบแผนการทดลองแบบ One – Group Pretest – Posttest Design โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง ทำการวัดผลการทดลองก่อนและหลังการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่า

1.4.2 ขอบเขตด้านประชากร กลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ประชากรไทยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่มีอายุระหว่าง 20-50 ปี มีรูปร่างมาตรฐาน คือ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5 - 24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน เช่น กระดูกหัก ข้อเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรง ฯลฯ เนื่องจากช่วงอายุ 20-50 ปี เป็นช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตและไม่มีความเสื่อมของร่างกาย และเลือกประชากรที่มีรูปร่างมาตรฐาน เนื่องจาก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลต่อระยะก้าวเดินได้

กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชากรไทยจำนวน 173 คน ซึ่งผู้วิจัยได้คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่าง ในกรณีที่ศึกษาค่าเฉลี่ยประชากรแต่ไม่ทราบจำนวนประชากรจากสูตรของ Khazanie เมื่อกำหนดให้ความเชื่อมั่นที่ 95% และกำหนดให้ความคลาดเคลื่อน (E) เป็น 1 ส่วนใน 6.7 ส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากสูตรคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้ไม่น้อยกว่า 173 คน ในงานวิจัยนี้จึงเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 173 คน แบ่งเป็นเพศหญิง จำนวน 91 คน และเพศชายจำนวน 82 คน โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง เก็บข้อมูลระยะก้าวในลักษณะของการเดินปกติและการเดินเขย่ง โดยทำ

การเปรียบเทียบความยาวระยะก้าวของการเดินปกติและเดินเขย่ง เพื่อหาความสัมพันธ์ของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งกับความสูง และพยากรณ์ความสูงของบุคคล

1.4.3 ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ระยะก้าวเดินปกติ ระยะก้าวเดินเขย่ง และเพศ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสูงของบุคคล

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ 1) อายุ 20-50 ปี 2) มีรูปร่างมาตรฐาน คือ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5 - 24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 3) ไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน เช่น กระดูกหัก ข้อเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรง ฯลฯ

1.4.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

1) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างหาระยะก้าวของการเดินปกติและเดินเขย่ง เพื่อประมาณส่วนสูง ตั้งแต่เดือน ธันวาคม 2564 – กุมภาพันธ์ 2565 เป็นระยะเวลา 3 เดือน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสูง หมายถึง ความยาวของร่างกายขณะยืนตรงบนพื้นราบโดยไม่สวมรองเท้า โดยใช้เครื่องวัดความสูง มีหน่วยเป็นเซนติเมตร วัดระยะจากพื้นถึงส่วนบนสุดของศีรษะ

ระยะก้าวเดิน หมายถึง ความยาวที่ได้จากระยะห่างระหว่างจุดปลายสุดของนิ้วเท้าข้างหนึ่งไปยังจุดปลายสุดของนิ้วเท้าอีกข้างหนึ่ง (step length) ในขณะก้าวเดิน ซึ่งทำการวัดโดยใช้สายวัด มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

เดินปกติ หมายถึง การเดินด้วยความเร็วปกติ ลงน้ำหนักเต็มฝ่าเท้า โดยใช้ส่วนของส้นเท้าในการลงพื้นก่อน

เดินเขย่ง หมายถึง การเดินในลักษณะใช้เพียงปลายเท้าสัมผัสพื้น โดยที่ส่วนของส้นเท้าลอยขึ้นจากพื้นหรือสัมผัสพื้นน้อยที่สุด

การพยากรณ์ความสูง หมายถึง การคาดคะเน หรือการประมาณความสูง โดยใช้ค่าทางสถิติและสมการทางคณิตศาสตร์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

การวิจัยในครั้งนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งในเชิงวิชาการและการนำไปประยุกต์ใช้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.6.1 ประโยชน์ทางด้านวิชาการ

1) ได้ทราบถึงความสัมพันธ์ของความสูงบุคคลและระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินปกติและการเดินเขย่งได้

2) ได้องค์ความรู้เกี่ยวกับวงจรการเดินและการวิเคราะห์การเดิน (gait cycle and gait analysis) จากการทบทวนวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความและวารสารวิชาการต่างๆ

3) นำองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยไปอ้างอิงต่อยอดวิจัยครั้งต่อไป เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา และทำวิจัยเกี่ยวกับลักษณะรอยระยะก้าวของการเดินแบบปกติ เดินเขย่ง หรือการเดินในลักษณะต่าง ๆ เพื่อการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลต่อไป

1.6.2 ประโยชน์ในด้านการนำไปประยุกต์ใช้

1) การประยุกต์ใช้ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ โดยนำองค์ความรู้ที่ได้มาเป็นแนวทางในการนำวัตถุพยานประเภทรอยเท้าที่พบได้จากสถานที่เกิดเหตุ ไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลเพื่อนำผู้กระทำผิดมาลงโทษได้

2) การประยุกต์ใช้ทางด้านการแพทย์ โดยนำองค์ความรู้ที่ได้มาเป็นแนวทางในการวิเคราะห์การเดินและการลงน้ำหนัก เพื่อหาสาเหตุของการเดินในลักษณะที่ไม่ปกติได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในบทนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวความคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาใช้ประกอบการศึกษาเพื่อก่อให้เกิดความชัดเจนต่อผลงานวิจัยนี้ โดยแบ่งสาระสำคัญของการศึกษาได้ดังนี้

2.1 ทฤษฎีทางนิติวิทยาศาสตร์

2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์

2.1.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์บุคคล

2.1.3 รอยเท้า การตรวจหารอยเท้า และรูปแบบรอยเท้าที่พบในสถานที่เกิดเหตุ

2.1.4 ความสูง และความสัมพันธ์ระหว่างรอยเท้ากับความสูง

2.2 ระบบโครงร่างของเท้า

2.2.1 ลักษณะกายวิภาค กระดูก และกล้ามเนื้อของเท้า

2.2.2 ระบบข้อต่อและเอ็นของข้อเท้า

2.2.3 การเคลื่อนไหวของเท้า

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเดิน

2.3.1 การวิเคราะห์การเดิน (Gait analysis) และวงจรการเดิน (Gait cycle)

2.3.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะการเดิน

2.3.3 การเดินเขย่ง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.1 ทฤษฎีทางนิติวิทยาศาสตร์

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีทางนิติวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 4 ส่วนคือ 1) ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ 2) ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์บุคคล 3) รอยเท้า การตรวจหารอยเท้า รูปแบบของรอยเท้าที่พบในสถานที่เกิดเหตุ และ 4) ทฤษฎีเกี่ยวกับความสูง และความสัมพันธ์ระหว่างรอยเท้ากับความสูง ดังนี้

2.1.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) คือ การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขามาประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ในด้านกฎหมาย ทั้งประโยชน์ทางนิติบัญญัติในเรื่องการออกกฎหมายและประโยชน์ของการคลี่คลายปัญหาและการพิสูจน์ข้อเท็จจริงในคดีความเพื่อผลในการบังคับใช้กฎหมายและการลงโทษ นิติวิทยาศาสตร์ จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เช่น วิชาพิสูจน์หลักฐาน รวมถึงการตรวจสถานที่เกิดเหตุและเก็บรวบรวมวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ

2. นิติวิทยาศาสตร์ที่เป็นวิทยาศาสตร์ประยุกต์ โดยการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อกระบวนการยุติธรรม เช่น

2.1 นิติเวชศาสตร์ (Legal Medicine หรือ Forensic Medicine) หมายถึงวิชาแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับกฎหมายและยังรวมถึงวิชากฎหมายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์และการประกอบวิชาชีพของแพทย์ด้วย ขอบเขตของวิชานิติเวชศาสตร์ในปัจจุบันกว้างขวางมาก

2.2 นิติวิศวกรรมศาสตร์ (Forensic Engineering) ตามปกติอาชีพวิศวกรจะศึกษาเกี่ยวกับทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ร่วมกับวิทยาศาสตร์เพื่อประโยชน์ของมนุษยชาติ เช่น การศึกษาถึงพฤติการณ์ของความล้มเหลวของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม จนเป็นเหตุให้ผู้บริโภคได้รับความเสียหาย การศึกษาเกี่ยวกับสาเหตุของเพลิงไหม้ลักษณะการลุกลามและสาเหตุของการระเบิด เป็นต้น

2.3 นิติทันตวิทยา (Forensic Odontology) เป็นการนำความรู้ทางทันตวิทยาใช้ในกระบวนการยุติธรรม เช่น การตรวจพิสูจน์ฟันที่พบในสถานที่เกิดเหตุเครื่องบินตก โดยการนำมาเปรียบเทียบกับฟิล์มเอกซเรย์จากประวัติการทำฟัน เพื่อยืนยันว่าผู้เสียชีวิตเป็นใคร

2.4 นิติเภสัชวิทยา (Forensic Pharmacology) เป็นการนำความรู้เกี่ยวกับยามาใช้กระบวนการยุติธรรม เช่น ยาพิษ ยาที่มีผลต่อจิตและประสาท ยาที่เป็นอันตราย เป็นต้น

2.5 นิติมานุษยวิทยา (Forensic Anthropology) เมื่อมีการค้นพบโครงกระดูกที่ต้องสงสัยว่าเป็นมนุษย์หรือไม่ เป็นผู้ยืนยันการตาย และยังต้องระบุให้แน่ชัดว่าเป็นผู้ใดเพื่อการตัดสินเกี่ยวกับสินไหมทดแทนประกอบ การฟ้องร้องทางแพ่งหรือการจัดการเกี่ยวกับทรัพย์สิน การวิเคราะห์เกี่ยวกับกระดูก โครงร่างมนุษย์ เทคนิคต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถบอกอายุ เพศ เชื้อชาติ และโครงร่างของผู้ตายนั้นนับเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์เป็นอย่างมากในการสืบสวน

2.6 นิติกีฏวิทยา (Forensic Entomology) เป็นการศึกษาถึงแมลงและหนอนที่เกี่ยวข้องกับคดี เช่น การพิสูจน์ชนิดของแมลงในศพ ซึ่งจะนำไปสู่ระยะเวลาในวงจรชีพและทำให้ทราบเวลาตายโดยประมาณของศพได้

ความสำคัญของนิติวิทยาศาสตร์ คือเมื่อเกิดอาชญากรรมขึ้น การที่จะเอาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษตามกระบวนการยุติธรรมนั้นเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะจะต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในประเทศที่พัฒนาแล้ว อาทิ ประเทศญี่ปุ่น ยุโรป และสหรัฐอเมริกา ได้มีการนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ มาพัฒนาใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานต่างๆให้ได้ผลที่ถูกต้องแท้จริงตามหลักวิทยาศาสตร์เพื่อติดตามเอาตัวผู้กระทำผิดมาลงโทษ จากประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น จึงมีการนำเอานิติวิทยาศาสตร์มาใช้ในขอบเขตโดยทั่วไป ดังนี้ การตรวจสถานที่เกิดเหตุ และการถ่ายรูป (Crime Scene Investigation and Forensic) การตรวจลายนิ้วมือ ฝ่ามือ ฝ่าเท้า (Fingerprint, Palmprint, Footprint) การตรวจเอกสาร (Document) เช่น ตรวจลายเซ็น ลายมือเขียน การตรวจอาวุธปืน และกระสุนปืนของกลาง (Forensic Ballistics) การตรวจทางเคมี (Forensic Chemistry) เช่น ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของสารตัวอย่างต่าง ๆ การตรวจทางฟิสิกส์ (Forensic Physics) เช่น ตรวจร่องรอยการเฉี่ยวชนรถ การตรวจทางชีววิทยา (Biological Trace Evidence) เช่น ตรวจเส้นผม เลือด อสุจิ และตรวจรหัสพันธุกรรม (DNA) การตรวจทางนิติเวช (Forensic Medicine) ได้แก่ งานนิติพยาธิ งานนิติวิทยา งานชีวเคมี การตรวจพิสูจน์อาชญากรรมคอมพิวเตอร์ เช่น การตัดต่อสื่อบันทึกเสียง วีดีทัศน์เปรียบเทียบร่องรอยบนแผ่นซีดี พยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นมีน้ำหนักและเป็นที่ยอมรับในนานาอารยประเทศ

การเก็บรวบรวมพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ พยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่พนักงานสอบสวนจะนำมาใช้ในการพิสูจน์การกระทำความผิด พิสูจน์ความเชื่อมโยงกับสถานที่เกิดเหตุหรือพิสูจน์ยืนยันตัวผู้กระทำความผิด อาจเป็นพยานวัตถุหรือพยานเอกสาร โดยกระบวนการเก็บรวบรวมจะเริ่มตั้งแต่ในสถานที่เกิดเหตุหากขาดการวางแผนในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ หรือผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุไม่มีความรู้ความชำนาญเพียงพอ เก็บ รวบรวมพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกวิธี เลือกใช้หีบห่อวัตถุพยานที่ไม่เหมาะสม หรือการขาดห่วงโซ่ของการครอบครองวัตถุพยาน (chain of custody) จะทำให้พยานหลักฐานเสียหาย หรือเกิดการปนเปื้อน ไม่สามารถใช้ตรวจพิสูจน์ได้หรือตรวจพิสูจน์แล้วไม่สามารถยืนยันผลได้ นอกจากนี้ การเก็บรวบรวมพยานหลักฐานจะต้องกระทำโดยชอบด้วยกฎหมาย โดยผู้มีอำนาจตามกฎหมายหรือได้รับการร้องขอจากผู้มีอำนาจตามกฎหมายให้ดำเนินการจัดเก็บ พนักงานสอบสวนสามารถดำเนินการร้องขอให้ผู้ชำนาญการหรือผู้เชี่ยวชาญหรือชุดปฏิบัติการตรวจสถานที่เกิดเหตุของเจ้าหน้าที่สถาบันนิติวิทยาศาสตร์ กระทรวงยุติธรรม สำนักงานพิสูจน์หลักฐานตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ซึ่งมีหน่วยงานกระจายอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของ

ประเทศได้เข้ามาร่วมในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ เพื่อช่วย รวบรวมเก็บพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากพยานหลักฐานบางชนิดหรือบางประเภทต้องใช้ ผู้ที่มีความชำนาญเป็นพิเศษหรือต้องมีการใช้เครื่องมือพิเศษในการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานเพื่อ นำส่งตรวจพิสูจน์ยังห้องปฏิบัติการต่อไป (สฤษดิ์ สืบพงษ์ศิริ, 2559) เราสามารถเก็บรวบรวมพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ ได้จากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ 1) สถานที่เกิดเหตุ 2) ผู้เสียหายหรือผู้เสียชีวิต 3) ผู้ต้องสงสัยหรือผู้ต้องหา 4) ที่อื่น ๆ เช่น คนร้ายยิงคนตายในสถานที่เกิดเหตุแล้วหลบหนีไปพร้อมอาวุธปืนของกลาง ระหว่างหลบหนีได้เอาปืนโยนทิ้งลงแม่น้ำ สถานที่พบปืนคือในแม่น้ำ ถือว่าเป็นสถานที่อื่นๆ

การเก็บรวบรวมพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เป็นหัวใจที่สำคัญขั้นตอนการเก็บควรปฏิบัติอย่างมีระบบและป้องกันการปนเปื้อนและการทำลายพยานหลักฐาน ซึ่งลำดับ วิธีการเก็บรวบรวมพยานหลักฐานแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทและชนิดของพยานหลักฐาน รวมทั้งวัตถุประสงค์และวิธีการนำพยานหลักฐานไปตรวจพิสูจน์ทางห้องปฏิบัติการ กระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มต้นจาก

1. สถานที่เกิดเหตุ ผู้ตรวจสถานที่เกิดเหตุตรวจพบและให้การรับรอง (recognition) การมีอยู่จริงของวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ

2. ห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 1) การระบุชี้ชัด (identification) ระบุว่าวัตถุพยานนั้นคืออะไร โดยอาศัยการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ชีวะ และฟิสิกส์ 2) การตรวจเปรียบเทียบ (Comparison) เป็นขั้นตอนการตรวจพิสูจน์วัตถุพยานที่ไม่สามารถระบุชี้ชัดได้จากคุณสมบัติทางเคมี ชีวะ และฟิสิกส์ ต้องอาศัยตัวอย่างเปรียบเทียบในการตรวจพิสูจน์ 3) การระบุความเป็นเอกลักษณ์ (Individualization) เป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากการตรวจ ปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ทราบแหล่งที่มา (Know Standard) ใช้ในการตรวจพิสูจน์ยืนยัน โดยอาศัยเอกลักษณ์ความเป็นหนึ่งเดียวของตัวมันเอง เช่น ตำหนิพิเศษของลายนิ้วมือ หรือรหัสสารพันธุกรรมดีเอ็นเอ ที่แต่ละบุคคลไม่มีซ้ำกัน

3. ชั้นสอบสวน เป็นขั้นตอนของการปะติปะต่อเรื่องราว (reconstruction) เป็นการนำผลการตรวจพิสูจน์และข้อมูลจากการสืบสวนสอบสวน มาสร้างลำดับย้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่เกิดเหตุ

กระบวนการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ถือเป็นหลักการสำคัญของการนำวัตถุพยานไปใช้ประโยชน์ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานสืบสวนสอบสวนและเป็นสิ่งที่ยืนยันได้ว่า นิติวิทยาศาสตร์นั้นเป็นการทำงานในแบบวิทยาศาสตร์ (Scientific method) คือ มีความโปร่งใส สามารถตรวจสอบและอธิบายได้ทุกขั้นตอน (Lee et al., 2001)

2.1.2 แนวคิดเกี่ยวกับการตรวจพิสูจน์บุคคล

การระบุตัวบุคคลเป็นสิ่งเริ่มต้นแรกในกระบวนการทางกฎหมาย ไม่ว่าจะเป็นการระบุว่าผู้ตายเป็นใครตามกฎหมายชันสูตรพลิกศพ การระบุบุคคลกรณีอุบัติภัยหมู่ หรือการพิสูจน์เอกลักษณ์จากผู้ที่ยังมีชีวิตอยู่ เช่น การประเมินอายุผู้กระทำความผิด เป็นต้น

การระบุตัวบุคคลนั้นมีระดับตั้งแต่ง่าย ไม่ต้องใช้ความชำนาญ เช่น กรณีที่ศพยังมีสภาพสมบูรณ์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการเน่าหรือการบาดเจ็บที่รุนแรง จนกระทั่งระดับต้องใช้ความชำนาญในหลายๆสาขาวิชาในกรณีที่ศพเปลี่ยนไปมากเหลือแต่โครงกระดูก หรือกรณีที่มีผู้เสียชีวิตเป็นจำนวนมาก เช่น แพทย์นิติเวช ทันตแพทย์ นักนิติมานุษยวิทยา ดังนั้นการเลือกใช้วิธีในการเลือกระบุบุคคลจึงอยู่ในดุลพินิจที่เหมาะสมของพนักงานผู้ชันสูตรพลิกศพการพิสูจน์บุคคลโดยอุดมคติแล้วควรใช้วิธีที่เป็นวิทยาศาสตร์ (Positive Identification) แต่บางครั้งไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีข้อปัจจัยหลายอย่าง ผลที่ได้อาจเป็นเพียงการคาดเดาและการสันนิษฐาน

โดยมีวิธีในการตรวจพิสูจน์บุคคลแบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์และวิธีที่เป็นวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. วิธีที่ไม่เป็นวิทยาศาสตร์ (Nonscientific methods) เป็นวิธีการพิสูจน์บุคคลเพียงสันนิษฐาน (Presumptive) หรือ การระบุเอกลักษณ์เบื้องต้นเท่านั้น ประกอบด้วย

1.1 Identification from visual recognition and personal effects เป็นวิธีสังเกตเปรียบเทียบรูปลักษณ์ภายนอก (Physical attributes) หรือสิ่งที่ติดมากับร่างกาย เป็นวิธีที่ง่ายและราคาถูก อาจจะให้วิธีเทียบกับรูปในบัตรของทางราชการ เช่น บัตรประจำตัวประชาชน ใบขับขี่ หรือจากการจำได้ของญาติหรือผู้รู้จักโดยดูจากรูปของศพหรือตัวศพ การตรวจศพหรือร่างกายแพทย์จะบันทึกลักษณะภายนอกที่พบ ได้แก่ เพศ ช่วงอายุ รูปร่าง ความสูง น้ำหนัก ลักษณะผม สีผม สีตา ลักษณะจมูก ปาก ลักษณะเสื้อผ้า เครื่องประดับ รอยสัก รอยแผลเป็น ความพิการที่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ฯลฯ ถ้าศพยังอยู่ในสภาพดี แพทย์ควรถ่ายรูปเพื่อนำเป็นหลักฐานแจ้งญาติหรือผู้เกี่ยวข้องต่อไป การตรวจวัตถุสิ่งของที่ติดมากับร่างกายก็มีส่วนช่วยแต่พึงระลึกไว้เสมอว่าอาจจะมีความผิดพลาดแต่วิธีนี้จะมีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพศพหลังเสียชีวิต

2. วิธีที่เป็นวิทยาศาสตร์ (Scientific methods) เป็นวิธียืนยันตัวบุคคลที่นิยมใช้และมีความแม่นยำสูง ประกอบด้วย

2.1 ลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprints)โดยส่วนใหญ่แล้ววิธีการนี้จะเป็นหน้าที่ของพนักงานสอบสวน การตรวจลายนิ้วมือนั้นจะเป็นการตรวจเทียบว่า 2 ลายนิ้วมือนั้นเป็นลายเดียวกันหรือไม่ โดยมีการเปรียบเทียบจุดสังเกตเล็กๆ โดยทั่วไปจะบันทึกประมาณ 30-40 จุดต่อ 1 ลายนิ้วมือ แล้วนำมาเปรียบเทียบกันว่าตรงกันหรือไม่

2.2 การระบุบุคคลจากทันตกรรม (Identification from teeth) สามารถช่วยทั้งในเรื่อง พิสูจน์บุคคลทั่วไป เช่น เรื่องอายุโดยพิจารณาจากการขึ้นของฟันและการสึกของฟัน การระบุพิสูจน์รายบุคคลโดยเทียบประวัติการทำฟันกับการตรวจฟันที่พบ การเทียบภาพรังสีทันตกรรมก่อนเสียชีวิตและหลังเสียชีวิต หรือแม้แต่การตรวจเทียบหาเจ้าของรอยกัด

2.3 การระบุบุคคลจากภาพรังสีและอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ติดกับร่างกาย (Identification from radiology and implanted surgical devices) การถ่ายภาพรังสีจะช่วยในการเทียบวัสดุทางการแพทย์ที่เคยรักษา เช่น การดามโลหะที่กระดูก การใส่เครื่องกระตุ้นหัวใจ ลักษณะการมัดลวดที่กระดูกหน้าอกจากการเคยผ่าตัดทรวง เป็นต้น ลักษณะจำเพาะทางรังสีบางอย่างเป็นลักษณะจำเพาะของแต่ละบุคคล เช่น ลักษณะกะโหลก (frontal sinus) หรือการเคยมีการแตกหักของกระดูกมาก่อน เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีภาพรังสีก่อนเสียชีวิตเป็นตัวเปรียบเทียบเช่นกัน

2.4 การระบุบุคคลจากสารชีวโมเลกุล (Identification from Biomolecular evidence) หรือ การตรวจดีเอนเอ (DNA) ในปัจจุบันเป็นวิธีที่มีความน่าเชื่อถือ และมีความจำเพาะในแต่ละบุคคลยกเว้น กรณีที่เป็นแฝดไข่ใบเดียวกัน โดยปัจจุบันสามารถตรวจจากสารชีววัตถุ ได้แก่ เลือด เซลล์กระพุ้งแก้ม เส้นผมที่มีรากผม ผิวหนัง เซลล์ไขกระดูก หรือจากน้ำอสุจิ โดยจะต้องมีการเปรียบเทียบกับชีววัตถุก่อนที่จะเสียชีวิต เช่น เส้นผมที่หวี ฟันที่เคยหลุด เสื้อผ้าที่เปื้อนคราบเลือดหรือน้ำอสุจิ แม้กระทั่งชิ้นเนื้อที่ตรวจทางพยาธิวิทยาก็สามารถนำมาใช้ได้ ในกรณีศพเน่า สิ่งส่งตรวจดีเอนเอ ที่ดีคือ โพรงฟัน (dental pulp) โดยเฉพาะฟันกราม (molars) ส่วนกรณีที่ศพถูกไฟไหม้ ถ้าสามารถเก็บเลือด กล้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่อที่เพียงพอก็มักจะตรวจดีเอนเอได้ (Pangsorn, 2018) สิ่งที่ต้องพึงระวัง คือ การตรวจ DNA จะต้องลดการปนเปื้อนในกระบวนการเก็บหลักฐานและส่งต่อให้มากที่สุด เพราะจะส่งผลถึงการแปลผลได้

2.5 การพิสูจน์บุคคลจากโครงกระดูก (Identification from skeletonized human remains) เมื่อมีการตรวจพบลักษณะโครงกระดูก สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ สิ่งนั้นเป็นกระดูกจริงหรือไม่ ถ้าเป็นกระดูกเป็นของคนหรือสัตว์ ถ้าเป็นกระดูกของคน คนนั้นเป็นคนวัยใด เพศไหน เชื้อชาติอะไร สุดท้ายต้องทราบว่า ผู้ตายเป็นใคร โดยมีการตรวจ ดังนี้ 1) ใช้วิธีตรวจดูเสื้อผ้าหรือของที่ติดตัวกับร่างกายศพ พิจารณาโครงกระดูกด้วยหลักมานุษยวิทยา เพื่อประเมินเพศ เชื้อชาติ อายุ ถ้าประเมินได้ยากให้ส่งร่างให้กับนักนิติมานุษยวิทยาต่อไป 2) การจำลองใบหน้าโดยใช้กะโหลกเป็นแนวทาง (Facial reconstruction) อาจใช้วิธีร่างภาพ ปั้นดินเหนียว หรือใช้คอมพิวเตอร์ก็ได้ แต่ผลที่ได้เป็นเพียงแค่ระบุเอกลักษณ์เบื้องต้น 3) นำรูปบุคคลตอนที่ยังมีชีวิตมาซ้อนทับกับกะโหลก (Photo superimposition) โดยมาซ้อนทับกับศีรษะที่ไม่ทราบว่าเป็นผู้ใด วิธีนี้ใช้ในการคัดออก (Ruling out) บุคคลที่สงสัยมากกว่าเป็นการตรวจยืนยัน 4) สามารถใช้ข้อมูลเทียบจากลักษณะของฟัน และ

ภาพถ่ายรังสีได้ ส่วนการตรวจดีเอนเอนั้นสามารถตรวจได้จากกระดูกและฟัน (Broeders & Petrus, 2012)

2.1.3 รอยเท้า การตรวจหารอยเท้า และรูปแบบรอยเท้าที่พบในสถานที่เกิดเหตุ

รอยเท้าของมนุษย์นั้น ถือเป็นพยานวัตถุประเภทประทับที่ได้จากการเหยียบย่ำประทับของเท้า พบได้ง่ายและพบได้มากที่สุดในสถานที่เกิดเหตุ ผู้กระทำความผิดหรืออาชญากรอาจเท้าสัมผัสกับวัตถุในที่เกิดเหตุทั้งโดยความตั้งใจและโดยเหตุบังเอิญแล้วเกิดเป็นรอยประทับ หรือเข้าไปเหยียบสถานที่เกิดเหตุ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. รอยเท้าชนิดที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Patent footprint) แบ่งย่อยได้ 2 ชนิด

1.1 ชนิด 2 มิติ เป็นรอยเท้าที่เกิดจากการปนเปื้อนสารที่ทำให้เกิดร่องรอยก่อนประทับรอยเท้า เช่น รอยเท้าเปื้อนเลือด รอยเท้าที่เหยียบย่ำบนพื้นที่มีฝุ่นเกาะผิวหน้า และสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน

1.2 ชนิด 3 มิติ เป็นรอยเท้าที่ไปสัมผัสหรือกดบนผิวของพื้นที่อ่อน ไม่ยืดหยุ่น (ไม่คืนตัว) เช่น พื้นทราย พื้นดินเหนียว ทำให้เกิดร่องรอยที่เป็นบนวัตถุนั้นที่เป็น 3 มิติ

2. รอยเท้าแฝง (Latent footprint) เป็นรอยเท้าที่ไม่เห็นชัดด้วยตาเปล่า เช่น รอยเท้าบนพื้นกระเบื้อง รอยเท้าบนพื้นขัดมัน รอยเท้าประเภทนี้ต้องใช้วิธีทางฟิสิกส์ เคมี หรือเคมีฟิสิกส์ช่วย จึงจะทำให้ปรากฏรอยขึ้น

ในการตรวจรอยเท้าและรูปแบบรอยเท้าในสถานที่เกิดเหตุ มีหลักในการตรวจสอบได้แก่ การรักษาสถานที่เกิดเหตุ และรูปแบบของรอยเท้าในสถานที่เกิดเหตุ มีดังต่อไปนี้

1. การรักษาสถานที่เกิดเหตุ ตำแหน่งของรอยเท้าที่อยู่บนพื้น บางครั้งยากที่จะตรวจพบโดยเฉพาะรอยเท้า รอยเท้าแฝง หรือร่องรอบที่เกือบมองไม่เห็นด้วยแล้ว ยิ่งต้องใช้ความพยายามมาก บ่อยครั้งที่ต้องใช้เทคนิคของแสงช่วย ซึ่งผู้ที่ตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุส่วนใหญ่ไม่มีความชำนาญเรื่องนี้ อีกทั้งพยายามที่จะหาวัตถุพยานนี้อย่างจริงจัง นอกจากนี้รอยเท้า อาจถูกเหยียบทับจากเจ้าหน้าที่อื่นที่เข้ามาในสถานที่เกิดเหตุก่อน ทำให้ผู้ตรวจสอบมองข้ามความสำคัญไป ทั้งที่รอยเท้านั้นอาจไม่ถูกทำลายเนื่องจากการซ้อนทับนั้น ดังนั้นเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจึงควรป้องกันสถานที่เกิดเหตุ โดยเฉพาะเส้นทางที่คาดว่าน่าจะมีรอยเท้าแฝงอยู่ เช่น ประตูทางเข้าออกของคนร้าย ทางเลี่ยงริมฝาผนัง บริเวณที่มีการต่อสู้ เพื่อรักษาซึ่งคุณค่าของวัตถุพยานรอยเท้าหรือรอยรองเท้านี้

2. รูปแบบของรอยเท้าที่ตรวจพบในสถานที่เกิดเหตุ รอยเท้าที่ปรากฏชัดเห็นลายเส้นในสถานที่เกิดเหตุนั้น หากมีลายเส้นปรากฏเพียงพอก็สามารถนำไปเปรียบเทียบเอกลักษณ์บุคคลด้วยวิธีเดียวกันกับการเปรียบเทียบลายพิมพ์นิ้วมือ แต่หากรอยเท้านั้นปรากฏลายพิมพ์ไม่ชัดเจน ด้วยคุณลักษณะของขนาดและรูปร่างของเท้าซึ่งสามารถใช้ในการตรวจพิสูจน์ได้เช่นกัน ซึ่งในสถานที่เกิดเหตุนั้นอาจตรวจพบรอยเท้าได้ 3 รูปแบบ 1) รูปแบบรอยประทับที่ไม่มีอะไรห่อหุ้มเท้า

2) รอยประทับที่เกิดจากการสวมถุงเท้า 3) รอยเท้าประเภทรอยประทับและรอยที่ถูกทิ้งไว้บนผิวหน้าของพื้นรองเท้าที่สวม

โดยการการตรวจพิสูจน์เปรียบเทียบรอยเท้าจะมีเทคนิคในการวัดรอยพิมพ์ฝ่าเท้าแบ่งออกเป็นรอยเท้าแบบอยู่กับที่ และแบบมีการเคลื่อนไหว (Richa Mukhra, 2018) ดังนี้

1. เทคนิคการวัด รอยพิมพ์ฝ่าเท้าแบบอยู่กับที่ (Static) จะมีเทคนิคการวัดทั้งหมด 3 เทคนิค รวมไปถึงการตรวจสัณฐานของเท้า และการทาบแบบ ดังนี้

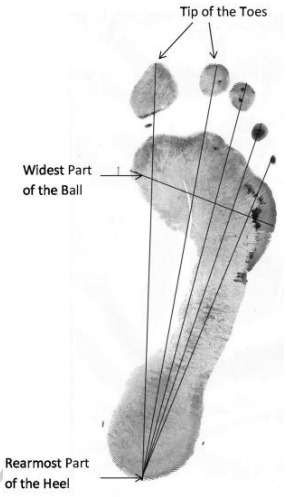
1.1 เทคนิคการวัดระยะห่าง ระหว่างจุดศูนย์กลางของนิ้วเท้าแต่ละนิ้ว ใช้วิธีการกำหนดจุดศูนย์กลางของนิ้วเท้าแต่ละนิ้ว แล้วลากโยงจากจุดศูนย์กลางนิ้วโป้งไปยังจุดศูนย์กลางของนิ้วอื่น วัดระยะห่างของแต่ละเส้นที่โยงจะพบว่า บุคคลแต่ละคนจะมีระยะห่างระหว่างนิ้วไม่เท่ากัน สามารถนำมาเปรียบเทียบระหว่างบุคคลต้องสงสัยว่าเป็นเจ้าของฝ่านั้นหรือไม่

รูปภาพที่ 1 เทคนิคการวัดระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของนิ้ว

ที่มา : "Bare footprint metric analysis methods for comparison and identification in forensic examinations".

Accessed April 1; 2022. Available from https://www. sciencedirect.com.

1.2 เทคนิคการวัดขนาดความยาวของฝ่าเท้า ใช้วิธีการวัดระยะจากจุดปลายสุดของส้นเท้าไปยังจุดศูนย์กลางของนิ้วเท้าแต่ละนิ้วแล้วตีกรอบเป็นสี่เหลี่ยมให้สัมผัสกับส้นเท้าฝ่าเท้า นิ้วชี้และนิ้วก้อย จะพบว่าบุคคลแต่ละคนจะมีขนาดความยาวของฝ่าเท้าไม่เท่ากันและมีระยะทางที่วัดจากจุดปลายสุดของส้นเท้าไปยังจุดศูนย์กลางของนิ้วเท้าแต่ละนิ้วไม่เท่ากันด้วย

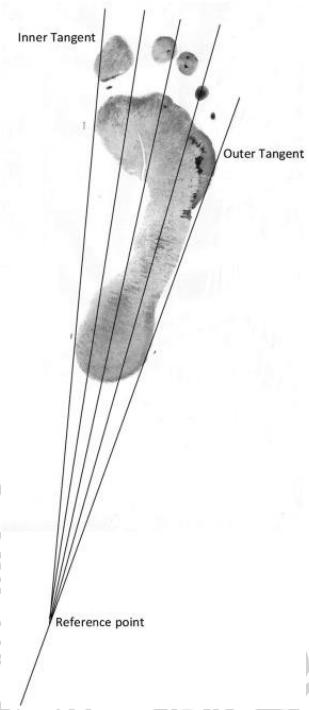


รูปภาพที่ 2 เทคนิคการวัดความกว้างและความยาวฝ่าเท้า

ที่มา : "Bare footprint metric analysis methods for comparison and identification in forensic examinations".

Accessed April 1; 2022. Available from https://www. sciencedirect.com.

1.3 เทคนิคการวัดรูปแบบการแผ่กว้างของฝ่าเท้า ใช้วิธีกำหนดจุดหนึ่งจุดห่างจากส้นเท้าของฝ่าเท้านั้นพอประมาณและกึ่งกลางของฝ่าเท้า จากนั้นลากเส้นออกจากจุดนี้ 5 เส้น โดยเส้นที่ 1 ลากไปยังขอบฝ่าเท้าด้านในให้สัมผัสทั้งส้นเท้าและฝ่าเท้าด้านบน ลากเส้นที่ 2 3 4 ไปยังขอบของนิ้วเท้าทั้ง 5 ลากเส้นที่ 5 ไปยังขอบฝ่าเท้าด้านนอกให้สัมผัสทั้งส้นเท้าและฝ่าเท้าด้านนอก จะพบว่าบุคคลแต่ละคน มีรูปแบบของฝ่าเท้าไม่เหมือนกัน สามารถนำมาใช้ตรวจเปรียบเทียบกับผู้ต้องสงสัยได้



รูปภาพที่ 3 เทคนิคการวัดแบบรอยแผ่กว้างของฝ่าเท้า

ที่มา : "Bare footprint metric analysis methods for comparison and identification in forensic examinations".

Accessed April 1; 2022. Available from https://www. sciencedirect.com.

1.4 ตรวจจาก สัณฐานวิทยา (Morphology) ของเท้าจาก 1) รูปแบบของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าที่เป็นแบบแบนราบ (Flat Foot) 2) รูปแบบความยาวของนิ้วเท้า (Lengths of toes pattern) 3) จำนวนรอยพิมพ์ฝ่าเท้าที่ไม่ปรากฏรอยนิ้วเท้าที่ 5 (Missing 5^{th} toe) 4) จำนวนแนวโค้งหยักบนแนวนิ้วเท้า (hump) 5) จำนวนรอยข้อนิ้วที่ปรากฏในรอยพิมพ์ฝ่าเท้าซ้ายและเท้าขวา (Phalange Marks)

1.5 การทาบแบบ (Tracing) เป็นการลอกรอยฝ่าเท้าที่พบในสถานที่เกิดเหตุไปทาบซ้อน บนรอยฝ่าเท้าของผู้ต้องสงสัย

2. เทคนิคการวัด รอยพิมพ์ฝ่าเท้าแบบมีการเคลื่อนไหว (dynamic) มาจากการเดิน ซึ่งสามารถดูรูปแบบของเท้าแต่ละบุคคลได้ (flat index) วิธีการหาเช่นเดียวกับรอยพิมพ์ฝ่าเท้าแบบอยู่กับที่ (static) นอกจากนี้สามารถทราบถึง ระยะรอยพิมพ์ฝ่าเท้าข้างเดียวกันที่อยู่ติดกัน (stride length) ระยะจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าคนละข้างที่อยู่ติดกัน (step length) ระยะในแนวนอนระหว่างจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าคนละข้างที่อยู่ติดกัน (step width) มุมระหว่างเส้นแกนเท่ากับเส้นในแนวตั้ง (foot angle) มีวิธีการดังต่อไปนี้

1) กำหนดจุดสูงสุดของรอยพิมพ์นิ้วชี้จุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ส้นเท้าจากนั้นลากเส้นเชื่อม ระหว่าง 2 จุดนี้เป็นเส้นแกนเท้า

2) ลากเส้นอ้างอิงในแนวนอน (แกน X) ผ่านจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้า

3) ลากเส้นระหว่างจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าข้างเดียวกันที่อยู่ต่อกันของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าทั้งสองข้าง เส้นในแนวตั้ง (แกน Y)

4) วัดระยะในแนวตั้งฉากระหว่างจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าข้างเดียวกันที่อยู่ต่อกัน (stride length) ระหว่างจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าคนละข้างที่อยู่ติดกัน (step length)

5) วัดระยะในแนวนอนระหว่างจุดต่ำสุดของรอยพิมพ์ฝ่าเท้าคนละข้างที่อยู่ติดกัน (step width)

6) วัดมุมระหว่างเส้น แกนเท่ากับเส้นในแนวตั้ง (foot angle)

นอกจากนี้สามารถคำนวณความเร็วในการเดิน (velocity) และความถี่ในการเดิน (cadence) จากสูตร

Velocity (m/sec) = ระยะทางที่เดิน (m) / ระยะเวลาที่ใช้เดิน (sec)

Cadence (steps/min) = จำนวนก้าว (steps) / ระยะเวลาที่ใช้เดิน (min)

2.1.4 ความสูง และความสัมพันธ์ระหว่างรอยเท้ากับความสูง

ความสูง หมายถึง ระยะที่วัดจากส้นเท้าจนถึงส่วนที่สูงที่สุดของศีรษะ โดยทำการวัดในท่ายืน หลังตรง ไม่สวมรองเท้าและให้เท้าทั้งสองข้างชิดติดกัน คอตรง ระดับสายตามองขนานไปกับพื้นราบ (Martinez, 2020)

เด็กทารกและเด็กเล็กจะเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง เพราะมีการเปลี่ยนแปลงในแผ่นการเจริญเติบโตในกระดูกยาวของแขนและขา เมื่อแผ่นการเจริญเติบโตสร้างกระดูกใหม่ขึ้น กระดูกยาวก็จะเริ่มยาวขึ้น และทำให้เด็กสูงขึ้นคนเราจะเจริญเติบโตเร็วที่สุดในช่วง 9 เดือนแรกของชีวิตก่อนการคลอดออกมา หลังจากคลอดแล้วจะค่อย ๆ ช้าลงเมื่อเด็กมีอายุได้ 8 ปี เด็กจะโตเฉลี่ย 2.16 นิ้ว หรือ 5.5 ซม. ต่อปีวัยรุ่นจะมีช่วง growth spurt คือ ช่วงเติบโตเร็ว เป็นช่วงเวลาของวัยเจริญพันธุ์ หลังจากนั้นแผ่นการเจริญเติบโตจะหยุดสร้างกระดูกใหม่ ในช่วงอายุ 12-16 ปี ในบางรายอาจจะสูงได้ถึงอายุ 18 ปี และเมื่ออายุครบ 20 ปี ทำให้คนหยุดการเจริญเติบโต มือ จะหยุดการเติบโตก่อนเป็นอันดับแรก จากนั้นตามมาด้วยแขน และขา ส่วนสุดท้ายที่จะหยุดการเติบโตคือ ไขสันหลัง ทำให้ความสูงของบุคคลคงที่

โดยปัจจัยที่มีผลต่อพัฒนาการความสูง ประกอบด้วย

1. พันธุกรรมหรือดีเอ็นเอ ความสูงของพ่อแม่เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง ที่เป็นตัวกำหนดความสูง และการเจริญเติบโตของเด็ก

2. ฮอร์โมน โดยร่างกายจะมีการผลิตฮอร์โมนที่ส่งผลต่อการเพิ่มความสูง เช่น ฮอร์โมนที่ใช้ในการเจริญเติบโต (Growth hormone) เป็นฮอร์โมนที่ถูกสร้างจากต่อมใต้สมอง และเป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญมากที่สุดต่อการเจริญเติบโต เมื่อหลั่งออกมามากหรือน้อยเกินไป ก็จะมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ ฮอร์โมนกระตุ้นต่อมไทรอยด์ (Thyroxine) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์ ส่งผลต่อการสร้างพลังงาน และการเจริญเติบโตของร่างกาย และฮอร์โมนเพศ ได้แก่ ฮอร์โมนเพศชาย (testosterone) และฮอร์โมนเพศหญิง (Estrogen) มีความสำคัญมากสำหรับการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในช่วงระยะวัยรุ่น

3. การออกกำลังกาย การออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและกระดูก เป็นผลให้มีการพัฒนาการด้านการเจริญเติบโตอย่างเต็มที่

4. ภาวะโภชนาการ การได้รับสารอาหารอย่างเต็มที่ครบถ้วน และเหมาะสมต่อความต้องการของร่างกาย โดยเฉพาะกลุ่มโปรตีน และแร่ธาตุกลุ่มแคลเซียม จะช่วยส่งเสริมกระบวนการของร่างกายให้พัฒนาการเจริญเติบโตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. การนอนหลับ การนอนหลับพักผ่อนที่เพียงพอในช่วงกลางคืนจะช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น เนื่องจาก ฮอร์โมนที่ใช้ในการเจริญเติบโต (Growth hormone) จะหลั่งออกมามากขณะหลับ โดยจะเริ่มหลังช่วงหัวค่ำเป็นต้นไป

6. เชื้อชาติ ด้วยลักษณะทางกายวิภาคที่แตกต่างกันแต่ละชนชาติ ทำให้ความสูงระหว่างเชื้อชาติต่างกัน เช่น คนยุโรปมักจะมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าคนเอเชีย เป็นต้น

7. อายุ เมื่อคนมีอายุมากขึ้น ความตึงตัว ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อกระดูกและข้อต่อต่างๆก็จะลดลง ส่งผลให้มีกระดูกเสื่อม มีผลทำให้ส่วนสูงลดลง

8. เพศ เพศชายมีแนวโน้มที่จะสูงกว่าเพศหญิง และเพศชายมีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตต่อเนื่องได้ยาวนานกว่าเพศหญิง เฉลี่ยแล้วผู้ใหญ่เพศชายจะสูง 5.5 นิ้ว (1.4 เซนติเมตร) มากกว่าผู้ใหญ่เพศหญิง

9. โรคต่างๆ ที่มีผลต่อความสูง เช่น ภาวะกระดูกสันหลังเสื่อม เคลื่อน ภาวะข้อเข่าเสื่อม และภาวะกระดูกสันหลังคด ก็จะทำให้ความสูงลดลง

เมื่อผ่านช่วงวัยรุ่นไปแล้ว หรือมีอายุ 18 ปีขึ้นไป ร่างกายจะหยุดการสร้างกระดูกใหม่ แผ่นกระดูกจะเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ทำให้คนนั้น ๆ มีการเจริญเติบโตคงที่ และหยุดการ

เจริญเติบโต จนกระทั่งถึงวัยสูงอายุ ที่มีช่วงอายุ 60 ปีขึ้นไป จะเริ่มมีความสูงลดลง จากความเสื่อมของร่างกาย

โดยสาเหตุที่ทำให้ร่างกายหยุดสูง มาจาก กระบวนการการเจริญเติบโตตั้งแต่แรกเกิดจนอายุเพิ่มขึ้น จะมี Growth hormone (GH) ที่หลั่งออกจากต่อมใต้สมอง คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary) ดังนั้น หากอายุเพิ่มขึ้น ต่อมใต้สมองส่วนหน้าก็จะทำงานน้อยลง ส่งผลให้ร่างกายไม่สามารถผลิต Growth hormone ที่ช่วยเพิ่มความสูงในวัยเจริญเติบโตได้ อีกทั้งการพักผ่อน ที่ไม่เพียงพอและไม่ถูกเวลา ส่งผลกับการหลั่ง Growth hormone ซึ่งจะส่งผลต่อการเจริญเติบโต ทั้งระบบประสาท ระบบกระดูกกล้ามเนื้อได้ นอกจากนี้ปัจจัยทางด้านพฤติกรรมก็มีผลต่อการทำลายกระดูกและความสูงได้ ได้แก่

1. การนั่งไขว่ห้าง ทำให้น้ำหนักตัวกดลงที่สะโพกข้างใดข้างหนึ่ง เป็นผลให้กระดูกสันหลังคด และอาจเกิดข้อเข่ายึดติด ข้อฝืดเมื่ออายุเพิ่มขึ้นได้

2. การนั่งหลังค่อมหรือหลังงอและการยืนหลังค่อม เป็นเวลานาน จะทำให้กล้ามเนื้อเกร็งค้าง เกิดการคั่งของกรดแลกติก และทำให้กระดูกสันหลังแอ่น มีปัญหาเรื่องกระดูกกล้ามเนื้อตามมาได้

3. การใส่ส้นสูงเกิน 1 นิ้วครึ่ง จะทำให้กล้ามเนื้อน่องหดเกร็ง แนวกระดูกสันหลังช่วงล่างแอ่นมากกว่าปกติ เกิดภาวะหมอนรองกระดูกเคลื่อนได้

4. การสะพายกระเป๋าหนักเป็นประจำ ส่งผลให้เกิดการทำงานหนักข้างเดียว ทำให้เกิดกระดูกสันหลังคดได้

5. การนอนขดตัวหรือนอนตัวเอียง ทำให้กระดูกสันหลังแอ่น หรือคดได้ง่าย ท่านอนที่ถูกต้องคือท่านอนหงาย ศีรษะอยู่ในแนวราบ หรือตะแคงให้ใช้หมอนข้าง ก่ายให้ขาทั้งหมดอยู่บนหมอนข้างเพื่อรักษาแนวกระดุกสันหลังให้ตรง

นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาคาดคะเนความสูงจากกระดูกยาว พบว่า ลักษณะทางกายวิภาคของกระดูกยาว (Long bone) ส่วนของกระดูกยาว (Long bone) บริเวณปลายเรียกว่า Epiphysis ในเด็กที่กำลังอยู่ในวัยเจริญเติบโตที่บริเวณรอยต่อระหว่าง Epiphysis กับ Diaphysis จะมี แผ่นกระดูกอ่อนที่เป็น Hyaline cartilage กันอยู่เรียกว่า Epiphyseal plate ซึ่งมีความสำคัญ คือ เป็น บริเวณที่กระดูกอ่อนมีการแบ่งตัวได้และกระดูกอ่อนก็ถูกแทนที่ด้วยกระดูก (Bone) ทำให้กระดูกสามารถยาวขึ้นเรื่อย ๆ ในเด็กที่อยู่ในวัยเจริญเติบโต จนอายุประมาณ 20 ปี ในเพศหญิง และอายุ 25 ปี ในเพศชาย อัตราการแบ่งตัวของกระดูกอ่อนเหล่านี้จะช้าลงและถูกแทนที่ด้วยกระดูกจนหมดในที่สุด กระดูกยาวหลาย ๆ ชนิดสามารถนำมาใช้ในการคาดคะเนความสูงได้เป็นอย่างดี โดยกระดูกที่นักวิทยาศาสตร์นิยมนำมาศึกษา และนำมาคาดคะเนความสูงของมนุษย์ได้แก่ กระดูกต้นขา (Femur) กระดูกหน้าแข้ง (Tibia) กระดูกต้นแขน (Humerus) กระดูกปลายแขนด้านใน (Ulna) กระดูกปลาย

แขนด้านนอก (Radius) และกระดูกนิ้วมือ นิ้วเท้า (Phalanges) นอกจากนี้พบว่า ความยาวของกระดูกมีความสัมพันธ์กับขนาดและรอยฝ่าเท้า จึงสามารถนำรอยฝ่าเท้าที่พบมาใช้ในการคาดคะเนเพื่อประมาณส่วนสูงได้เช่นกัน (Mukhra et al., 2020)

2.2 ระบบโครงร่างของเท้า

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงระบบโครงร่างของเท้า แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) ลักษณะกายวิภาค กระดูก และกล้ามเนื้อของเท้า 2) ระบบข้อต่อและเอ็นของข้อเท้า และ 3) การเคลื่อนไหวของเท้า มีรายละเอียดดังนี้

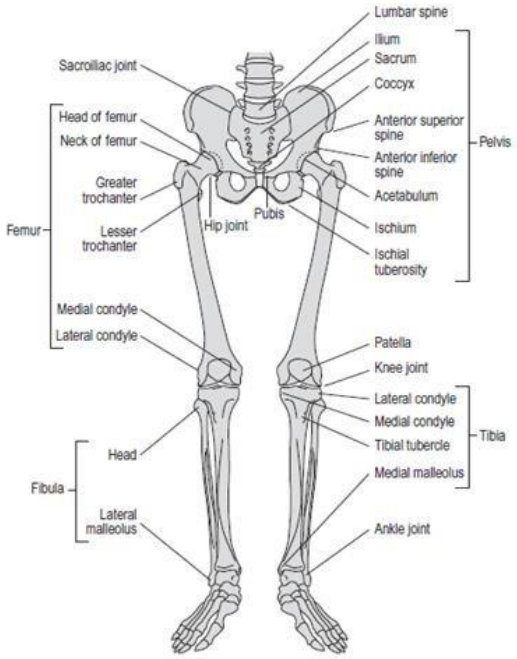
2.2.1 ลักษณะกายวิภาค กระดูก และกล้ามเนื้อของเท้า

เท้า (foot) เป็นอวัยวะส่วนล่างสุดของร่างกาย ที่ต่อจากส่วนปลายของขาที่ข้อเท้า ทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของร่างกายที่ผ่านลงสู่เบื้องล่าง ดังนั้น โดยทั่วไปจึงนิยมเรียกเท้าว่าเป็น “Weight bearing foot” นอกจากนั้นยังช่วยรักษาสมดุลของร่างกาย ในการยืน (Standing) หรือเดิน (Walking) ที่ควบคุมการทำงานโดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อ ที่จะเคลื่อนที่จากจุดเกาะปลาย (Insertion) ไปสู่จุดเกาะต้น (Origin) ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของเท้า ให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของบุคคล (Dawe & Davis, 2011)

เท้าเป็นส่วนหนึ่งของร่างกายมนุษย์ อยู่ในส่วนที่เป็น รยางค์ล่าง เรียกว่า Lower limb หรือ lower extremities ซึ่งต่อมาจากกระดูกของปลายขาส่วนล่าง กระดูกขาส่วนล่างประกอบด้วย

1. กระดูกหน้าแข้ง (Tibia bones) มี 1 ชิ้นในแต่ละข้าง อยู่ด้านหน้าและด้านในของขาส่วนล่าง พื้นปลายบนเว้าเข้าเป็นที่รองรับปุ่มของกระดูกต้นขา ด้านหน้าปลายบนมีปุ่มนูน เรียกว่าปุ่มทิเบียล (Tibial tuberosity) สำหรับเป็นที่ยึดเกาะของเอ็นกระดูกสะบ้า ปลายล่างจะเล็ก กว่าปลายบน มีปุ่มยื่นออกไปข้างๆ เรียกว่า ตาตุ่มด้านใน (Medial malleolus) ปลายล่างนี้จะไปต่อ กับกระดูกทาลัส (Talus) ของข้อเท้า

2. กระดูกน่อง (Fibula bones) มี 1 ชิ้นในแต่ละข้าง อยู่ด้านนอกและขนานกับกระดูกหน้าแข้ง แต่เล็กกว่า และเรียวที่สุดในจำพวกกระดูกยาว ปลายล่างเป็นรูปสามเหลี่ยมไม่เรียบ ซึ่งกลายเป็นตาตุ่มด้านนอกของเท้า (Lateral malleolus)



รูปภาพที่ 4 แสดงกระดูกขาส่วนต้นและขาส่วนปลาย

ที่มา : " Lower extremity anatomy: Bones and joints".

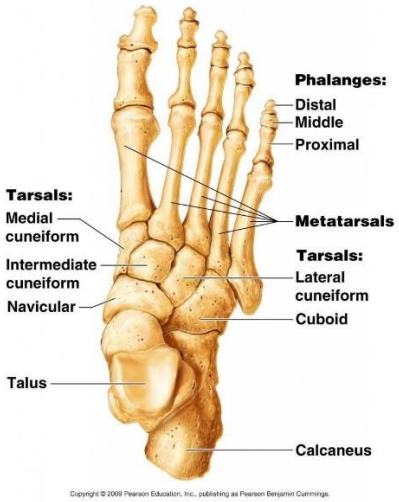
Accessed February 22; 2022. Available from https://www.researchgate.net

กระดูกที่ต่อเนื่องจากกระดูกปลายขานั่นคือ กระดูกเท้า ซึ่งประกอบด้วยกระดูกเล็ก จำนวน 26 ชิ้น แบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ

1. กระดูกข้อเท้า (Tarsal bones) มี 7 ชิ้นในแต่ละข้าง แต่ละชิ้นจะโตกว่ากระดูกข้อมือและมีรูปร่างไม่เหมือนกัน กระดูกชิ้นใหญ่และแข็งแรงที่สุดของข้อเท้า คือ กระดูกส้นเท้า (Calcaneus) ซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำหนักครึ่งหนึ่งของร่างกาย ประกอบด้วยกระดูก Calcaneus 1 ชิ้น Talus 1 ชิ้น Cuboid 1 ชิ้น Navicular 1 ชิ้น และ Cuneiform 3 ชิ้น

2. กระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal bones) มี 5 ชิ้นในแต่ละข้าง ซึ่งคล้ายกับฝ่ามือจัดเป็น กระดูกชนิดยาวประกอบด้วยฐาน (base) ด้าม (shaft) และหัว (head) กระดูกฝ่าเท้าแต่ละชิ้นจะมี ปลายข้างหนึ่งต่อกับกระดูกข้อเท้าเกิดเป็นข้อต่อที่เรียกว่า tarsometatarsal joint ส่วนปลายด้านหัว อีกข้างหนึ่งต่อกับกระดูกนิ้วเท้าชิ้นบน (proximal phalanx) เกิดเป็นข้อต่อที่เรียกว่า metatarsophalangeal joint

3. กระดูกนิ้วเท้า (Phalanges) มี 14 ชิ้นในแต่ละข้าง คล้ายกับนิ้วมือ คือ แต่ละนิ้วจะมีกระดูก 3 ชิ้นยกเว้นหัวแม่เท้ามี 2 ชิ้น



รูปภาพที่ 5 แสดงกระดูกเท้า

ที่มา : "Foot bone tarsal bone anatomy".

Accessed February 22; 2022. Available from https:// www.anatomynote.com

นอกจากกระดูก ร่างกายยังใช้ระบบกล้ามเนื้อในการเคลื่อนไหวร่างกาย โดยจะทำงานประสานสัมพันธ์กัน กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและขา (Muscle of the lower limb) ที่สำคัญ มีดังนี้

1. กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและก้นกบ

1.1 Gluteus maximus เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และหน้าที่สุดของส่วนสะโพก มีจุดเกาะที่ Ilium และ Sacrum ของกระดูกเชิงกราน แล้วไปเกาะยังกระดูกต้นขา ทำหน้าที่เหยียดขา กางต้นขา หมุนต้นขา ไปทางด้านข้าง

1.2 Tensor fasciae latae เป็นกล้ามเนื้อทางด้านข้างของสะโพก เกาะอยู่ที่ส่วนหน้าของกระดูกเชิงกรานทำหน้าที่กางและหมุนขาเข้าด้านใน

2. กล้ามเนื้อส่วนโคนขา กล้ามเนื้อส่วนนี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามตำแหน่งหน้าที่และประสาทที่มาเลี้ยง ด้านหลังของต้นขาเรียกว่า Flexor surface เป็นที่อยู่ของกล้ามเนื้อกลุ่มเอ็นหลังต้นขาด้านล่าง (Hamstring group) อีกกลุ่มหนึ่งคือ กล้ามเนื้อกลุ่มดึงข้อ (Adductor group) และยังมีกล้ามเนื้อกลุ่มด้านหน้าของต้นขา (Anterior group) กล้ามเนื้อส่วนโคนขามัดที่สำคัญ มีดังนี้

2.1 Biceps femoris เป็นกล้ามเนื้อในกล้ามเนื้อกลุ่มเอ็นหลังต้นขาด้านล่าง จุดเกาะเริ่มจากกระดูก Ischium และกระดูกต้นขาไปยังส่วนหัวของกระดูกปลายขาท่อนเล็ก (Fibula) ทำหน้าที่เหยียดต้นขาและงอเข่า

2.2 Rectus femoris เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหน้าของต้นขา (Anterior group)เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่อยู่ทางด้านหน้าของต้นขา จุดเกาะเริ่มจากกระดูก Ilium ไปยังกระดูกปลายขาท่อนใหญ่ (Tibia) ทำหน้าที่งอต้นขาและเหยียดปลายขา

2.3 Satorius เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหน้าของต้นขา มีลักษณะยาวแบนพาดเฉียงบนโคนขา จุดเกาะเริ่มจาก Iliac spine ไปยังส่วนบนของกระดูกปลายขาท่อนใหญ่ (Tibia)ทำหน้าที่งอต้นขา และปลายขา

3. กล้ามเนื้อส่วนปลายขา กล้ามเนื้อส่วนปลายขาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มด้านหน้าของปลายขา(Anterior compartment) กลุ่มด้านข้างของปลายขา (Lateral compartment) และกลุ่มด้านหลังของปลายขา (Posterior compartment) กล้ามเนื้อส่วนปลายขาที่สำคัญ ได้แก่

3.1 Tibialis anterior เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหน้าของปลายขา เกาะจากด้านข้างของกระดูกปลายขาท่อนใหญ่ (Tibia) และจากพังผืด ซึ่งยึดระหว่างกระดูกปลายขาท่อนใหญ่และท่อนเล็ก และเกาะที่กระดูกฝ่าเท้าทำหน้าที่กระดกข้อเท้า และบิดข้อเท้าเข้าด้านใน

3.2 Gastrocnemius เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหลังของปลายขา เป็นกล้ามเนื้อน่องเกาะจากส่วนปลายของกระดูกต้นขาทั้งสองด้าน ส่วนปลายกลายเป็นเอ็นเกาะที่กระดูกส้นเท้า (Achillis tendon) ทำหน้าที่งอหลังเท้า เหยียดนิ้วเท้า ถีบฝ่าเท้าลงและช่วยงอเข่าด้วย

3.3 Soleus เป็นกล้ามเนื้อใหญ่ รูปร่างคล้ายปลาอยู่ใน Gastrocnemius ทำหน้าที่งอฝ่าเท้า

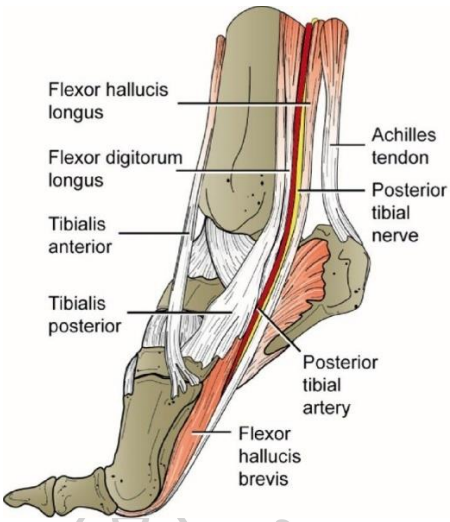
4. กล้ามเนื้อส่วนเท้า เป็นกล้ามเนื้อที่เกาะคล้ายบริเวณมีข้อมือแตกต่างกันตรงที่เป็นกล้ามเนื้อที่ควบคุมส้นเท้าระหว่างการเดิน กล้ามเนื้อส่วนเท้าที่สำคัญ มีดังนี้

4.1 Flexor hallucis longus เกาะจากด้านหลังของกระดูกช่วงล่าง ส่วนปลายเป็นเอ็นเกาะที่กระดูกหัวแม่เท้า ท่อนปลายทำหน้าที่งอปลายนิ้วหัวแม่เท้า ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าลง และบิดเท้าเข้าด้านใน

4.2 Extensor digitorum brevis เป็นกล้ามเนื้อด้านหลังเท้า ตรงปลายเป็นเอ็นไปเกาะที่นิ้วเท้าทั้ง 4 ยกเว้นนิ้วหัวแม่เท้า ทำหน้าที่เหยียดข้อของนิ้วเท้าทั้ง 4

4.3 Flexor digitorum brevis เป็นกล้ามเนื้อบริเวณอุ้งเท้า ทำหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนไหว เป็นกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของเท้าเวลาเดิน

4.4 Adductor hallucis เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ลึกที่สุด ทำหน้าที่เหยียดหัวแม่เท้า (Card & Bordoni, 2019)



รูปภาพที่ 6 แสดงกล้ามเนื้อเท้า

ที่มา : "Muscle of the lower limb". Accessed February 22; 2022. Available from https://sites.google.com/

2.2.2 ระบบข้อต่อ และเอ็นของข้อเท้า

ข้อต่อเป็นส่วนที่กระดูกตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไปมาต่อกัน โดยมีเอ็นยึดกระดูก (Ligament) ยึดเกาะระหว่างกระดูกกับกระดูก ทำให้กระดูกมีการทำงานร่วมกัน เป็นระบบ เพื่อการค้ำจุนปกป้องร่างกายและการเคลื่อนไหวในรูปแบบต่างๆ ที่เหมาะสม การเคลื่อนไหวนี้จะเกิดขึ้นรอบๆ ข้อต่อ โดยมีข้อต่อเป็นจุดหมุนของการเคลื่อนไหว

ข้อต่อ (Joints) หมายถึง บริเวณที่กระดูกตั้งแต่สองชิ้นขึ้นไปมีการติดต่อกัน ข้อต่อในร่างกายมนุษย์มีหลายแบบ สามารถจัดจำแนกได้ตามคุณสมบัติในการเคลื่อนไหว โดยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 แบบ คือ ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Synarthrosis) และข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้ (Diarthrosis) ดังนี้

1.1 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวไม่ได้ (Synarthrosis) และข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้น้อย (Amphiarthrosis) ข้อต่อในทั้งสองแบบนี้มักมีการเชื่อมต่อกันโดยตรง หรือมีกระดูกอ่อนเป็นตัวเชื่อม จึงทำให้การเคลื่อนไหวจำกัดอย่างมาก ข้อต่อในลักษณะนี้จะมีความเสถียรสูง โดยส่วนใหญ่ข้อต่อที่มีการเคลื่อนไหวที่จำกัดนี้จะเป็นข้อต่อแบบเส้นใย หรือเป็นข้อต่อแบบอ่อน

1.2 ข้อต่อที่เคลื่อนไหวได้มาก (Diarthrosis) ข้อต่อในลักษณะนี้มักจะเป็น ข้อต่อแบบซินโนเวียล และมีการเคลื่อนไหวได้ทั้งในสองมิติและสามมิติ มีรายละเอียดดังนี้

1) ข้อต่อแบบบานพับ (hinge joint) ทำให้การเคลื่อนไหวตรงส่วนนั้นเคลื่อนไหวใน 2 มิติ ทิศทางเดียว เช่น ข้อต่อบริเวณข้อศอก และข้อเข่า

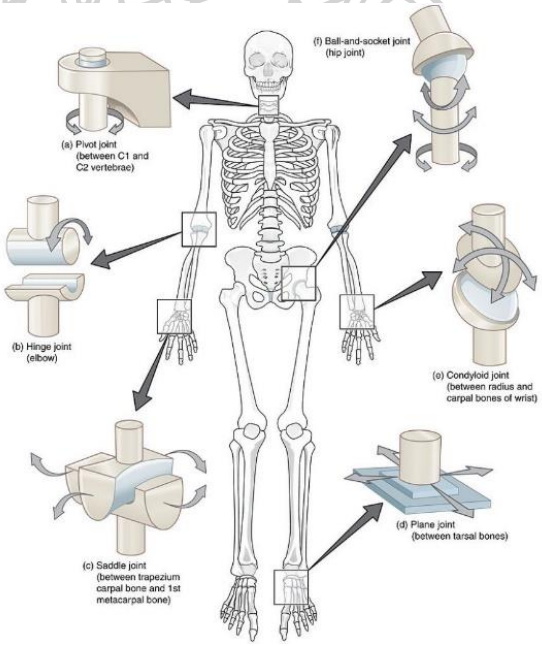
2) ข้อต่อแบบลูกกลมในเบ้า (ball and socket joint) ทำให้การเคลื่อนไหวของร่างกายส่วนนั้นเป็นแบบอิสระในการเคลื่อนไหวสูงสุด ขยับได้หลายทิศทาง 3 มิติ ต้องมีเอ็นรอบข้อต่อและกล้ามเนื้อจำนวนมาก เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของข้อต่อ เช่น ข้อต่อที่หัวไหล่ และสะโพก

3) ข้อต่อแบบเดือย (pivot joint) เป็นข้อต่อที่กระดูกชิ้นหนึ่งจะมีส่วนยื่นออกไปเป็นเดือย และรับกับกระดูกอีกชิ้นที่มีลักษณะคล้ายเบ้าหรือวงแหวน เช่น ข้อต่อที่ต้นคอกับฐานกะโหลกศีรษะ รอยต่อระหว่างกระดูกปลายแขนส่วนในกับส่วนนอก

4) ข้อต่อแบบสไลด์ (gliding joint) เป็นกระดูกแบน 2 ชิ้น มีการเคลื่อนไหวในแนวระนาบ เช่น ข้อต่อกระดูกข้อมือ ข้อต่อกระดูกข้อเท้า และข้อต่อกระดูกสันหลัง

5) ข้อต่อแบบอานม้า (saddle joint) เป็นข้อต่อที่มีการประกบกันของส่วนเว้าของกระดูกทั้งสองในแนวที่ต่างกันทำให้มีการจำกัดการหมุน เกิดการเคลื่อนไหวได้บางส่วน เช่น ข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่ามือกับกระดูกนิ้วหัวแม่มือ

6) ข้อต่อแบบวงรี (condyloid joint) มีลักษณะคล้ายข้อต่อแบบลูกกลมในเบ้าแต่เคลื่อนไหวได้น้อยกว่า เช่น ข้อต่อระหว่างกระดูกฝ่ามือกับกระดูกนิ้วมือ



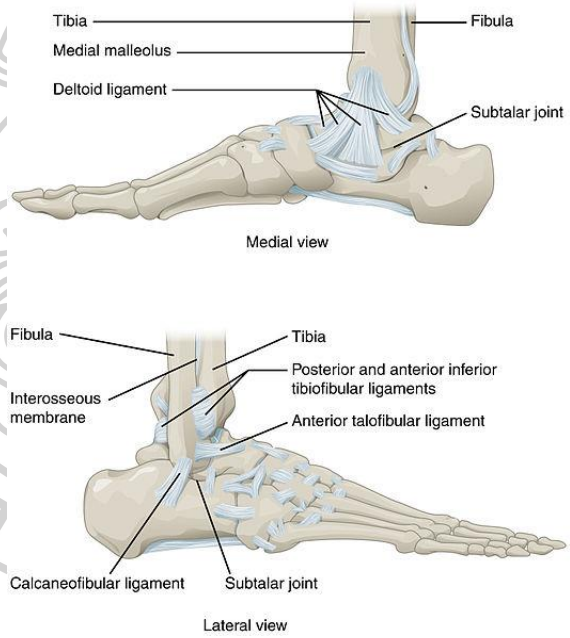
รูปภาพที่ 7 แสดงข้อต่อที่เคลื่อนที่ได้ในร่างกาย

ที่มา : " Types of Synovial Joints in the Body". Accessed February 22; 2022. Available from https://www.thoughtco.com

ขณะที่ระหว่างกระดูกเท้าด้วยกันเองจะเคลื่อนที่แบบสไลด์ (Gliding joint) และเคลื่อนไหวแบบเดือย (Pivot joint) กับกระดูกระหว่างนิ้วเท้า และพบข้อต่อแบบบานพับ (Hinge joint) ระหว่างนิ้วหัวแม่โป้ง และพบการเคลื่อนไหวของกระดูกระหว่างนิ้วเท้ากับกระดูกนิ้วเท้า เป็นแบบลักษณะข้อต่อแบบวงรี (Condyloid joint)

2. เอ็น (Ligament and Tendon)

เอ็นกระดูก (Ligament) หมายถึง เอ็นของข้อต่อซึ่งยึดเชื่อมกระดูกเข้าด้วยกัน เพื่อเกิดเป็นข้อต่อ (Joint) ส่วนเอ็นที่ยึดกล้ามเนื้อกับกระดูก เรียกว่า เอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon) เอ็นเป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพันชนิดหนาแน่นและเป็น มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเส้นใยคอลลาเจน เอ็นกระดูกมีคุณสมบัติยืดหยุ่น (ต่างจากเอ็นกล้ามเนื้อซึ่งไม่มีความยืดหยุ่น) อย่างไรก็ตามถ้าเอ็นถูกยืดมากเกินไป ข้อต่อก็จะอ่อนแอลงและอาจเกิดข้อเคลื่อนได้



รูปภาพที่ 8 แสดงเอ็นกระดูกที่บริเวณข้อเท้า

ที่มา : " The ankle joint". Accessed February 28; 2022.

Available from https://teachmeanatomy.info

เส้นเอ็นยึดกระดูกทางด้านนอก (lateral ligament) แบ่งออกเป็น 3 แถบ ดังนี้ 1) anterior talofibular ligament (ATFL) ยึดเกาะระหว่างตาตุ่มด้านนอกกับด้านหน้าของกระดูก talus 2) posterior talofibular ligament (PTFL) ยึดเกาะด้านหลังของกระดูก talus และ 3) calcaneofibular ligament (CFL) ยึดเกาะที่กระดูกส้นเท้า หน้าที่ของเอ็นยึดกระดูกทางด้านนอก

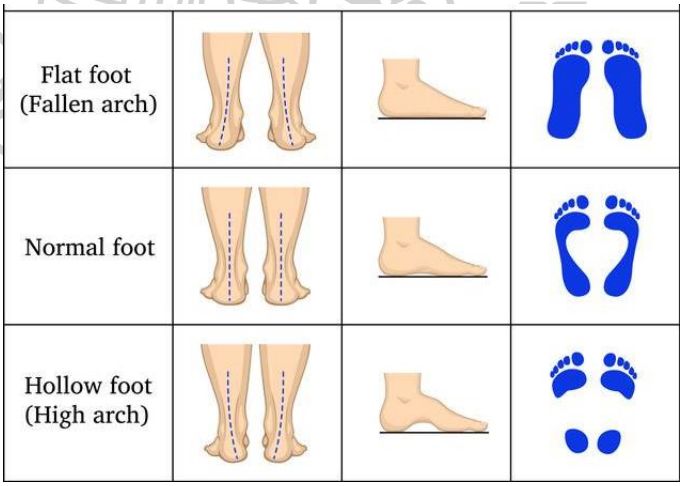
ช่วยให้มีความมั่นคงของข้อเท้าทางด้านนอก นอกจากนี้ยังมีเอ็นยึดกระดูกทางด้านใน (medial ligament หรือ deltoid ligament) ซึ่ง ยึดระหว่าง medial malleolus และ talus เป็นเอ็นยึดข้อที่แข็งแรงที่สุด มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมพัด ประกอบด้วย 3 แถบดังนี้ 1) anterior tibiotalar ligament 2) posterior talofibular ligament 3) tibionavicular ligament และ tibiocalcaneal ligament และเป็นโครงสร้างสำคัญที่ทำให้ข้อเท้าด้านในมีความมั่นคงมากกว่าด้านนอก (อุไรวรรณ ชัชวาลย์, 2544)

โดยโครงสร้างของกระดูกและเอ็น ทำให้เกิดเป็นลักษณะอุ้งเท้า (Arch of foot) ขึ้น สามารถจำแนกลักษณะอุ้งเท้าได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. อุ้งเท้าปกติ (Normal arch) เท้าลักษณะนี้เป็นอุ้งเท้าที่ส่วนใหญ่สามารถพบได้มากที่สุด เนื่องจากเป็นอุ้งที่มีส่วนเว้า ส่วนโค้งที่พอเหมาะกับการรองรับน้ำหนัก

2. อุ้งเท้าแบน (Flat arch) จะมีความโค้งของอุ้งเท้าน้อยหรือไม่มีเลย ทำให้มีลักษณะแบนราบ เท้าลักษณะนี้มักจะเกิดอาการปวดใต้ฝ่าเท้า น่อง และเข่า ซึ่งเกิดได้ตั้งแต่เด็กหรือมาเป็นในภายหลัง สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการเสื่อมของเอ็นพยุงเท้า หรือความไม่แข็งแรงของกล้ามเนื้อเท้าทำให้เท้าแบนลง

3. อุ้งเท้าสูง (High arch) เท้าลักษณะนี้จะมีความโค้งของอุ้งเท้ามากกว่าปกติทำให้เวลาเดินลงน้ำหนักจะเกิดแรงกระแทกมากกว่าลักษณะเท้าแบบอื่น โดยจะมีแรงกดบริเวณส้นเท้าหรือฝ่าเท้าด้านหน้ามากกว่าส่วนอื่น



รูปภาพที่ 9 แสดงลักษณะอุ้งเท้าแต่ละประเภท

ที่มา : "ภาวะเท้าแบน ". Accessed February 22; 2022.
Available from https://today.line.me

2.2.3 การเคลื่อนไหวของเท้า

ในร่างกาย ประกอบไปด้วยข้อต่อ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการเคลื่อนไหว ในที่นี้จะกล่าวถึงการเคลื่อนไหวของข้อต่อในร่างกาย และการเคลื่อนไหวของข้อต่อในเท้า ดังนี้

1. การเคลื่อนไหวของข้อต่อในร่างกาย การเคลื่อนไหวของข้อต่อมีการเคลื่อนไหวในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.1 การงอ (Flexion) คือ การทำให้ปลายกระดูกข้างหนึ่งเข้าหากระดูกอีกด้านหนึ่ง โดยมุมระหว่างกระดูกลดลง เช่น การงอข้อศอก การงอเข่า

1.2 การเหยียด (Extension) คือ การเคลื่อนไหวที่ตรงข้ามกับการงอ เป็นการเพิ่มมุมระหว่างกระดูก เช่น การเหยียดศอก เหยียดเข่า

1.3 การกาง (Abduction) คือ การเคลื่อนไหวในลักษณะที่ห่างออกไปจากเส้นผ่ากลางของร่างกาย (Middle line) เช่น กางแขน กางขา กางนิ้วมือ

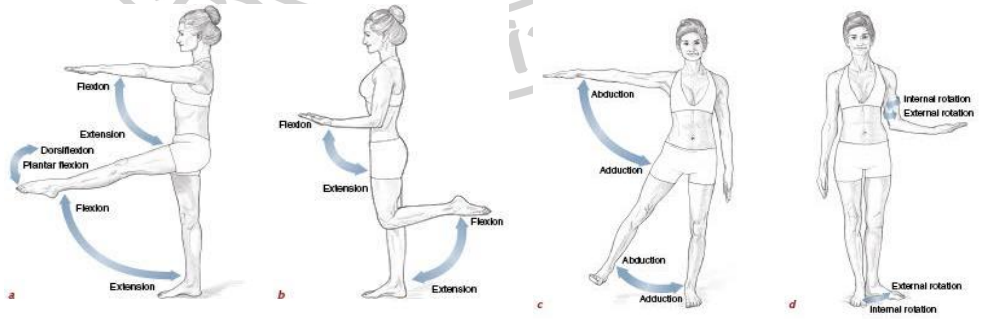
1.4 การหุบ (Adduction) คือ การเคลื่อนไหวที่ตรงข้ามกับการกาง เข้าหาเส้นผ่ากลางของร่างกาย (Middle line) เช่น หุบแขน หุบขา หุบนิ้วมือ

1.5 การหมุนรอบแกน (Rotation) คือ การเคลื่อนไหวในลักษณะการหมุนรอบแกนแต่ไม่ครบรอบ โดยหมุนอยู่กับที่หันไปมา เช่น การหมุนคอ การหมุนข้อมือ

1.6 การหมุนเป็นวงกลม (Circumduction) คือ การเคลื่อนไหวชนิดที่หมุนเป็นวงกลม เช่น หมุนแขนให้เป็นวง การหมุนขาให้เป็นวง

1.7 การคว่ำ (Pronation)

1.8 การหงาย (Supination)



รูปภาพที่ 10 แสดงการเคลื่อนไหวของข้อต่อ

ที่มา : Movements Of The Limbs Pilates Anatomy Book

2. การเคลื่อนไหวของเท้า มีการเคลื่อนไหวในลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 Plantar flexion เป็นการเคลื่อนไหวที่ปลายเท้าชี้ลงและมีการเหยียด (extension) ของข้อเท้า ส่วนของส้นเท้าชี้ขึ้น

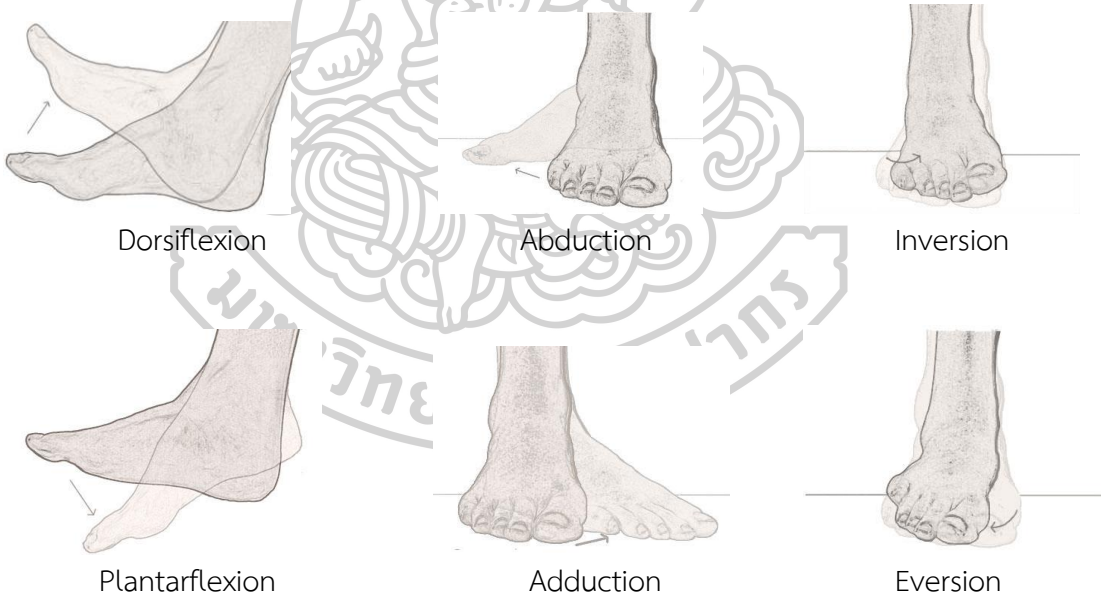
2.2 Dorsi flexion เป็นการเคลื่อนไหวที่กระดกปลายเท้าชี้ขึ้นบน โดยที่มีการงอ (flexion) ของข้อเท้า ส่วนส้นเท้าชี้ลง

2.3 Adduction เป็นการเคลื่อนส้นเท้าเข้าหาแกนกลาง ซึ่งแกนกลางของฝ่าเท้าคือ นิ้วที่ 2 ส่วนแกนกลางของเท้าคือเส้นที่ลากผ่านตรงกลางของเอ็นร้อยหวาย

2.4 Abduction เป็นการเคลื่อนออกจากแกนกลาง ตรงข้ามกับ adduction

2.5 Inversion เป็นการตะแคงฝ่าเท้าด้านใน (medial) ขึ้นจากพื้น โดยมีการทำ adduction ของส้นเท้าร่วมด้วย

2.6 Eversion เป็นการตะแคงฝ่าเท้าด้านนอก (lateral) ขึ้นจากพื้น โดยมีการทำ abduction ของส้นเท้าร่วมด้วย



รูปภาพที่ 11 แสดงการเคลื่อนไหวของเท้าลักษณะต่างๆ

ที่มา : "Motion of foot and ankle ". Accessed February 22; 2022.

Available from https://www.orthoticshop.com

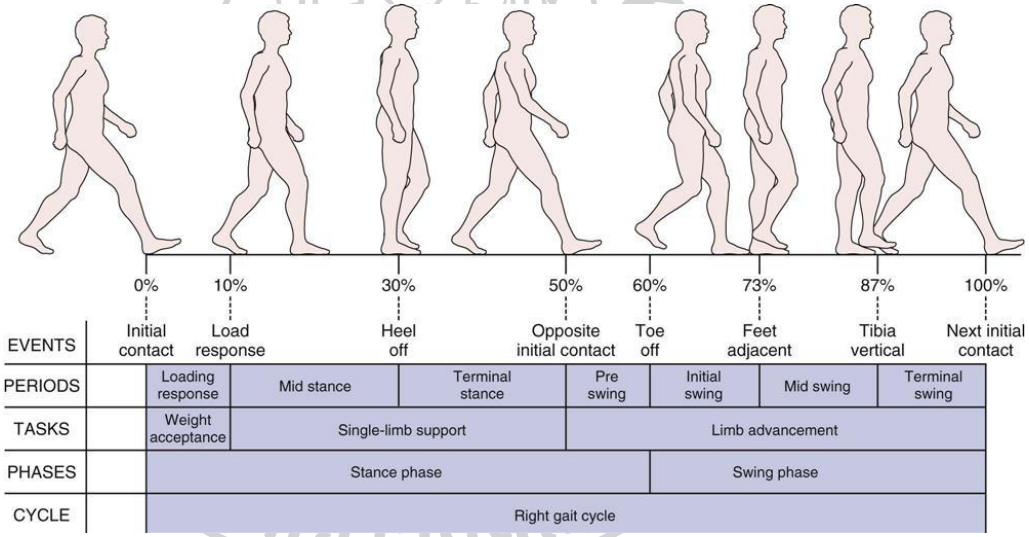
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการเดิน

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีเกี่ยวกับการเดิน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์การเดินและวงจรการเดิน และ 2) ทฤษฎีวิเคราะห์ลักษณะการเดิน มีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 การวิเคราะห์การเดิน (Gait analysis) และ วงจรการเดิน (gait cycle)

การเดิน (Gait) คือ การเคลื่อนไหวของขา 2 ข้างสลับกัน (alternating) อย่างเป็นจังหวะ (rhythmic) และมีการเคลื่อนไหวของลำตัวเพื่อให้จุดศูนย์ถ่วง (center of gravity) ของร่างกายเคลื่อนไปข้างหน้า การเดินจะต้องเป็นวงจร (cycle) หรือเรียกว่า "gait cycle" ซึ่งครอบคลุมระยะต่าง ๆ คือ

1. Stance phase คือ ช่วงที่เท้ายันอยู่กับพื้น
2. Swing phase คือ ช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ (Kirtley, 2006)



รูปภาพที่ 12 แสดงการวิเคราะห์การเดิน (gait analysis)

ที่มา : " Assessment of Gait ". Accessed February 22; 2022.

Available from https://clinicalgate.com

จากรูป เมื่อก้าวออกเดินด้วยเท้าขวา ในช่วงแรกเท้าขวาจะยื่นรับน้ำหนักตัว (Stance phase) ลำตัว จะเคลื่อนไปข้างหน้าโดยเท้าซ้ายจะดันตัวไปเมื่อลำตัวเคลื่อนไปข้างหน้า เท้าซ้ายซึ่งลอยก็จะมาแตะพื้นเพื่อรับน้ำหนักเท้าขวาก็จะกลายเป็นตัวดันลำตัวให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า แล้วตัวเท้าเองก็จะลอยพ้น (Swing phase) เพื่อจะไปตอบรับน้ำหนักตัวต่อไป ช่วงการเดินที่กล่าวถึงนี้ คือ การศึกษาขาข้างใดข้างหนึ่งซึ่งจะเห็นว่า ขาขวาจะมี Stance phase และ Swing phase ตามกันไป

เมื่อ ขาขวาเป็น Swing phase ขาซ้ายต้องเป็น Stance phase สลับกันไป จึงทำให้การก้าวเดินเป็นไปตามธรรมชาติ ซึ่งถ้าศึกษาให้ละเอียดแล้ว จะเห็นว่าช่วงต่าง ๆ ยังแบ่งออกได้เป็นขั้นตอนดังนี้

1. stance phase คือ ระยะที่ขาข้างนั้นยังคงวางอยู่บนพื้น ประกอบด้วย

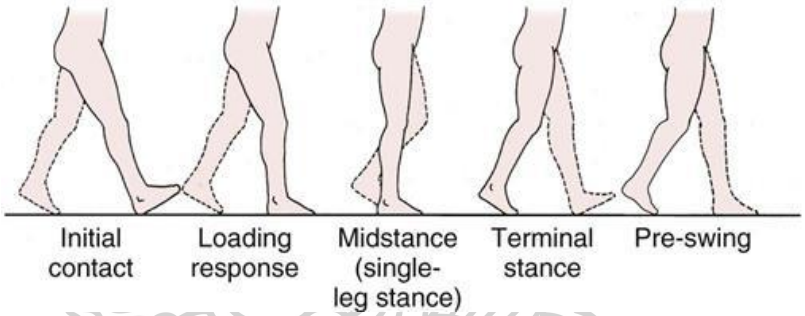
1.1 heel strike (Initial contact) คือ ระยะที่ส้นเท้าแตะพื้น

1.2 foot flat (Load response) คือ ระยะที่ฝ่าเท้าอยู่กับพื้น

1.3 mid stance (single leg stand) คือ ระยะที่น้ำหนักตัวลงไปบนเท้าข้างที่สัมผัสพื้น ซึ่งเป็นระยะที่มีการยืนด้วยขาข้างเดียว

1.4 heel off (terminal stance) คือ ระยะที่ส้นเท้ายกขึ้นจากพื้น

1.5 toe off (pre swing) คือ ระยะที่นิ้วเท้ายกจากพื้น



รูปภาพที่ 13 แสดงการเดินในช่วง stance phase

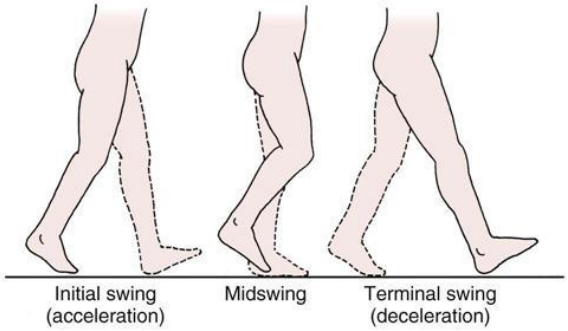
ที่มา : " Assessment of Gait ". Accessed February 22; 2022. Available from https://clinicalgate.com

2. Swing phase คือ ระยะที่ขาข้างนั้นยกลอยขึ้นจากพื้น ประกอบด้วย

2.1 Acceleration (Initial swing) ภายหลังพ้น stance phase ก็จะเข้าสู่ระยะเริ่มแรกของ swing phase โดยเริ่มจากเมื่อนิ้วเท้ายกขึ้นจากพื้นแล้ว เท้าข้างนั้นยกลอยขึ้นจากพื้นและสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่ระยะ mid swing

2.2 Mid swing เป็นระยะกลางของ swing phase เท้าจะยกลอยสูงสุด

2.3 Deceleration (Terminal swing) เป็นระยะสุดท้ายของ Swing phase คือเท้าจะเคลื่อนต่ำลงมาจนเกือบถึงพื้นแล้วก็เข้าสู่ระยะของ stance phase ใหม่



รูปภาพที่ 14 แสดงการเดินในช่วง swing phase

ที่มา : " Assessment of Gait ". Accessed February 22; 2022.

Available from https://clinicalgate.com

3. double support คือ ช่วงเวลาที่เท้าทั้งสองแตะพื้นเวลาเดียวกัน โดยที่ขาข้างหนึ่งอยู่ในระหว่าง push-off และ toe-off ส่วนขาอีกข้างอยู่ในระหว่าง heel strike และ foot flat ซึ่งจะพบช่วง double support นี้ในการเดิน แต่จะไม่พบในการวิ่ง

ระยะเวลาที่ใช้ใน phase ต่าง ๆ 1) stance phase ใช้เวลา 60% ของ gait cycle 2) swing phase ใช้เวลา 40% ของ gait cycle 3) double support ใช้เวลา 20-25% ของ gait cycle

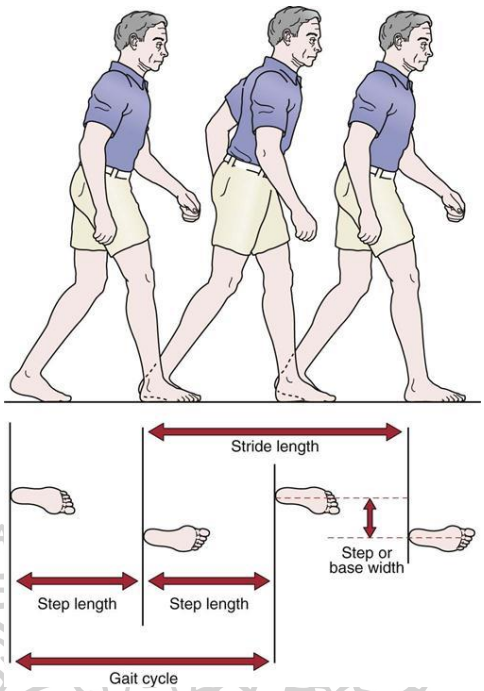
ในส่วนของวงจรการเดิน (gait cycle) จะมีการวัดระยะดังต่อไปนี้

1. stride width หรือ ความกว้างของฐานการเดิน (width of walking base or base of gait) คือระยะทางระหว่างจุดกึ่งกลางของส้นเท้าทั้งสองข้างขณะ heel strike ค่าปกติประมาณ 2-4 นิ้ว หรือ 5-10 ซม. การพิจารณาควรดูว่าฐาน (base) กว้างหรือแคบ

2. stride length คือ ระยะทางระหว่าง heel strike ของเท้าข้างหนึ่งถึง heel strike ของ เท้าข้างเดียวกันใน gait cycle ถัดไป การพิจารณาควรดูระยะทางของการเดิน 1 รอบในเท้าแต่ละข้างว่าเท่ากันหรือไม่

3. step length คือ ระยะทางระหว่าง heel strike ของเท้าข้างหนึ่งถึง heel strike ของเท้า อีกข้างหนึ่ง ซึ่งจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ stride length

4. cadence คือ จำนวนก้าวต่อ 1 นาที ค่าปกติประมาณ 70-130 ก้าว/นาที



รูปภาพที่ 15 แสดงวงจรการเดิน (gait cycle)

ที่มา : " Assessment of Gait ". Accessed February 22; 2022.

Available from https://clinicalgate.com

การพิจารณาควรดูความถี่ (rate) ความเท่ากัน (symmetry) ความคล่องตัว (flexibility) และความหนักแน่นของการลงฝีเท้า (consistency) ขณะที่เราเดิน center of gravity (CM.) จะเคลื่อนไหวขึ้นและลง C.G. จะเคลื่อนไหวถึงจุดสูงสุดในช่วง mid stance และต่ำสุดช่วง double support ซึ่งในผู้ใหญ่และเพศชายที่ศึกษาไว้แล้วนั้น จะมี vertical displacement 2 นิ้ว และ lateral displacement 2 นิ้ว ส่วนกระดูกเชิงกรานจะลดระดับลงตามขาข้างที่ลงน้ำหนักและสลับกับอีกข้างหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า horizontal dip of pelvis ประมาณ 5 องศา การเคลื่อนที่ ของ center of gravity จะน้อยและนุ่มนวลได้ ต้องอาศัยค่าต่างๆดังนี้

1. pelvic rotation โดยจะมีการหมุนข้างละ 4 องศา รวมเป็น 8 องศา โดยมากสุดเมื่อมี double support การมีการหมุนช่วยลดระดับ (amplitude) ของ C.G. ประมาณ 3/8 นิ้ว

2. pelvic tilt จะทำให้ pelvis ต่ำลง 5 องศา ช่วยลด C.G. ลงมา 3/16 นิ้ว

3. knee flexion ในระหว่าง mid stance 15 องศา ลด C.G. ประมาณ 7/16 นิ้ว

4. knee และ ankle motion ทั้ง 2 ส่วนนี้ ช่วยให้การขยับระดับของ C.G. นุ่มนวล

5. motion of the center of gravity in the horizontal plane โดยจะมีการขยับทางซ้ายและขวาขณะก้าว โดยมีความแตกต่างประมาณ 6 นิ้ว

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของข้อต่อต่าง ๆ ของขา และตำแหน่งของข้อต่อ

ระยะ	สะโพก (Hip)	เข่า (knee)	เท้าและข้อเท้า (foot and ankle)
Stand phase			
Heel strike	hip flexion and lateral rotation	knee full extension	supination at heel contact ankle plantar flexion
Flat foot	hip extension, adduction and medial rotation	knee flexion	foot pronation ankle plantar flexion to dorsiflexion
Mid stance	hip neutral position	knee flexion	foot neutral ankle dorsiflexion
Heel off	hip abduction and lateral rotation	knee flexion	foot supination for push off ankle dorsi flexion toward plantar flexion
Toe off	hip extension, abduction and lateral rotation	full flexion	Foot supination ankle plantar flexion
Swing phase			
Acceleration	slight flexion and lateral rotate to neutral	knee flexion and lateral rotation moving toward neutral	foot pronation ankle dorsiflexion
Mid swing	hip flexion	slight flexion and neutral	foot slight supination ankle neutral
Deceleration	hip flexion	Full extension and slight lateral rotation	foot slight supination ankle dorsiflexion

ที่มา Assessment of Gait (2015)

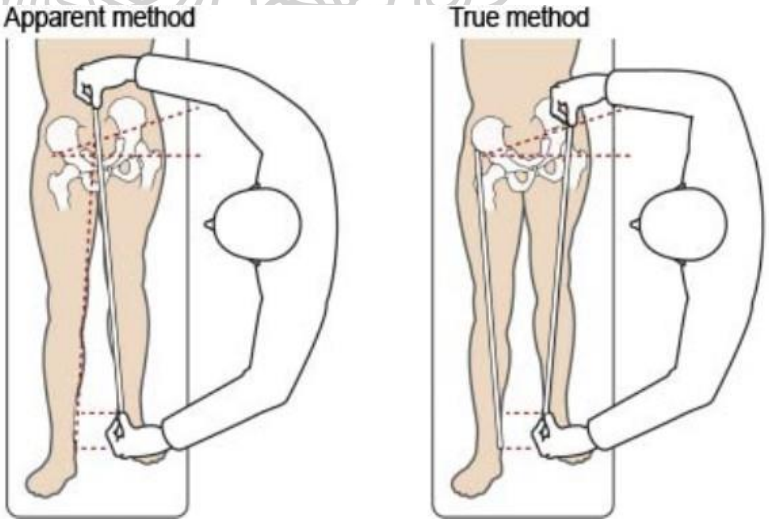
2.3.2 ทฤษฎีการวิเคราะห์ลักษณะการเดิน

สามารถวิเคราะห์ลักษณะการเดินได้จากวิธี การวัดความยาวของขา การตรวจการเดิน และสังเกตการเดิน ได้ดังต่อไปนี้

1. การวัดความยาวของขา ความยาวของขาทั้งสองข้าง หากแตกต่างกันเกินกว่าประมาณ 1 นิ้วขึ้นไปจะทำให้ท่ายืนและเดินผิดปกติ เราอาจวัดความยาวของขาทั้งสองข้างเปรียบเทียบกันได้โดย

1.1 การวัดความยาวของขาแบบ True length วัดจากกระดูกปีกสะโพกด้านหน้า (anterior superior iliac spine : ASIS) ไปถึงปลายของตาตุ่มใน หรือ ผิวฝ่าเท้า (plantar surface) ของ ส้นเท้า โดยจัดให้ขาทั้งสองข้างอยู่ในท่าเหมือนๆ กันหากต้องการวัดเพียงความยาวของส่วนต้นขา ใช้วัดจากกระดูกปีกสะโพกด้านหน้า (ASIS) ถึงแนวกลางข้อหมุน (medial joint- line) ของข้อเข่า

1.2 การวัดความยาวของขาแบบ Apparent length วัดจากสะดือ (Umbilicus) ไปยังปลาย ของตาตุ่มในความยาวนี้ไม่ใช่ความยาวที่แท้จริงของขา แต่เป็นความยาวเท่าที่ปรากฏให้เห็น ซึ่งอาจแตกต่างกับความยาวที่แท้จริงได้ เช่น ในผู้ป่วยที่มี Abduction contracture ของสะโพกขวา เวลายืนหรือเดินจะดูเหมือนขาขวายาวกว่าขาซ้าย ซึ่งถ้าวัด Apparent lengths จะแตกต่างกันทั้ง ๆ ที่ขาทั้งสองข้างแท้จริงยาวเท่ากัน



รูปภาพที่ 16 แสดงการวัดความยาวขาแบบ Apparent method และ True method

ที่มา : "Leg Length Discrepancy". Accessed February 22; 2022.

Available from https://www.physio-pedia.com

2. การตรวจการเดินปกติลักษณะการเดินปกติ ในช่วงการเดินปกติ สังเกตค่ามาตรฐานได้จาก การวัดค่ารอยเท้าและการเคลื่อนไหวร่างกาย ดังนี้

2.1 vertical displacement of CG = 2 นิ้ว

2.2 lateral displacement of CG = 2 นิ้ว

2.3 base of walking = 2-4 นิ้ว

2.4 horizontal dip of pelvis = 5 องศา

2.5 flexion of knee in mid stance phase = 20 องศา

2.6 cadence (ฝีก้าว) = 70 - 130 ก้าว/ นาที

3. สังเกตจากการเดิน โดยทุกคนจะมีความเป็นอิสระ และการเคลื่อนไหว แขน ขา ลำตัว ใบหน้าจะเป็นไปโดยธรรมชาติ มีการลงน้ำหนักของขาข้างหนึ่งเพื่อให้ขาอีกข้างหนึ่งก้าวไปข้างหน้า และเชิงกรานจะทำมุมใกล้เคียง 90 องศากับขาข้างที่ลงน้ำหนัก ขณะเดียวกันแขนด้านตรงข้ามจะขยับไปข้างหน้าโดยอัตโนมัติ หัวไหล่ข้างเดียวกันก็จะไปข้างหน้าด้วยรูปท่าทางของลำตัว จะแตกต่างกันไปแต่ละคน แต่ทั่วไปลำตัวจะตั้งตรง

3.1 ให้สังเกตตั้งแต่ผู้ทดสอบเดินมาหาเราทางด้านหน้า สังเกตว่าการเอียงตัวซ้าย และขวาเท่ากันหรือไม่ การวางแขนและการเหวี่ยงแขนได้จังหวะและเท่ากันหรือไม่ ลักษณะของวงจรการเดินเป็นปกติหรือไม่

3.2 ให้สังเกตทางด้านหลังของผู้ทดสอบ สังเกตการเอียงตัวซ้ายและขวาเท่ากันหรือไม่ การวางแขน และการเหวี่ยงแขนได้จังหวะเท่ากันหรือไม่ วงจรการเดินของขาเป็นปกติหรือไม่

3.3 ให้สังเกตด้านข้างของผู้ทดสอบ ด้วยลักษณะเดียวกัน

3.4 ให้ดูทั้งตัว ตลอดจนฝีก้าว การเคลื่อนสะโพก ความกว้างของฐาน ฯลฯ

3.5 ให้ผู้ทดสอบเดินบนส้นเท้าและบนปลายเท้า

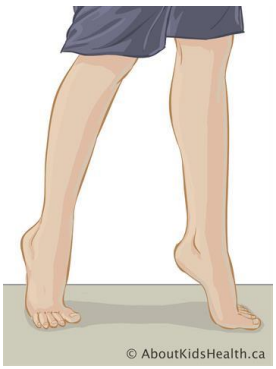
2.3.3 การเดินเขย่ง (Toe walking)

นอกเหนือจากการเดินแบบปกติ ยังสามารถพบการเคลื่อนไหวเบื้องต้น (Basic movement) คือ กระบวนการเคลื่อนไหวเพื่อช่วยพัฒนาส่วนต่าง ๆ ของร่างกายให้มีการทำงานร่วมกัน และประสานงานซึ่งกันและกันในระหว่างระบบประสาทและกล้ามเนื้อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเหล่านั้น ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้ได้มาซึ่งทักษะเบื้องต้น (Basic skill) ของกระบวนการเคลื่อนไหวนั้น ๆ ต่อไป(เพียรชอบ วรศักดิ์, 2558) อันได้แก่ การวิ่ง กระโดด หรือการเคลื่อนไหวในลักษณะอื่นๆ เช่น การเดินเขย่ง การก้าวยาวได้

การเดินเขย่ง คือ ลักษณะที่เดินโดยใช้ปลายเท้าและส้นเท้าไม่แตะพื้น ซึ่งเป็นปกติในเด็กวัย 1-3 ปีที่กำลังหัดเดิน และเมื่ออายุเพิ่มขึ้น การเดินเขย่งเท้าจะลดลงจนหายไป กลายเป็นการเดินแบบปกติ

ปัจจัยอื่นที่ทำให้เดินเขย่งเท้า ได้แก่ นิสัยการเดินของเด็กเอง ซึ่งไม่มีความผิดปกติทางร่างกายแต่อย่างใด หรือในกลุ่มเด็กที่มีกล้ามเนื้อน่องตึงผิดปกติ โรคออทิสติก และเด็กที่มีพัฒนาการล่าช้า เส้นเอ็นของส้นเท้าสั้นมาแต่กำเนิด โรคสมองพิการ อาจได้รับความเสียหายของเส้นประสาท ซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาการยืน เดิน และสุขภาพด้านอื่นๆ

ลักษณะของการเดินเขย่งเท้า เป็นการเดินในลักษณะที่เดินโดยใช้นิ้วเท้าและยกส้นเท้าขึ้นไม่ให้แตะพื้น ใช้ส่วนของนิ้วเท้าเป็นจุดลงน้ำหนัก ทำให้มีความยาวของขาที่ใช้ในการก้าวเพิ่มขึ้น และมีจุดศูนย์ถ่วงเปลี่ยนแปลงไป (Matjačić et al., 2006) และพบว่ามีการใช้กำลังกล้ามเนื้อมุมองศาการเคลื่อนไหวของเข่าและข้อเท้ามากขึ้น ได้แก่ กล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius - soleus) ซึ่งเชื่อมต่อกับเอ็นร้อยหวาย (TA tendon) ที่จะเชื่อมไปที่กระดูกส้นเท้า (calcaneus) และกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้า (plantar flexor) ข้อเท้าทำงานหนักในท่าเหยียดเท้า (plantar flexion) ในระยะ stand phase และเพิ่มขึ้นในระยะ midstance และที่เข่ามีการเหยียด (extension) เพิ่มขึ้น และมีการหมุนเข้าด้านใน (internal rotation) เล็กน้อย (Perry et al., 2003) ซึ่งต้องใช้ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และมีความมั่นคงน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการเดินปกติ



รูปภาพที่ 17 แสดงการเดินเขย่ง

ที่มา : "Toe walking, idiopathic". Accessed February 22; 2022.

Available from https://www.aboutkidshealth.com

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้ผู้วิจัยขอนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งที่ตีพิมพ์ในประเทศไทยและงานวิจัยต่างประเทศ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

งานวิจัยในประเทศ

ดวงภรณ์ แดงจีน (2554) ศึกษาเรื่อง การประมาณความสูงจากความยาวของการก้าวขณะเดิน วัตถุประสงค์เพื่อประมาณความสูงของบุคคลจากความยาวของการก้าวเดิน รวมทั้งศึกษาวิธีการในการวัดความยาวของการก้าวเดิน เพื่อใช้ประโยชน์ในการทำนายความสูงของบุคคล ทำการทดลองโดยการเก็บตัวอย่างรอยพื้นรองเท้าซึ่งได้จากการก้าวเดินในท่าเดินปกติเป็นระยะทาง 1 เมตรแล้วทำการวัดระยะห่างของการก้าวเพื่อหาความสัมพันธ์ร่วมกับส่วนสูง ด้วยการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองคืออาสาสมัครทหารเกณฑ์เพศชายจำนวน 100 คน

ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างระยะการก้าวเดินและความสูง ทำให้ได้สมการถดถอยคือ ความสูง (เซนติเมตร) = 155.720 + 0.212 ระยะก้าว (เซนติเมตร) สามารถอธิบายความสูงของบุคคลได้ 25.1% เมื่อนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้สถิติ F- test ค่าสถิติ F เท่ากับ 32.763 พบว่าความสูงมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับระยะก้าวด้วยความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบสมการที่ได้โดยการแทนค่าระยะการก้าวเดินของบุคคลจากการทดลองเพื่อคำนวณหาค่าความสูง จำนวน 100 คน ผลการทดลอง พบว่า ค่าที่ได้จากการแทนค่าในสมการมีค่าเฉลี่ยของผลต่างเท่ากับ 1.46% ทำให้ระบุได้ว่าวิธีการดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือได้

ปารณัท วิทยรุ่งโรจน์ (2562) ศึกษาเรื่อง ความสัมพันธ์ของความสูงจากระยะก้าวขณะเดินสำหรับการจำแนกบุคคลโดยใช้โปรแกรมวินเอฟดีเอ็ม วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของการก้าวเดินกับความสูงของบุคคลเพื่อใช้ในการประมาณการความสูงของบุคคลจากระบบการก้าวเดิน และเพื่อเป็นประโยชน์ในด้านการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลทางนิติวิทยาศาสตร์ ประชากรที่ใช้ในการศึกษา เป็นเพศชายจำนวน 30 คน อายุระหว่าง 20-50 ปี ไม่มีความผิดปกติของร่างกายที่ส่งผลกระทบต่อการเดิน โดยให้กลุ่มตัวอย่างเดินด้วยความเร็วปกติบนเครื่องเซบริส วินเอฟดีเอ็ม (Zebris WinFDM) และวิเคราะห์การเดินด้วยโปรแกรม วินเอฟดีเอ็ม (WinFDM) โดยวิเคราะห์จากข้อมูลความยาวของระยะการก้าวเดิน (Stride Length) ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นการก้าวเดิน 1 วงจรของมนุษย์ เมื่อได้ข้อมูลการเดินของกลุ่มตัวอย่าง และข้อมูลส่วนสูงของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่า ความยาวของการก้าวเดินมีความสัมพันธ์กับความสูงของมนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผู้วิจัยได้ความสัมพันธ์สมการเชิงเส้น ความสูง = (ความยาวของระยะการก้าว) x 0.4 + 121.51 เมื่อแทนค่าในสมการดังกล่าว พบว่า มีค่าเฉลี่ยของผลต่างเท่ากับ 0.63% ระบุได้ว่า วิธีการดังกล่าวน่าเชื่อถือ

พิมพ์ณิศาภรณ์ นามมุงคุณ (2563) ศึกษาเรื่อง การประมาณความสูงของบุคคลจากความยาวก้าวเดินปกติ วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาดคะเนความสูงของบุคคลจากความยาวของการก้าวเดินปกติ และหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของการก้าวเดินกับความสูงของบุคคลจากรอยพิมพ์ฝ่าเท้าขณะเดิน โดยทำการเปรียบเทียบความยาวเท้า ความยาวของการก้าวเดินแต่ละก้าว จากรอยพิมพ์ฝ่าเท้าด้วยน้ำหมึกของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นประชากรไทย ที่มีอายุระหว่าง 18 ถึง 40 ปี จำนวนทั้งสิ้น 200 คน โดยเป็นเพศชาย จำนวน 100 คน และเพศหญิง จำนวน 100 คน นำผลการทดลองที่ได้มาทำการวิเคราะห์ผล โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์พหุคูณแบบขั้นตอน (Step wise Multiple Regression Analysis)

ผลการศึกษาพบว่า ความยาวของฝ่าเท้ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับทั้งสองกลุ่มเพศ และความยาวของการก้าวเดินมีความสัมพันธ์กับทั้งสองกลุ่มเพศ และสามารถนำมาสร้างสมการประมาณความสูงได้ การศึกษาครั้งนี้พบว่า ความยาวของฝ่าเท้าขวา ความยาวของการก้าวเดินและเพศ มีความสัมพันธ์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ การวิเคราะห์ถดถอยพหุมีปัจจัยที่มีผลต่อความสูงของบุคคล มีจำนวนสามตัวแปร ได้แก่ จำนวนก้าวที่ 2 (X5) ความยาวเท้าขวา (X3) และเพศ (X1) สามารถนำมาสร้างเป็นสมการประมาณความสูงจากการก้าวเดินของประชากรไทยได้ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการถดถอยได้ดังนี้ Y = 97.248 + 0.258 (X5) + 2.382 (X3) +3.873 (X1)

อรทัย เขียวพุ่ม และคณะ (2563) ศึกษาเรื่อง การคาดคะเนความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดิน วัตถุประสงค์เพื่อคาดคะเนความสูงจากระยะก้าวเดินของการเดินแบบปกติ ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของบุคคลกับระยะก้าวเดินคำนวณได้จากการใช้สถิติ Karl Pearson's correlation analysis ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้มาจากการวัดระยะก้าวเดินและความสูงของกลุ่มประชากรตัวอย่างวัยผู้ใหญ่ทั้งเพศชายและเพศหญิงจำนวน 200 คน มีช่วงอายุระหว่าง 15-35 ปี โดยใช้วิธีมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างเพศชายมีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 176.43 ± 5.58 เซนติเมตร และเพศหญิงมีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 164.21 ± 5.89 เซนติเมตร จากการวัดระยะก้าวเดินของเพศชายและเพศหญิงมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 60.25 ± 11.57 เซนติเมตร และ 56.42 ± 5.54 เซนติเมตร ตามลำดับ ในกรณีของเพศชายพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับระยะก้าวอยู่ในระดับดี (r = 0.9027) มีสมการความสัมพันธ์คือ y = 150.07 + 0.4355x เมื่อ y แทนความสูง และ x แทนระยะก้าวเดิน ตัวแปรทั้งสองจะวัดในหน่วยเซนติเมตร ในขณะที่เพศหญิงมีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับระยะก้าว อยู่ในระดับที่ดีมาก (r = 0.9542) และมีสมการความสัมพันธ์ y = 105.93 + 1.0311x ซึ่งสมการที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้คาดคะเนความสูงจากระยะก้าวเดินในทางนิติวิทยาศาสตร์ได้

งานวิจัยต่างประเทศ

O P Jasuja, and others (1997) ศึกษาเรื่อง Estimation of stature from stride length while walking fast การประมาณความสูงของบุคคลจากระยะก้าวในขณะเดินเร็ว วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการวัดรอยเท้าและรองเท้าแบบต่าง ๆ ด้วยวิธีการทางสถิติ และนำมาประมาณความสูง โดยทำการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 198 คน ที่มีอายุ 18-58 ปีจากการสุ่มตัวอย่างจากมหาวิทยาลัย Patiala วัดส่วนสูงและระยะก้าว โดยให้ก้าวเดินแบบปกติเพื่อเก็บข้อมูลและเดินเร็วที่สุดแบบไม่วิ่ง จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกัน

ผลการศึกษาพบว่า ความยาวก้าวแตกต่างกันไปตามความเร็วในการเดินที่แตกต่างกัน ระยะก้าวของบุคคลเมื่อวัดในขณะเดินเร็วบนพื้นผิวเรียบ เมื่อเทียบกับการเดินปกติพบว่า ได้สมการประมาณความสูงแตกต่างกัน แต่มีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายใกล้เคียงกัน

Bahadur Singh and others (2018) ได้ทำการศึกษาเรื่อง Estimation of body weight from the base of gait and the area swept in one stride การประมาณน้ำหนักตัวจากรอยเท้าและระยะใน 1 ก้าว วัตถุประสงค์เพื่อประมาณความสูงของผู้กระทำความผิดจากระยะก้าวเดิน การศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการเดินไม่มีการศึกษาเรื่องการประมาณน้ำหนักตัว ในการศึกษานี้จึงกำหนดตัวแปรสองตัวคือ รอยเท้า และระยะใน 1 ก้าว สำหรับการประมาณน้ำหนักตัว โดยสุ่มตัวอย่างผู้ชายที่เป็นผู้ใหญ่จำนวน 388 คน ซึ่งมีอายุระหว่าง 18 ถึง 30 ปี รวบรวมข้อมูลจากหมู่บ้านต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่ในเขต Punjab ในอินเดียเหนือ น้ำหนักตัวของผู้เข้าร่วมแต่ละคนถูกคำนวณโดยใช้วิธีการมาตรฐาน ตัวแปรคือ รอยเท้า และระยะใน 1 ก้าว เก็บรวบรวมจากรอยเท้าที่วัดได้

ผลการศึกษาพบว่า รอยเท้า (ซ้าย r = 0.255, ขวา r = 0.243) และระยะใน 1 ก้าว (ซ้าย r = 0.204 ขวา r = 0.221) มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำอย่างมีนัยสำคัญกับน้ำหนักของบุคคล แบบจำลองเชิงเส้นและการถดถอยพหุคูณสำหรับการประมาณน้ำหนักตัวใช้ในการศึกษานี้ ความแม่นยำสูงสุดในการประมาณน้ำหนักตัว (SEE = 12.54) ทำได้จากรอยเท้าด้านซ้าย จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า น้ำหนักตัวของบุคคลสามารถทำนายได้จากค่าระยะใน 1 ก้าวได้ในระดับหนึ่ง แต่มีค่าสหสัมพันธ์ระดับต่ำและค่าความผิดพลาดในการประมาณค่าที่สูงขึ้น ผู้วิจัยแนะนำว่าควรใช้รอยเท้าและระยะใน 1 ก้าวเพื่อคำนวณหาน้ำหนัก ในสถานการณ์ที่วิธีอื่น ๆ ของการประมาณน้ำหนักตัวไม่สามารถใช้ได้

Sorumlu Yazar (2019) ศึกษาเรื่อง Height estimation from the step length at different walking speeds การประมาณความสูงจากระยะห่างระหว่างรอยเท้าในการเดินด้วยความเร็วที่ต่างกัน วัตถุประสงค์เพื่อประมาณความสูงจากระยะห่างระหว่างรอยเท้า ทำการศึกษากับเพศชายจำนวน 104 คนและเพศหญิงจำนวน 102 คน รวมทั้งหมด 206 คน ผู้เข้าร่วมเป็นนักศึกษาหรือเจ้าหน้าที่ที่ทำงานให้มหาวิทยาลัย Başkent ทำการวัดและรายงานส่วนสูงต่อน้ำหนักตัวของผู้เข้าร่วมทั้งหมด นอกจากนี้ระยะก้าวที่ได้ใช้ความยาวก้าวสำหรับการเดินสองครั้งที่แตกต่างกัน ความเร็วในการเดินคือ 3.3 กม./ชม. และ 5.3 กม./ชม. สำหรับเพศชาย 2.7 กม./ชม. และ 4.7 กม./ชม. สำหรับเพศหญิง

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างเพศหญิงมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความสูงและความยาวก้าว ทั้งสำหรับ 2.7 กม./ชม. และ 4.7 กม./ชม. (r = 0.300, 0.384 ตามลำดับ) ในเพศชายมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความสูงและความยาวก้าว ทั้งสำหรับ 3.3 กม./ชม. และ 5.3 กม./ชม. (r = 0.255, 0.333 ตามลำดับ) จากผลการศึกษาพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยที่ได้จากการระยะก้าวมีค่าต่ำมาก สรุปได้ว่าระยะก้าวที่เดินด้วยความเร็วแตกต่างกัน ยังไม่ใช่ตัวแปรอิสระที่ดีสำหรับการประมาณความสูง

Esomonu Godfrey Ugochukwu and others (2021) ศึกษาเรื่อง Estimation of stature from stride length and lower limb length of efiks in calabar South, Cross River State, South-South Nigeria การประมาณความสูงจากระยะก้าวเดินและความยาวระยางค์ส่วนล่างของชนกลุ่ม efiks การศึกษาในเมือง calabar รัฐ Cross River ไนจีเรียใต้ วัตถุประสงค์เพื่อการประเมินความสูงโดยใช้ความยาวก้าวและความยาวของระยางค์ส่วนล่างของ Efiks ซึ่งเป็นชนพื้นเมืองของ Calabar South, Cross River State, South-South Nigeria วัสดุและวิธีการ: วัดและบันทึกความสูง ความยาวแขนขา และความยาวก้าวเท้าสำหรับอาสาสมัคร 300 คน ชายและหญิง 150 คน ที่ได้รับการสุ่มเลือกจากชุมชน อายุระหว่าง 15 ถึง 45 ปี

ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยสำหรับพารามิเตอร์ที่วัดได้ทั้งหมด รวมถึงสัดส่วนในเพศชายจะสูงกว่าในเพศหญิง ($P < 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากสมการถดถอยเชิงเส้นสำหรับการประมาณความสูงโดยใช้ความยาวก้าวและความยาวของขาส่วนล่าง พบว่ามีความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญระหว่างความสูงและพารามิเตอร์ที่วัดได้สำหรับประชากรที่ศึกษา พบความสัมพันธ์เชิงบวก แสดงให้เห็นว่า ความสูงสามารถประมาณความสูงได้โดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นที่ได้รับเฉพาะสำหรับชาว Efik ซึ่งมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในด้านการตรวจจับอาชญากรรมต่อการประมาณความสูงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านนิติเวช

มหาวิทยาลัยศิลปากร

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาเขียนสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 2 แสดงงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นที่ศึกษา	นักวิจัย							
	ดวงกรณ์ ฯ	ปารณัท ฯ	พิมพ์นิศารณ์ ฯ	อรทัย ฯ	O P Jasuja, S	Bahadur	Sorumlu	Esomonu G.
วัดระยะก้าวเดินปกติ เพื่อประมาณหาความสูงในเพศชาย	X	X	-	-	X	-	-	-
วัดระยะก้าวเดินปกติ เพื่อประมาณหาความสูงในเพศชายและเพศหญิง	-	-	X	X	-	-	-	X
วัดระยะก้าวในการเดินเร็วแบบไม่วิ่ง เพื่อประมาณหาความสูงในเพศชาย	-	-	-	-	X	-	-	-
วัดระยะก้าวในการเดินเร็วด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน เพื่อประมาณหาความสูง	-	-	-	-	-	-	X	-
วัดระยะก้าวเดินปกติ เพื่อประมาณหาน้ำหนัก และ BMI	-	-	-	-	-	X	-	-
วัดขนาดรอยเท้า เพื่อประมาณหาความสูง	-	-	X	-	-	-	-	-

จากการทบทวนวรรณกรรมและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเพื่อนำไปสู่การกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัยและสร้างข้อค้นพบใหม่ จะเห็นได้ว่า

1) ในด้านประเด็นที่ศึกษา โดยรวมเป็นการศึกษาลักษณะการวัดระยะก้าวของการเดินปกติเพื่อประมาณหาส่วนสูง โดยพบว่ารอยฝ่าเท้า หรือรอยรองเท้า และระยะก้าวเดิน ทั้งจากระยะห่างจากเท้าข้างหนึ่งไปเท้าอีกข้างหนึ่ง (step length) และระยะก้าวเดินจากเท้าข้างหนึ่งไปยังเท้าข้างเดียวกัน (stride length) มีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้ในการพยากรณ์ความสูงได้ ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาจากการให้กลุ่มตัวอย่างสวมรองเท้าแตะ รองเท้าผ้าใบ รองเท้าหนัง และ

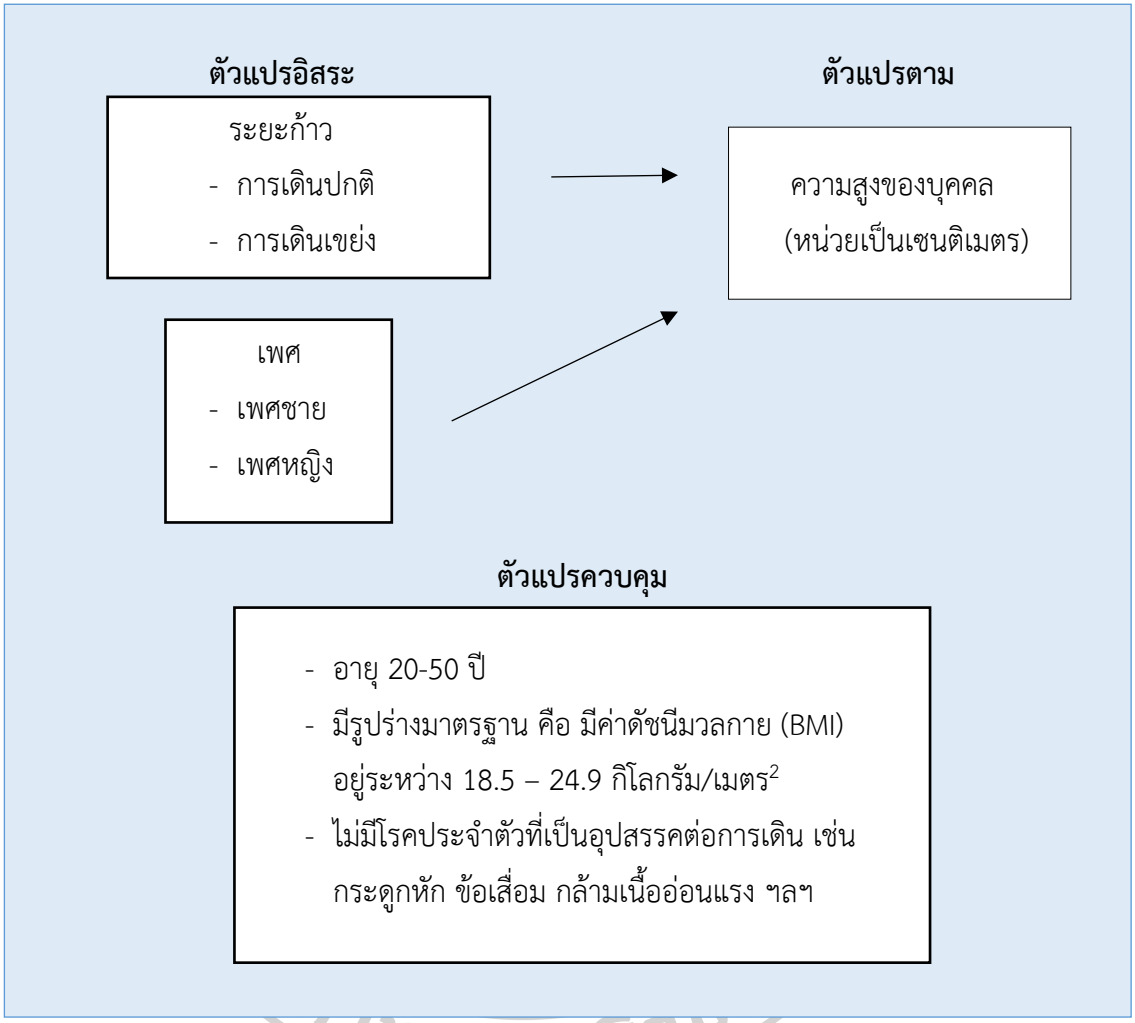
ไม่สวมรองเท้าหรือเท้าเปล่า โดยในแต่ละงานวิจัย ได้มีกำหนดจุดในการอ้างอิงในการวัดต่างกัน เช่น ใช้ส้นเท้า ใช้จุดกึ่งกลางเท้า ปลายนิ้วเท้า หรือกำหนดจุดอ้างอิงในการวัด และพบว่า รอยฝ่าเท้า และระยะก้าวเดิน มีผลต่อการประมาณส่วนสูง และอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการประมาณความสูงคือ น้ำหนัก โดยน้ำหนัก หรือค่าดัชนีย์มวลกาย (BMI) ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีระยะก้าวที่เพิ่มขึ้น และรูปแบบของการเดินต่าง ๆ เช่น การศึกษาของ O.P. Jasuka (1997) ที่ทำการศึกษา การประมาณความสูงในการเดินเร็ว หรือการศึกษาของ Sorumlu (2019) ที่ทำการศึกษา การประมาณความสูงในการเดินด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ก็มีผลต่อการประมาณส่วนสูงด้วยเช่นกัน

2) ในด้านของกลุ่มตัวอย่าง จะพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีช่วงอายุที่นิยมนำมาศึกษา คือตั้งแต่ 15 ปี ถึง 55 ปี มีหลากหลายอาชีพ และหลากหลายภูมิภาค

แต่ทั้งนี้ในประเทศไทยและต่างประเทศ ยังไม่มีการวัดระยะก้าวจากการเดินเขย่งเปรียบเทียบกับการเดินปกติ เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์หรือพยากรณ์ความสูงของบุคคล ดังนั้นการศึกษานี้จึงสนใจทำการหาความสัมพันธ์และพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวของการเดินปกติและเดินเขย่งของกลุ่มประชากรในประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรอยฝ่าเท้า ระยะก้าวเดิน ทั้งในรูปแบบของการก้าวเดินปกติ หรือการก้าวเดินในรูปแบบต่าง ๆ และเป็นประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ในกระบวนการสืบสวนสอบสวนในทางนิติวิทยาศาสตร์ในไทยต่อไป

มหาวิทยาลัยศิลปากร

2.5 กรอบแนวคิดในการวิจัย



รูปภาพที่ 18 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

จากรูปภาพที่ 18 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย โดยมีตัวแปรอิสระเป็นระยะก้าวเดิน ได้แก่ การเดินปกติและเดินเขย่ง และเพศ ได้แก่ เพศหญิงและเพศชาย ตัวแปรตามเป็นการประมาณความสูงของบุคคล (หน่วยเป็นเซนติเมตร) และมีตัวแปรควบคุม เป็นกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 20-50 ปี มีรูปร่างมาตรฐาน คือมีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ระหว่าง 18.5 – 24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน เช่น กระดูกหัก ข้อเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรง ฯลฯ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Study) มีแบบแผนการทดลองแบบ One – Group Pretest – Posttest Design โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง ทำการวัดผลการทดลองก่อนและหลังการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่า โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง 2) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง

ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 ขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูล

3.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ประชากรไทยเพศหญิงและเพศชายในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่มีอายุระหว่าง 20-50 ปี มีรูปร่างมาตรฐาน คือ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5 - 24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน เช่น กระดูกหัก ข้อเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรง ฯลฯ เนื่องจากช่วงอายุ 20-50 ปี เป็นช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโตและไม่มีความเสื่อมของร่างกาย และเลือกประชากรที่มีรูปร่างมาตรฐาน เนื่องจาก น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลต่อระยะก้าวเดินได้

กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชากรไทยจำนวน 173 คน ซึ่งผู้วิจัยได้คำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างจากสูตรของ Khazanie ในกรณีที่ศึกษาค่าเฉลี่ยประชากรแต่ไม่ทราบจำนวนประชากร และไม่ทราบค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (σ) เมื่อกำหนดให้ความเชื่อมั่นที่ 95% และกำหนดให้ความคลาดเคลื่อน (E) เป็น 1 ส่วนใน 6.7 ส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากร (σ) จึงคำนวณขนาดของกลุ่มประชากรได้ดังนี้ (Ramakant Khazania, 1996)

จากสูตร $n = \left(\frac{Z\,\alpha/2\,\sigma}{E}\right)^2$

กำหนดให้ n = จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องใช้

Z = คะแนนมาตรฐาน ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ความเชื่อมั่นที่ 95% จึงได้ α = 0.05 (ทั้งนี้จาก (1-0.5)100% = 95%) ซึ่งจะได้คะแนนมาตรฐาน Z $\alpha_{/2} = Z_{0.05/2} = Z_{0.025}$ = 1.96 Z จึงมีค่าเท่ากับ 1.96

σ = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (ซึ่งในที่นี้ยังไม่ทราบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร)

E = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ กำหนดเป็น 1 ส่วนใน 6.7 ส่วนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

แทนค่าลงในสูตรได้ดังนี้

$$n = \left(\frac{1.96\,\sigma}{\sigma/6.7}\right)^2$$

$$n = \left(\frac{1.96\,\sigma\,6.7}{\sigma}\right)^2$$

$$n = (1.96(6.7))^2$$

$$n = 172.45$$ โดยปัดเศษทศนิยมขึ้น เป็น 173

ในงานวิจัยนี้จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็น 173 คน

จริยธรรมในการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยให้ความสำคัญและตระหนักถึงสิทธิส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมวิจัยและเพื่อป้องกันมิให้เกิดผลเชิงลบต่อกลุ่มตัวอย่างโดยมิได้เจตนา จึงกำหนดแนวทางการศึกษาด้านจริยธรรมในการวิจัยไว้ดังนี้

1. ผู้วิจัยได้จัดทำเอกสารเพื่อขอรับความยินยอมจากกลุ่มตัวอย่าง
2. การเก็บรวบรวมข้อมูล จะไม่มีการเปิดเผยชื่อ สกุล ของกลุ่มตัวอย่าง
3. ข้อมูลที่ได้รับจากกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ในภาพรวมเท่านั้น จะไม่เปิดเผยข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างต่อสาธารณะแต่อย่างใด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

3.2.1 สายวัด

3.2.2 เครื่องวัดความสูง

3.2.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบแสดงหน้าจอตัวเลข (digital screen)

3.2.4 แบบฟอร์ม เอกสารสำหรับจดบันทึกข้อมูล

3.2.5 สีโปสเตอร์ สำหรับประทับรอยเท้า

3.2.6 กระดาษขาวบาง สำหรับประทับรอยเท้า

3.2.7 เทปกาว สำหรับแปะยึดกระดาษขาว

3.3 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.3.1 ขั้นกำหนดกลุ่มเป้าหมาย เก็บข้อมูลของผู้ทดสอบ และจัดเตรียมอุปกรณ์และสถานที่

1) กำหนดกลุ่มเป้าหมาย กำหนดเป็นประชากรไทยจำนวน 173 คน โดยแบ่งเป็นเพศหญิง จำนวน 91 คน และเพศชาย จำนวน 82 คน ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่มีอายุระหว่าง 20-50 ปี มีรูปร่างมาตรฐาน คือ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5 - 24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน เช่น กระดูกหัก ข้อเสื่อม กล้ามเนื้ออ่อนแรง ฯลฯ

2) จัดเตรียมอุปกรณ์และสถานที่ให้ผู้ทดสอบ

พื้นที่ เป็นบริเวณที่มีพื้นที่กว้างพอสำหรับเดินได้ ระยะ 3-4 ก้าว

อุปกรณ์ วางกระดาษขาวบางแปะด้วยเทปกาวกับพื้น เพื่อใช้สำหรับเดินและป้องกันไม่ให้กระดาษเคลื่อนระหว่างการทดสอบ

3.3.2 ขั้นตอนทำการทดลอง

1) เก็บข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ เช่น อายุ เพศ โรคประจำตัว ทำการวัดและเก็บข้อมูลสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบแสดงหน้าจอตัวเลข (digital screen) และความสูง ทำการวัดโดยใช้เครื่องวัดความสูง โดยจะไม่มีการเปิดเผยชื่อสกุลของกลุ่มตัวอย่าง

2) ชี้แจงรายละเอียดแก่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ วัตถุประสงค์ ขั้นตอนรายละเอียดของงานวิจัย และแนะนำวิธีการพิมพ์รอยฝ่าเท้าให้กลุ่มตัวอย่างให้เข้าใจก่อนโดยละเอียด พร้อมสาธิตวิธีการเดินปกติและเดินแบบเขย่ง โดยก่อนการทดสอบกลุ่มตัวอย่างต้องเซ็นใบยินยอมก่อนเข้าร่วมงานวิจัยด้วยทุกครั้ง

3) ให้ผู้ทดสอบถอดรองเท้า ทำความสะอาดเท้า จากนั้นทาสีโปสเตอร์สำหรับประทับรอยเท้า โดยอาจมีการให้ทดสอบเดินปกติและเดินเขย่งก่อนการทดลองจริงเพื่อลดความประหม่า

4) ให้ผู้ทดสอบทำการทดสอบครั้งที่ 1 โดยก้าวเดินในลักษณะของการเดินปกติก่อนเป็นระยะ 3-4 ก้าว

5) ผู้ทดสอบทำการทดสอบครั้งที่ 2 โดยก้าวเดินในลักษณะของการเดินเขย่ง เป็นระยะ 3-4 ก้าวในกระดาษอีกแผ่นหนึ่ง

6) ผู้วิจัยวัดระยะห่างระหว่างก้าว โดยใช้สายวัด นำมาเปรียบเทียบกัน โดยวัดจากระยะห่างของส่วนปลายสุดกระดูกนิ้วเท้าข้างหนึ่ง ไปถึงปลายกระดูกนิ้วเท้าของอีกข้างหนึ่ง (step length) ในก้าวที่ 1 ถึงก้าวที่ 4 หน่วยเป็นเซนติเมตร และนำมาหาค่าเฉลี่ยของระยะก้าว

7) ทำการทดสอบกับผู้ทดสอบอื่นจนครบ 173 คน

3.3.3 ขั้นจดบันทึก และวิเคราะห์ข้อมูล

1) จดบันทึกผลการทดลอง ระยะก้าวที่ได้ กับข้อมูลทั่วไปของผู้ทดสอบ เพื่อมาทำการเก็บข้อมูล

2) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลข้อมูล โดยใช้ค่าทางสถิติ โดยหาระยะก้าวเดินแบบปกติและเดินเขย่ง เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ความสูง และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง

3.4 วิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามความมุ่งหมายและสมมติฐานของการวิจัย โดยทำการประมวลผลข้อมูลในการทดลองด้วยโปรแกรม SPSS ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

3.4.1 กำหนดค่าตัวแปร เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง มีดังนี้

1) ระยะก้าวเดิน โดยทำการศึกษาทั้งการเดินแบบปกติและเดินเขย่ง หน่วยเป็นเซนติเมตร ข้อมูลระดับมาตรวัดแบบอัตราส่วน (ratio scale)

2) เพศที่ใช้ในการทดลอง ข้อมูลระดับนามบัญญัติ (nominal scale) โดยกำหนดให้

1 = เพศชาย

2 = เพศหญิง

3) ความสูงที่วัดได้ หน่วยเป็นเซนติเมตร ข้อมูลระดับมาตรวัดแบบอัตราส่วน (ratio scales)

3.4.2 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.4.3 วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร ของความสูงและระยะก้าวของการเดินปกติและเดินเขย่ง โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Karl Pearson’s correlation) และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่งโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

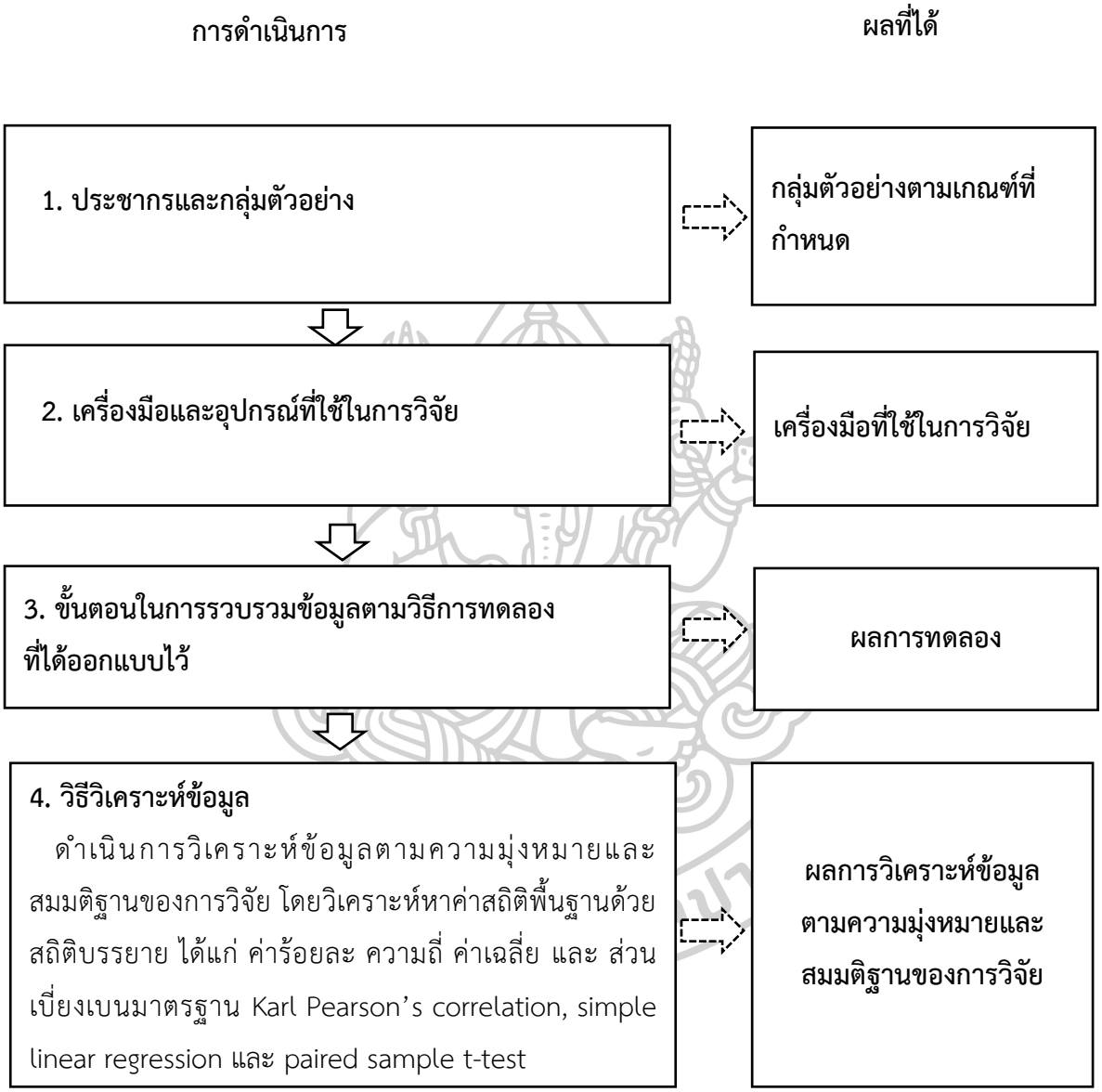
โดยผู้วิจัยกำหนดเกณฑ์การแปลผลค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) (Dennis E Hinkle, 1998) ไว้ดังนี้

0.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก
0.70 - 0.90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
0.50 - 0.70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
0.30 - 0.50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
0.00 - 0.30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

3.4.4 วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Sample t-test)

มหาวิทยาลัยศิลปากร

รายละเอียดวิธีดำเนินการวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้น นำเสนอดังแผนภาพ



รูปภาพที่ 19 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และ 2) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment Study) มีแบบแผนการทดลองแบบ One – Group Pretest – Posttest Design โดยทำการพยากรณ์ความสูงจากการวัดระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง โดยการคำนวณจำนวนกลุ่มตัวอย่างในกรณีที่ศึกษาค่าเฉลี่ยประชากรแต่ไม่ทราบจำนวนประชากรจากสูตรของ Khazanie จากสูตรคำนวณกลุ่มตัวอย่างได้ไม่น้อยกว่า 173 คน ในงานวิจัยนี้จึงเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 173 คน จากประชากรไทยแบ่งเป็นเพศหญิงจำนวน 91 คน และเพศชายจำนวน 82 คน ที่มีช่วงอายุระหว่าง 20-50 ปี มีรูปร่างมาตรฐาน คือ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5-24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยทำการวัดระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง นำมาวิเคราะห์และเสนอผลการทดลองดังนี้

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 หัวข้อ คือ

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่งโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Karl Pearson’s correlation) และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis) ตามสมมติฐาน ต่อไปนี้

สมมติฐานทางวิจัย

1) ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

2) ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

3) ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

4) ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งโดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Sample t-test)

สมมติฐานทางวิจัย ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญ

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

$\bar{X}$	หมายถึง	ค่าเฉลี่ย
S.D.	หมายถึง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
N	หมายถึง	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
R	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
R^2	หมายถึง	ประสิทธิภาพการพยากรณ์ที่ปรับแล้ว
Df	หมายถึง	องศาแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)
β	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย
Beta	หมายถึง	ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในรูปคะแนนมาตรฐาน
P	หมายถึง	ความน่าจะเป็นสำหรับบอกนัยสำคัญทางสถิติ
**	หมายถึง	มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 173 คน ประกอบด้วยเพศ อายุ น้ำหนัก ความสูง แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลทั่วไป		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	หญิง	91	52.60
	ชาย	82	47.40
อายุ	20-30 ปี	127	73.40
	31-40 ปี	27	15.60
	41-50 ปี	19	11.00
น้ำหนัก	41-50 กิโลกรัม	40	23.10
	51-60 กิโลกรัม	46	26.60
	61-70 กิโลกรัม	63	36.40
	71-80 กิโลกรัม	24	13.90
ความสูง	น้อยกว่า 150 เซนติเมตร	1	0.60
	151-160 เซนติเมตร	55	31.80
	161-170 เซนติเมตร	81	46.80
	171-180 เซนติเมตร	35	20.20
	มากกว่า 181 เซนติเมตร	1	0.60

จากตารางที่ 3 พบว่า ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 173 คน ประกอบด้วยเพศหญิงจำนวน 91 คน คิดเป็นร้อยละ 52.60 และเพศชายจำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 47.40 เมื่อจำแนกกลุ่มตัวอย่างตามช่วงอายุ พบว่า ส่วนใหญ่มีอายุ 20-30 ปี เป็นจำนวน 127 คน คิดเป็นร้อยละ 73.40 น้ำหนักส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วง 61-70 กิโลกรัม เป็นจำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 36.40 ส่วนสูงส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วง 161-170 เป็นจำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 46.80

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ค่าต่ำสุด (min) ค่าสูงสุด (max) ของกลุ่มตัวอย่าง

	ค่าเฉลี่ย	S.D.	Min	Max
อายุ (ปี)				
เพศหญิง (N = 91)	28.47	7.44	20	50
เพศชาย (N = 82)	29.78	7.99	20	50
น้ำหนัก (กิโลกรัม)				
เพศหญิง (N = 91)	53.76	7.92	43	72
เพศชาย (N = 82)	66.14	6.91	44	80
ความสูง (เซนติเมตร)				
เพศหญิง (N = 91)	160.49	4.78	150	172
เพศชาย (N = 82)	169.49	6.28	156	183
ระยะก้าวเดินปกติเฉลี่ย (เซนติเมตร)				
เพศหญิง (N = 91)	52.59	4.88	41.95	63.75
เพศชาย (N = 82)	59.23	7.25	42.63	74.10
ระยะก้าวเดินเขย่งเฉลี่ย (เซนติเมตร)				
เพศหญิง (N = 91)	53.38	4.91	44.00	65.00
เพศชาย (N = 82)	60.69	7.27	44.75	75.88

จากตารางที่ 4 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง จำนวน 91 คน มีค่าเฉลี่ยระยะก้าวเดินปกติเท่ากับ 52.59 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.88 โดยระยะก้าวเดินปกติที่ต่ำสุดเท่ากับ 41.95 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินปกติที่สูงสุดเท่ากับ 63.75 เซนติเมตร และในค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินเขย่งเท่ากับ 53.38 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.91 โดยระยะก้าวเดินเขย่งที่ต่ำสุดเท่ากับ 44.00 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินเขย่งที่สูงสุดเท่ากับ 65.00 เซนติเมตร และในกลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 82 คน มีค่าเฉลี่ยระยะก้าวเดินปกติเท่ากับ 59.23 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.25 โดยระยะก้าวเดินปกติที่ต่ำสุดเท่ากับ 42.63 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินปกติที่สูงสุดเท่ากับ 74.10 เซนติเมตร และในค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินเขย่งเท่ากับ 60.69 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.27 โดยระยะก้าวเดินเขย่งที่ต่ำสุดเท่ากับ 44.75 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินเขย่งที่สูงสุดเท่ากับ 75.88 เซนติเมตร

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง และระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่งโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

โดยการวิเคราะห์ประกอบไปด้วยตัวแปร 2 ตัวแปร โดย ตัวแปรตาม คือ ความสูง ตัวแปรพยากรณ์ คือ ระยะก้าวเดิน โดยจำแนกระยะก้าวเดินออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) เดินปกติ 2) เดินเขย่ง ตามสมมติฐานดังต่อไปนี้

สมมติฐานทางวิจัย

1) ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

2) ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

3) ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

4) ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

สมมติฐานทางสถิติ

1) H_0 : $\rho_{\text{เดินปกติ}} = 0$

H_1 : $\rho_{\text{เดินปกติ}} \neq 0$

2) H_0 : $\beta_{\text{เดินปกติ}} = 0$

H_1 : $\beta_{\text{เดินปกติ}} \neq 0$

3) H_0 : $\rho_{\text{เดินเขย่ง}} = 0$

H_1 : $\rho_{\text{เดินเขย่ง}} \neq 0$

4) H_0 : $\beta_{\text{เดินเขย่ง}} = 0$

H_1 : $\beta_{\text{เดินเขย่ง}} \neq 0$

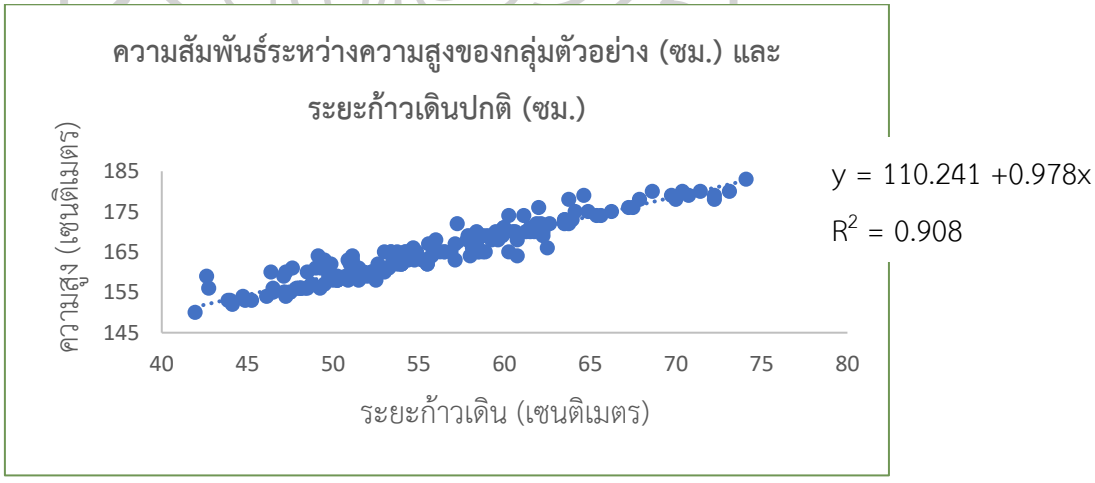
ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 6 หัวข้อ ได้แก่ 1) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง 2) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 3) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย 4) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง 5) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และ 6) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่าง

ปัจจัย	B	Std. Er.	Beta	t	p
ระยะก้าวเดิน (เซนติเมตร)	0.978	0.024	0.953	41.166	0.000**
(Constant)	110.241				
R = 0.953*	R^2 = 0.908	$R^2_{adjusted}$ = 0.908			
F = 1694.647*	Sig. F = 0.000	SEest = ± 2.164			
					***p < 0.01**

จากตารางที่ 5 ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.953) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 90.8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และค่า Beta เท่ากับ 0.953 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 2.164 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น y = 110.241 + 0.978x แสดงดังรูปภาพที่ 20



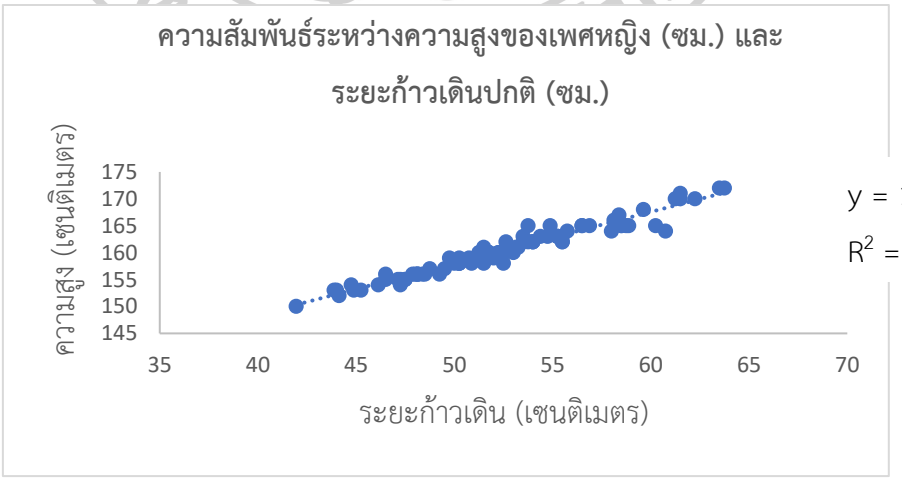
รูปภาพที่ 20 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่าง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร)

2) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

ตารางที่ 6 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

ปัจจัย	B	Std. Er.	Beta	t	p
ระยะก้าวเดิน (เซนติเมตร)	0.956	0.023	0.975	41.281	0.000**
(Constant)	110.232				
R = 0.975*	R^2 = 0.950	$R^2_{adjusted}$ = 0.950			
F = 1704.114*	Sig. F = 0.000	SEest = ± 1.071			
					*p < 0.01

จากตารางที่ 6 ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.975) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 95 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และค่า Beta เท่ากับ 0.975 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 1.071 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น y = 110.232 + 0.956x แสดงดังรูปภาพที่ 21



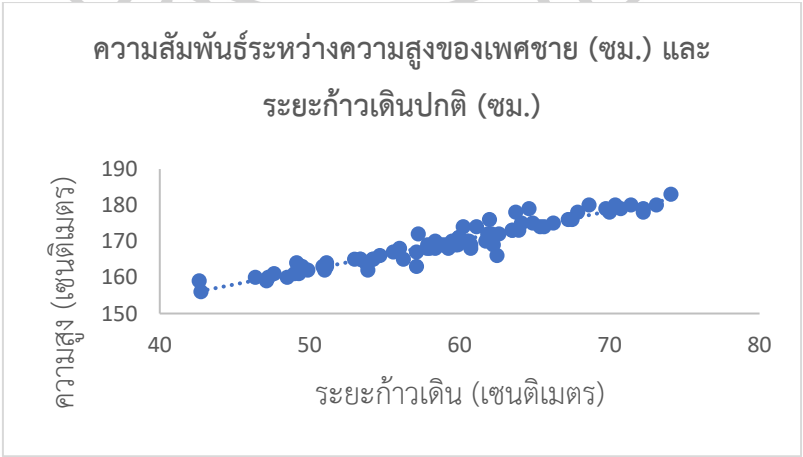
รูปภาพที่ 21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร)

3) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

ตารางที่ 7 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

ปัจจัย	B	Std. Er.	Beta	t	p
ระยะก้าวเดิน (เซนติเมตร)	0.821	0.031	0.948	26.652	0.000**
(Constant)	120.856				
R = 0.948* R^2 = 0.899 $R^2_{adjusted}$ = 0.898					
F = 710.321* Sig. F = 0.000 SEest = ± 2.010					
					***p < 0.01**

จากตารางที่ 7 ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.948) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 89.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และค่า Beta เท่ากับ 0.948 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 2.010 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น y = 120.856 +0.821x แสดงดังรูปภาพที่ 22



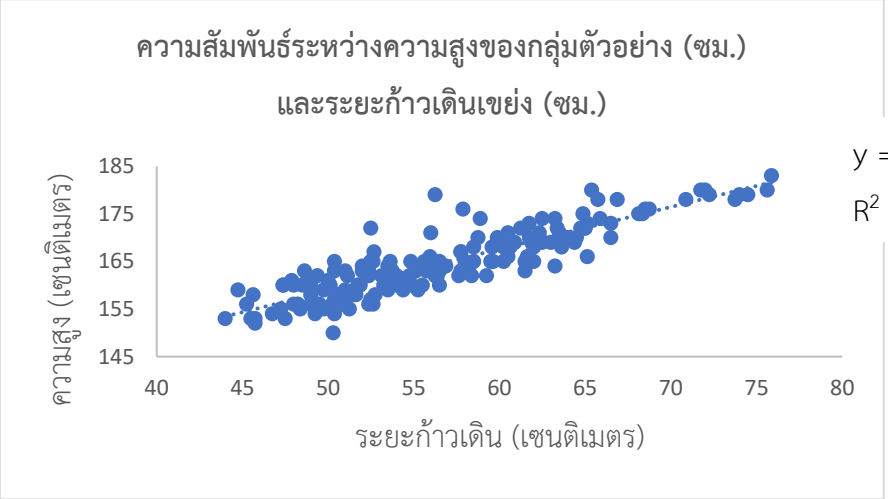
รูปภาพที่ 22 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร)

4) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 8 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่าง

ปัจจัย	B	Std. Er.	Beta	t	p
ระยะก้าวเดิน (เซนติเมตร)	0.880	0.036	0.880	24.265	0.000**
(Constant)	114.738				
R = 0.880* R^2 = 0.775 $R^2_{adjusted}$ = 0.774					
F = 588.794* Sig. F = 0.000 SEest = ± 3.392					
***p < 0.01**					

จากตารางที่ 8 ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.880) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 77.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และค่า Beta เท่ากับ 0.880 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 3.392 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น y = 114.738 + 0.880x แสดงดังรูปภาพที่ 23



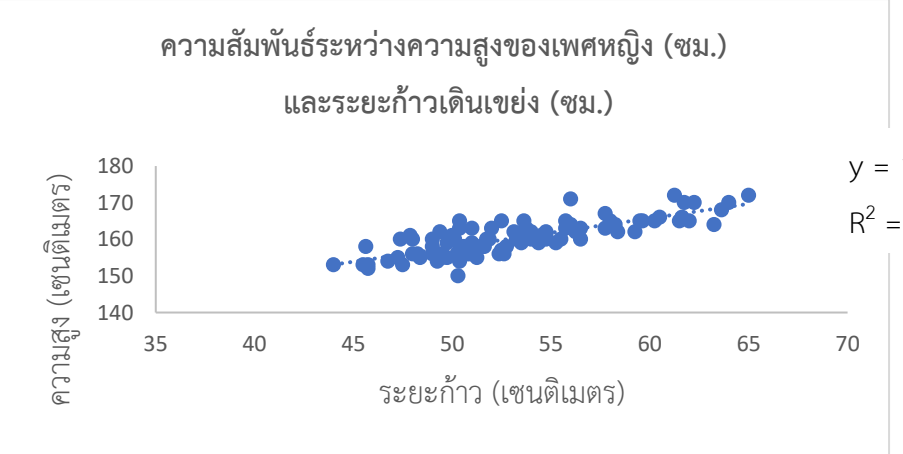
รูปภาพที่ 23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่าง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร)

5) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

ตารางที่ 9 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

ปัจจัย	B	Std. Er.	Beta	t	p
ระยะก้าวเดิน (เซนติเมตร)	0.790	0.060	0.811	13.066	0.000**
(Constant)	118.322				
R = 0.811* R^2 = 0.657 $R^2_{adjusted}$ = 0.653					
F = 170.718* Sig. F = 0.000 SEest = ± 2.814					
					***p < 0.01**

จากตารางที่ 9 ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.811) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 65.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และค่า Beta เท่ากับ 0.811 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่ง สามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 2.814 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น y = 118.322 + 0.790x แสดงดังรูปภาพที่ 24



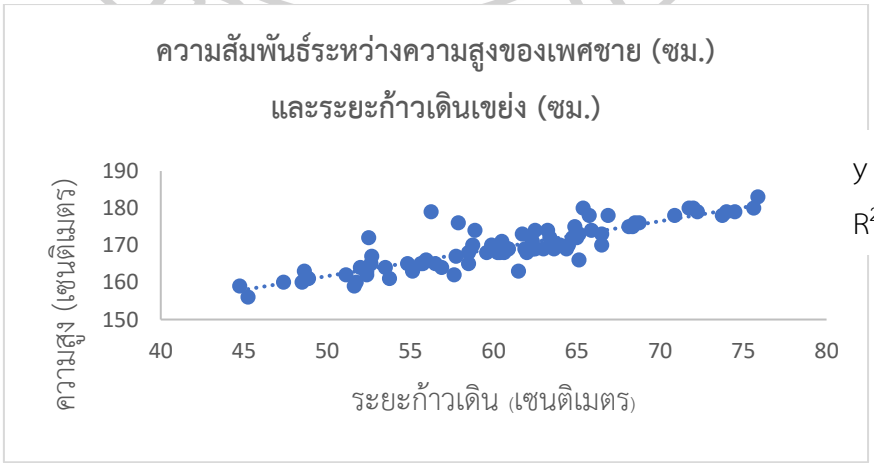
รูปภาพที่ 24 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร)

6) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

ตารางที่ 10 การพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

ปัจจัย	B	Std. Er.	Beta	t	p
ระยะก้าวเดิน (เซนติเมตร)	0.737	0.051	0.852	14.568	0.000**
(Constant)	124.784				
R = 0.852* R^2 = 0.726 $R^2_{adjusted}$ = 0.723					
F = 212.241* Sig. F = 0.000 SEest = ± 3.306					
					*p < 0.01

จากตารางที่ 10 ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.852) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 72.6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และค่า Beta เท่ากับ 0.852 ซึ่งไม่เท่ากับ 0 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 3.306 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น y = 124.784 + 0.737x แสดงดังรูปภาพที่ 25



รูปภาพที่ 25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกลุ่มตัวอย่างเพศชาย (เซนติเมตร) และระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร)

4.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน

เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง ตามสมมติฐานดังต่อไปนี้

สมมติฐานทางวิจัย

ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญ

สมมติฐานทางสถิติ

H_0 : $\mu_{\text{เดินปกติ}} \geq \mu_{\text{เดินเขย่ง}}$

H_1 : $\mu_{\text{เดินปกติ}} < \mu_{\text{เดินเขย่ง}}$

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง 2) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และ 3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

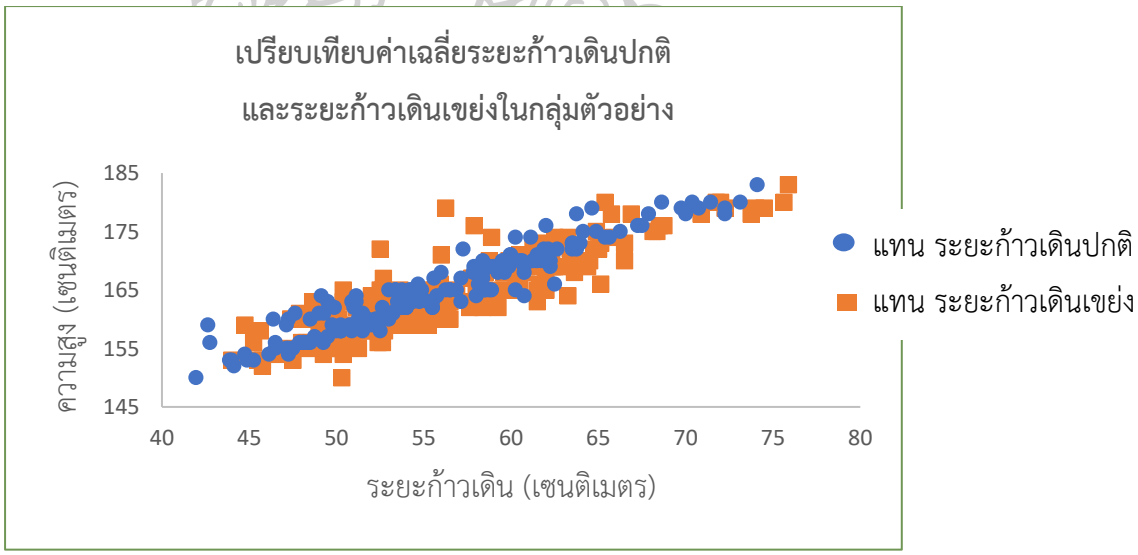
1) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง

ชนิดการก้าวเดิน	N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ยของความต่าง	t	p
เดินปกติ	173	55.736	6.946	-1.112	-5.753	0.000**
เดินเขย่ง	173	56.848	7.132			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 11 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่าง ชนิดการก้าวเดินแบบเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.736 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.946 ส่วนการเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.848 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.132 ค่าเฉลี่ยของความต่างเท่ากับ -1.112 ค่า t-test มีค่าเท่ากับ -5.753 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงดังรูปภาพที่ 26



รูปภาพที่ 26 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง

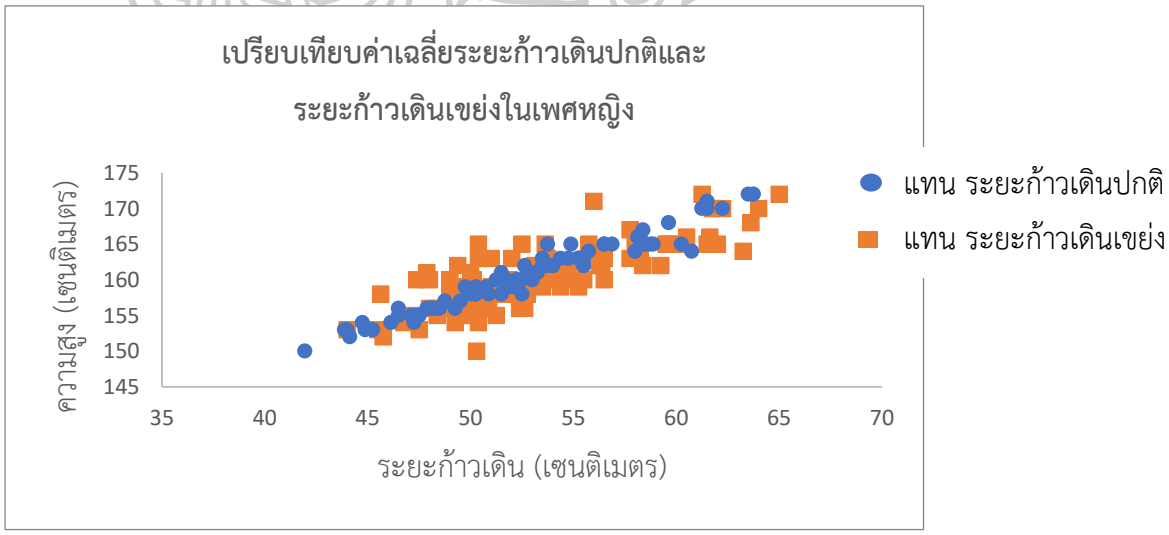
2) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

ตารางที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

ชนิดการก้าวเดิน	N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ยของความต่าง	t	p
เดินปกติ	91	52.589	4.876	-0.792	-2.786	0.007**
เดินเขย่ง	91	53.381	4.906			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 12 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง ชนิดการก้าวเดินแบบเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.589 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.876 ส่วนการเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.381 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.906 ค่าเฉลี่ยของความต่างเท่ากับ -0.792 ค่า t-test มีค่าเท่ากับ -2.786 ค่า p เท่ากับ 0.007 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงดังรูปภาพที่ 27



รูปภาพที่ 27 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

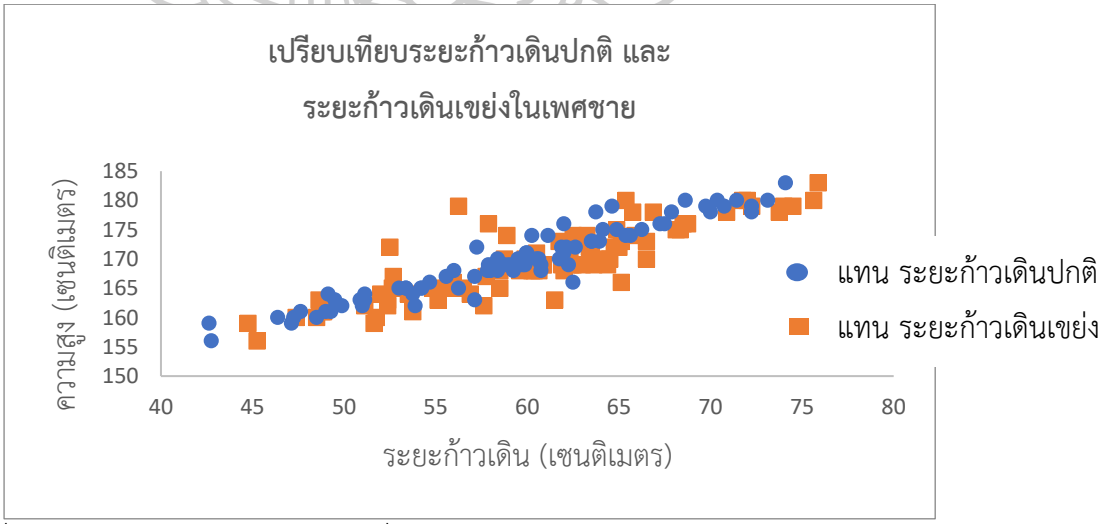
3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

ตารางที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

ชนิดการก้าวเดิน	N	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค่าเฉลี่ยของความต่าง	t	p
เดินปกติ	82	59.225	7.251	-1.466	-5.760	0.000**
เดินเขย่ง	82	60.692	7.266			

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จากตารางที่ 13 พบว่า ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ชนิดการก้าวเดินแบบเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.225 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.251 ส่วนการเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.692 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.266 ค่าเฉลี่ยของความต่างเท่ากับ -1.466 ค่า t-test มีค่าเท่ากับ -5.760 ค่า p เท่ากับ 0.000 ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่ายอมรับ H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงดังรูปภาพที่ 28



รูปภาพที่ 28 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

จากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปผลสมมติฐานได้ดังแสดงต่อไปนี้

ตารางที่ 14 สรุปสมมติฐานการวิจัย

ลำดับ	สมมติฐานการวิจัย	ยอมรับ	ปฏิเสธ
1	**ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01**		
	กลุ่มตัวอย่าง (R = 0.953 มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (R = 0.975 มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศชาย (R = 0.948 มีความสัมพันธ์ในระดับสูงมาก)	√	
2	**ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01**		
	กลุ่มตัวอย่าง (R^2 = 0.908 y = 110.241 + 0.978x)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (R^2 = 0.950 y = 110.232 + 0.956x)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศชาย (R^2 = 0.899 y = 120.856 + 0.821x)	√	
3	**ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01**		
	กลุ่มตัวอย่าง (R = 0.880 มีความสัมพันธ์ในระดับสูง)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (R = 0.811 มีความสัมพันธ์ในระดับสูง)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศชาย (R = 0.852 มีความสัมพันธ์ในระดับสูง)	√	
4	**ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01**		
	กลุ่มตัวอย่าง (R^2 = 0.775 y = 114.738 + 0.880x)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง (R^2 = 0.657 y = 118.322 + 0.790x)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศชาย (R^2 = 0.726 y = 124.784 + 0.737x)	√	
5	**ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01**		
	กลุ่มตัวอย่าง ($\overline{X}_{\text{เดินปกติ}}$ = 55.736 $\overline{X}_{\text{เดินเขย่ง}}$ = 56.848)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง ($\overline{X}_{\text{เดินปกติ}}$ = 52.589 $\overline{X}_{\text{เดินเขย่ง}}$ = 53.381)	√	
	กลุ่มตัวอย่างเพศชาย ($\overline{X}_{\text{เดินปกติ}}$ = 59.225 $\overline{X}_{\text{เดินเขย่ง}}$ = 60.692)	√	

จากตารางที่ 14 พบว่า ผลการทดลองทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ 1) ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 2) ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3) ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 4) ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 5) ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 1) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง 2) เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีแบบแผนการทดลองแบบ One – Group Pretest – Posttest Design โดยแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ขั้นตอนที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขั้นตอนที่ 3 เก็บรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ข้อมูลและการนำเสนอการวิจัย โดยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 173 คน จากประชากรไทย แบ่งเป็นเพศหญิงจำนวน 91 คน และเพศชายจำนวน 82 คน ที่มีช่วงอายุระหว่าง 20-50 ปี มีรูปร่างมาตรฐาน คือ มีค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 18.5-24.9 กิโลกรัม/เมตร^2 และไม่มีโรคประจำตัวที่เป็นอุปสรรคต่อการเดิน ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยทำการวัดระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทำการประมวลผลข้อมูลในการทดลองด้วยโปรแกรม SPSS การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น และ 3) การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน ผู้วิจัยมีการสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย และข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยขอนำเสนอข้อสรุปเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง 2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และ 3) การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่ง แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

5.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของกลุ่มตัวอย่าง สรุปได้ดังนี้ กลุ่มตัวอย่างคือประชากรไทยจำนวน 173 คน โดยแบ่งเป็นเพศหญิง 91 คน คิดเป็นร้อยละ 52.60 และเพศชาย 82 คน คิดเป็นร้อยละ 47.40 เมื่อจำแนกกลุ่มตัวอย่างตามช่วงอายุ พบว่า ส่วนใหญ่มีอายุ 20-30 ปี เป็นจำนวน 127 คน คิดเป็นร้อยละ 73.40 น้ำหนักส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วง 61-70 กิโลกรัม เป็นจำนวน 63 คน คิดเป็นร้อยละ 36.40 ส่วนสูงส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วง 161-170 เป็นจำนวน 81 คน คิดเป็นร้อยละ 46.80 ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง จำนวน 91 คน มีค่าเฉลี่ยระยะก้าวเดินปกติเท่ากับ 52.59 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.88 โดยระยะก้าวเดินปกติที่ต่ำสุดเท่ากับ 41.95 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินปกติที่สูงสุดเท่ากับ 63.75 เซนติเมตร และในค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินเขย่งเท่ากับ 53.38 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.91 โดยระยะก้าวเดินเขย่งที่ต่ำสุดเท่ากับ 44.00 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินเขย่งที่สูงสุดเท่ากับ 65.00 เซนติเมตร และในกลุ่มตัวอย่างเพศชายจำนวน 82 คน มีค่าเฉลี่ยระยะก้าวเดินปกติเท่ากับ 59.23 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.25 โดยระยะก้าวเดินปกติที่ต่ำสุดเท่ากับ 42.63 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินปกติที่สูงสุดเท่ากับ 74.10 เซนติเมตร และในค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินเขย่งเท่ากับ 60.69 เซนติเมตร ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.27 โดยระยะก้าวเดินเขย่งที่ต่ำสุดเท่ากับ 44.75 เซนติเมตร และระยะก้าวเดินเขย่งที่สูงสุดเท่ากับ 75.88 เซนติเมตร

5.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง และสร้างสมการพยากรณ์ประมาณความสูงจากระยะก้าวเดิน

สมมติฐานทางวิจัย

1) ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

2) ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

3) ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ

4) ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในส่วนนี้ผู้วิจัยจะนำเสนอสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 6 หัวข้อ ได้แก่ 1) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง 2) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง 3) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย 4) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง 5) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และ 6) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย แสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก ($r = 0.953$) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 90.8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ $\pm$ 2.164 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น

$$y = 110.241 + 0.978x$$

2) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

จากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง พบว่า ระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก ($r = 0.975$) และสามารถพยากรณ์ความสูง ได้ร้อยละ 95 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ $\pm$ 1.071 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น

$$y = 110.232 + 0.956x$$

3) ระยะก้าวเดินปกติในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

จากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่า ระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.948) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 89.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 2.010 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น

y = 120.856 + 0.821x

4) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง

จากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินปกติ (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.880) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 77.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ เท่ากับ ± 3.392 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น

y = 114.738 + 0.880x

5) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง

จากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง พบว่า ระยะก้าวเขย่ง (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.811) และสามารถพยากรณ์ความสูง ได้ร้อยละ 65.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 2.814 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น

y = 118.322 + 0.790x

6) ระยะก้าวเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย

จากการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อพยากรณ์ความสูง (เซนติเมตร) จากระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่า ระยะก้าวเดินเขย่ง (เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูง (เซนติเมตร) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.852) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 72.6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยมีความคลาดเคลื่อน

มาตรฐานในการพยากรณ์เท่ากับ ± 3.06 และสมการพยากรณ์ความสูง เมื่อทราบระยะก้าวเดิน กำหนดให้ y คือความสูง x คือระยะก้าว เป็น

$$y = 124.784 + 0.737x$$

โดยสรุปจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่า p-value น้อยกว่า 0.01 จึงยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ 1) ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 2) ระยะก้าวเดินปกติสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 3) ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ 4) ระยะก้าวเดินเขย่งสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

5.1.3 การวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง

สมมติฐานทางวิจัย ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มตัวอย่าง ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.848 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.132 ส่วนระยะก้าวเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.736 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 6.946 พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่า p-value เท่ากับ 0.000 ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.381 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.906 ส่วนระยะก้าวเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.589 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 4.876 พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่า p-value เท่ากับ 0.007 ในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.692 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.266 ส่วนระยะก้าวเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.225 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 7.251 พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่า p-value เท่ากับ 0.000 และ โดยสรุปจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ในกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่าที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ค่า p-value น้อยกว่า 0.01 จึงยอมรับสมมติฐาน H_1 นั่นคือ ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

มหาวิทยาลัยศิลปากร

5.2 อภิปรายผล

ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ 2) ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ และ 3) ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.2.1 ระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลและสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินปกติในกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.953) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 90.8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.975) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 95 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูงมาก (r = 0.948) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 89.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ระยะก้าวเดินปกติมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ เป็นเพราะว่า ร่างกายมนุษย์จะมีความสมมาตรและอัตราส่วนที่สอดคล้องกันในร่างกาย เพื่อให้เกิดความสมดุลและเคลื่อนไหวได้ดี ตัวอย่างเช่น เมื่อกางแขนออกและวัดระยะจากปลายมือข้างหนึ่งไปอีกมือหนึ่ง จะเท่ากับความสูงของบุคคล เป็นต้น โดยระยะก้าวเดินที่ได้ มาจากความยาวกระดูกขา (Femur) รวมกับกระดูกหน้าแข้ง (tibia) ซึ่งมีความสัมพันธ์และเป็นสัดส่วนของความสูง โดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของร่างกาย ดังนั้น ผู้ที่มีความสูงมากก็จะก้าวเดินได้ระยะที่ยาวกว่าผู้ที่มีความสูงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ดวงภรณ์ แดงจีน (2554) และ ปารณัท วิทยรุ่งโรจน์ (2562) ที่ทำการศึกษาความสูงจากระยะก้าวขณะเดินในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่า ความยาวของระยะการก้าวเดินมีความสัมพันธ์กับความสูง สามารถสร้างสมการพยากรณ์ความสูงได้ เช่นเดียวกับการศึกษาของ พิมพ์ณิศาภรณ์ นามมุงคุณ (2563) และ อรทัย เขียวพุ่ม (2563) ที่ทำการศึกษาความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินในกลุ่มตัวอย่างเพศชายและเพศหญิง พบว่า มีความสัมพันธ์ระหว่างระยะก้าวและความสูงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถสร้างสมการพยากรณ์ความสูงได้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยต่างประเทศของ Ugochukwu (2021) ที่ทำการศึกษาความสูงจากระยะก้าวเดินและรยางค์ส่วนล่างของชนกลุ่ม efiks ในอาสาสมัคร 300 คน เพศหญิงและเพศชาย 150 คน และพบว่า ความยาวก้าวและความยาวขาส่วนล่างมีความสัมพันธ์กับส่วนสูงและสร้างสมการพยากรณ์ความสูงได้ จึงสรุปได้ว่า ระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินปกติ มีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้

5.2.2 ระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินเขย่ง มีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคลและสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินเขย่งในกลุ่มตัวอย่าง พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.880) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 77.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.811) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 65.7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง (r = 0.852) และสามารถพยากรณ์ความสูงได้ร้อยละ 72.6 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ เป็นเพราะว่า การเดินในลักษณะของเดินเขย่ง เป็นการเดินในลักษณะที่เดินโดยใช้นิ้วเท้าและยกส้นเท้าขึ้นไม่ให้แตะพื้น ใช้ส่วนของนิ้วเท้าเป็นจุดลงน้ำหนัก ทำให้มีความยาวของขาที่ใช้ในการก้าวเพิ่มขึ้น และมีจุดศูนย์ถ่วงเปลี่ยนแปลงไป (Matjačić et al., 2006) ใช้กำลังกล้ามเนื้อมากขึ้น มุมองศาการเคลื่อนไหวของเข่าและข้อเท้ามากขึ้น พบว่ากล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius - soleus) และกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้า (plantar flexor) ทำงานหนักในท่าเหยียดเท้า (plantar flexion) ในระยะ stand phase และเพิ่มขึ้นในระยะ midstance และที่เข่ามีการเหยียด (extension) เพิ่มขึ้น และมีการหมุนเข้าด้านใน (internal rotation) เล็กน้อย (Perry et al., 2003) ซึ่งต้องใช้ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น และมีความมั่นคงน้อย ซึ่งการเดินเขย่งเป็นการประสานงานซึ่งกันและกันระหว่างกล้ามเนื้อต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นหนึ่งในรูปแบบการเดินและการเคลื่อนไหวร่างกาย เช่นเดียวกับการเดินปกติ โดยพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาของร่างกาย ดังนั้น ผู้ที่มีความสูงมากก็จะก้าวเดินแบบเขย่งได้ระยะที่ยาวกว่าผู้ที่มีความสูงน้อย จึงสามารถนำมาใช้พยากรณ์ความสูงได้ แต่ระยะในการก้าวเดินเขย่งมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล ขึ้นอยู่กับเพศ อายุ การทรงท่า และความแข็งแรงทนทานของกล้ามเนื้อ ทำให้เมื่อนำไปพยากรณ์ความสูงมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง แต่ค่าความแม่นยำในการพยากรณ์ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการก้าวเดินปกติ จึงสรุปได้ว่า ระยะก้าวเดินในลักษณะของการเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสามารถใช้พยากรณ์ความสูงของบุคคลได้

5.2.3 ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญ

จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า ในกลุ่มตัวอย่าง การก้าวเดินแบบเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.736 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.946 การก้าวเดินแบบเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 56.848 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.132 ค่าเฉลี่ยของความต่างเท่ากับ -1.112 ในกลุ่มตัวอย่างเพศหญิง การก้าวเดินแบบเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 52.589 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.876 การก้าวเดินแบบเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.381 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.906 ค่าเฉลี่ยของความต่างเท่ากับ -0.792 และในกลุ่มตัวอย่างเพศชาย การก้าวเดินแบบเดินปกติมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 59.225 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.251 การก้าวเดินแบบเขย่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.692 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.266 ค่าเฉลี่ยของความต่างเท่ากับ -1.466 แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มตัวอย่างเพศหญิง และกลุ่มตัวอย่างเพศชาย ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 เป็นเพราะว่า การเดินในลักษณะของเดินเขย่งเป็นการเดินด้วยนิ้วเท้าซึ่งจะต้องยกส้นเท้าขึ้น ทำให้ความยาวของขาที่ใช้ในการก้าวเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระยะก้าวที่ได้เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับความยาวปกติ และนอกจากนี้การเดินเขย่งจะมีผลทำให้มีจุดศูนย์ถ่วงเปลี่ยนแปลงไป ต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อน่อง (gastrocnemius - soleus) และกล้ามเนื้อเหยียดปลายเท้า (plantar flexor) มากขึ้นจากการเดินปกติ (Matjačić et al., 2006) ทำให้มีการเกร็งและก้าวขามากขึ้นในการเดิน และเมื่อพิจารณาการวิเคราะห์การเดินและวงจรการเดิน (gait analysis and gait cycle) พบว่า ในช่วงระยะที่ขาวางอยู่บนพื้น (stance phase) ระยะที่ส้นเท้าแตะพื้น (heel strike) และระยะที่ฝ่าเท้าอยู่กับพื้น (foot flat) หายไป โดยใช้นิ้วเท้าเป็นส่วนที่แตะพื้นและลงน้ำหนักแทนการเดินปกติที่ใช้ส้นเท้าและฝ่าเท้า เหลือเพียงระยะน้ำหนักตัวลงที่เท้า (mid stance) และระยะที่นิ้วเท้ายกจากพื้น (toe off) ที่เข่ามีการเหยียด (extension) เพิ่มขึ้น และมีการหมุนเข้าด้านใน (internal rotation) เล็กน้อย (Perry et al., 2003) จากปัจจัยดังกล่าว สรีรวิทยาของร่างกาย ได้แก่ เข่าที่เหยียดมากขึ้น และกล้ามเนื้อเหยียดขาที่มากขึ้น ส่งผลให้ความยาวของขามากขึ้น ทำให้ระยะก้าวเดินเขย่งมีระยะมากขึ้นและแตกต่างเมื่อเทียบกับการเดินปกติ จึงสรุปได้ว่าระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

ผู้วิจัยขอนำเสนอจำแนกออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และ 2) ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) ด้านการตรวจพิสูจน์หลักฐาน เป็นอีกหนึ่งแนวทางให้ผู้ตรวจพิสูจน์นำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสถานที่เกิดเหตุ โดยพิจารณาจากรอยระยะก้าวเดินเพื่อดูประเภทของลักษณะการเดิน และเลือกใช้สมการพยากรณ์ความสูงได้ถูกต้องมากขึ้น โดยจากผลการวิจัยที่พบว่า ระยะก้าวเดินปกติและระยะก้าวเดินเขย่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และระยะก้าวเดินแบบปกติและระยะก้าวเดินเขย่งมีความสัมพันธ์กับความสูงของบุคคล และสร้างสมการพยากรณ์ความสูงของบุคคลได้ เพื่อให้สามารถพยากรณ์ความสูงของผู้ต้องสงสัยหรือผู้กระทำผิดได้ และนำไปสู่การจับกุม เพื่อความเรียบร้อยสงบสุขของประเทศต่อไป

2) ด้านการแพทย์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การเดินและการลงน้ำหนัก ในกรณีที่พบบุคคลที่เดินในลักษณะของการเดินเขย่ง เพื่อหาความผิดปกติของร่างกาย หรือสาเหตุของอาการบาดเจ็บที่ส่งผลต่อการเดินได้ โดยจากผลการวิจัยที่พบว่า ระยะก้าวเดินเขย่งมีค่าเฉลี่ยมากกว่าระยะก้าวเดินปกติอย่างมีนัยสำคัญ

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1) ด้านประเด็นด้านการศึกษา

1.1) งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง จึงควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับระยะก้าวเดินในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับการก่ออาชญากรรมมากขึ้น เช่น การเดินเร็ว การวิ่ง การเดินย่อง เป็นต้น

1.2) ควรมีการศึกษาในเรื่องของปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อระยะก้าวเดินเพิ่มเติม เช่น ความยาวกระดูกขาทั้ง 2 ข้าง ความกว้างและความยาวของกระดูกเท้า เป็นต้น เพื่อนำมาประกอบการศึกษาเพิ่มขึ้น

2) ด้านระเบียบวิธีวิจัย เครื่องมือการวิจัย

ควรมีการดำเนินการวิจัยโดยใช้เครื่องมือการวิจัยอื่น เช่น เครื่องวิเคราะห์การเคลื่อนไหว (gait motion analysis) เครื่องวิเคราะห์การเดินเซบริส วินเอฟดีเอ็ม (Zebris WinFDM) หรือมาตรวัดที่มีค่าความละเอียดมากขึ้น เพื่อให้ได้ค่าระยะก้าวที่มีความแม่นยำ ลดความคลาดเคลื่อน และได้ค่าวิเคราะห์ปัจจัยอื่น เช่น การลงน้ำหนักของเท้า ความกว้างของระยะก้าวเดิน ฯลฯ มาประกอบในการศึกษาเพิ่มขึ้น

รายการอ้างอิง

Broeders, A. and Petrus, A. (2012). *Principles Of Forensic Identification Science*: Willan.

Card, R. K. and Bordoni, B. (2019). Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Foot Muscles.

Dawe, E. J. and Davis, J. (2011). Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. *Orthopaedics and Trauma, 25*(4), 279-286.

Dennis E Hinkle. (1998). Applied Statistics for the Behavior Sciences. *New York: Houghton Mifflin.*

Jasuja, O. P., et al. (1997). Estimation Of Stature From Stride Length While Walking Fast *Forensic science international, 86*(3), 181-186.

Kirtley, C. (2006). *Clinical gait analysis: theory and practice*: Elsevier Health Sciences.

Lee, H. C., et al. (2001). *Henry Lee's crime scene handbook*: Academic Press.

Martinez, K. (2020). Measuring height at home. Retrieved from https://www.medicalnewstoday.com/articles/how-to-measure-height

Matjačić, Z., et al. (2006). Biomechanical characterization and clinical implications of artificially induced toe-walking: differences between pure soleus, pure gastrocnemius and combination of soleus and gastrocnemius contractures. *Journal of Biomechanics, 39*(2), 255-266.

Mukhra, R., et al. (2020). Comparative Analysis of Static and Dynamic Bare Footprint Dimensions in a North Indian Population. *Forensic science international, 308*, 110169.

Pangsorn, A. (2018). Identification. Retrieved from http://med.swu.ac.th/forensic/images/AP_identification(new)%201_60.pdf

Perry, J., et al. (2003). Toe walking: muscular demands at the ankle and knee. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 84*(1), 7-16.

Ramakant Khazania. (1996). *Statistics in a World of Applications*. New York, USA: HarperCollins College Publisher.

Richa Mukhra, K. K., Tanuj Kanchan,. (2018). Bare footprint metric analysis methods for comparison and identification in forensic examinations: A review of literature. *Journal of Forensic and Legal Medicine, 58*, 101-112.

Singh, B., et al. (2018). Estimation of body weight from the base of gait and the area

swept in one stride—forensic implications. *Egyptian Journal of Forensic Sciences, 8*(1), 1-7.

Sorumlu Yazae. (2019). Height estimation from the step length at different walking speed. *antropoloji*, 31-36.

Ugochukwu, E. G., et al. (2021). Estimation of stature from stride length and lower limb length of efiks in calabar South, Cross River State, South-South Nigeria. *Journal of The Anatomical Society of India, 70*(4), 216.

เพียรชอบ วรศักดิ์. (2558). การเคลื่อนไหวเบื้องต้น. สารานุกรมศึกษาศาสตร์*, 31*.

ชำนิ คนไว. (2560). ปัญหาอาชญากรรมในสังคม. วารสารวิชาการแสงอีสาน*, 14*(2), 28-41.

ดวงภรณ์ แดงจีน. (2554). การประมาณความสูงจากความยาวของการก้าวขณะเดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร,

ปารณัท วิทยรุ่งโรจน์. (2562). ความสัมพันธ์ของความสูงจากระยะก้าวขณะเดินสำหรับโปรแกรมวินเอฟดีเอ็ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชฏัฏสวนสุนันทา,

พิมพ์ณิศาภรณ์ นามมุงคุณ. (2563). การประมาณความสูงของบุคคลจากความยาวของการก้าวเดินปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนายร้อยตำรวจ,

สฤษดิ์ สืบพงษ์ศิริ. (2559). วัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา 510690 ภาควิชานิติวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อรทัย เขียวพุ่ม. (2563). การคาดคะเนความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดิน. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก, 13(1), 30-37.

อุไรวรรณ ชัชวาลย์. (2544). กายภาพบำบัดในผู้ป่วยข้อเท้าแพลง. วารสารเทคนิคการแพทย์และกายภาพบำบัด*, 13*.

ภาคผนวก

ที่ อว๐๖๕๑.๓๐๓(๕)/๐๐๔๔

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
๔๓ หมู่ ๖ ต.บางพระ อ.ศรีราชา
จ. ชลบุรี ๒๐๑๑๐

๙ พฤษภาคม ๒๕๖๕

เรื่อง ตอบรับผลงานวิจัยเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

เรียน คุณปุณยพร ตระกูลศีลธรรม และ คุณนพรุจ ศักดิ์ศิริ

ตามที่ท่านได้เสนอผลงานวิจัยเรื่อง **การพยากรณ์ความสูงของบุคคลจากระยะก้าวเดินปกติและเดินเขย่ง** นั้น บัดนี้ทางบรรณาธิการได้พิจารณาผลงานวิจัยของท่านแล้ว เห็นว่ามีความเหมาะสมที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ซึ่งทางวารสารฯ จะได้ดำเนินการตามขั้นตอนกระบวนการของวารสารฯ และจะแจ้งให้ท่านได้รับทราบต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อทราบและขอขอบคุณที่ได้อนุญาตให้เผยแพร่ผลงานวิจัยดังกล่าวในวารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ พรสุริยา)
บรรณาธิการวารสารวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ปุณยพร ตระกูลศีลธรรม
วัน เดือน ปี เกิด	9 กุมภาพันธ์ 2538
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี คณะกายภาพบำบัด มหาวิทยาลัยมหิดล
ที่อยู่ปัจจุบัน	91/1 อิสรภาพ29 ถนน อิสรภาพ แขวง วัดท่าพระ เขต บางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600