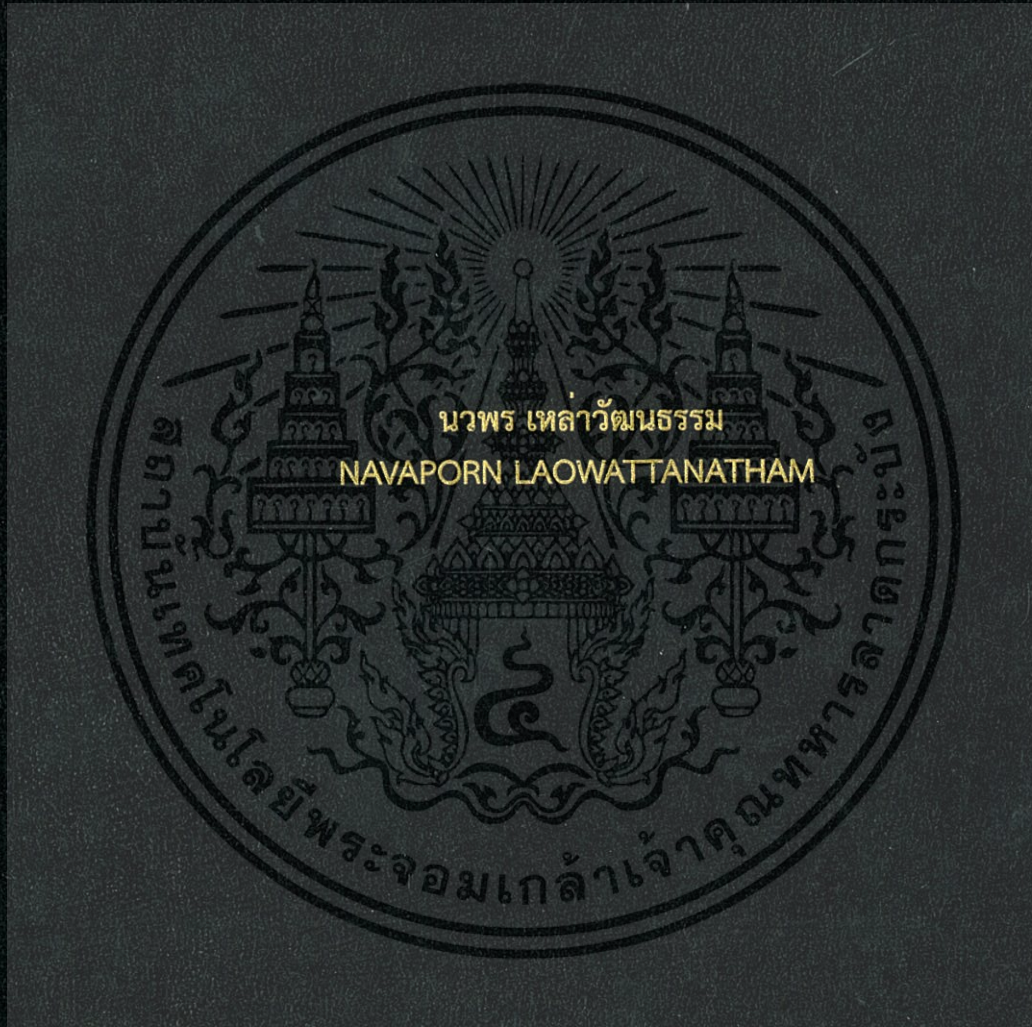


การพัฒนาเครื่องโพลีโอดสโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของ
โครงสร้างฝ่าเท้า

DEVELOPMENT OF SMART DIGITAL PODOSCOPE FOR FOOT
DEFORMITY ASSESSMENT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2560

KMITL-2017-EN-M-045-024

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาเครื่องโพดอสโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของ
โครงสร้างฝ่าเท้า

DEVELOPMENT OF SMART DIGITAL PODOSCOPE FOR FOOT
DEFORMITY ASSESSMENT



T148773



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **148773**
ในเดือนปี **23 มี.ย. 2560**

b. 002669801
l.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560

KMITL-2017-EN-M-045-024

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF SMART DIGITAL PODOSCOPE FOR FOOT
DEFORMITY ASSESSMENT



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN BIOMEDICAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2017-EN-M-045-024



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาสร้างเครื่องโพโดสโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า
Thesis Title Development of Smart Digital Podoscope for Foot Deformity Assessment
นักศึกษา นายนพร เหล่าวัฒนธรรม
รหัสประจำตัว 56601195
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2017-EN-M-045-024

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
นพ.เชิดพงศ์	หังสสุต	
รศ.ดร.ชูชาติ	ปิณฑวิรุจน์	
รศ.ดร.สุรพันธ์	เอื้อไพบูลย์	
ดร.สุรเดช	ตรีไตรลักษณ์	
ผศ.ดร.กิตติพล	ชิตสกุล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 9 พฤษภาคม พ.ศ. 2560 เวลา 10.00-12.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มีอายุการใช้งานจำกัดโดยขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาสร้างเครื่องโพลีโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า
นักศึกษา	นายนวพร เหล่าวัฒนธรรม
รหัสนักศึกษา	56601195
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการพัฒนารูปแบบสร้างเครื่องโพลีโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วย เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองและจำแนกเบื้องต้นสำหรับผู้ที่มีความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ว่ามีสถานะเสี่ยงเป็นโรคเท้าประเภทใด เช่น โรคเท้าแบน โรคเท้าโก่ง และโรคเท้างอ ตลอดจนโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วยที่ผิดปกติไป เป็นต้น โดยได้ออกแบบและพัฒนาสร้างเครื่องสำหรับเก็บรูปฝ่าเท้าทั้งสองข้างของผู้ป่วยในขณะที่ยืนตรงอยู่กับที่ โดยใช้เครื่องสแกนเนอร์ เก็บบันทึกภาพพิมพ์ฝ่าเท้า และมีซอฟต์แวร์ควบคุมและประมวลผลภาพพิมพ์ฝ่าเท้า พร้อมประมวลผลความเสี่ยงเป็นโรคเท้าจากดัชนีฝ่าเท้าในแบบกำหนดเอง และแบบกำหนดอัตโนมัติ แสดงผลเป็นรูปภาพและอัตราความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเท้า ทำให้แพทย์สามารถประยุกต์ใช้งานตรวจสอบสุขภาพเท้าของผู้ป่วยและสื่อสารทำความเข้าใจถึงอาการผิดปกติของผู้ป่วยได้อย่างชัดเจน เพื่อนำไปสู่การประเมินและวิเคราะห์ถึงความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเท้า แล้วป้องกันหรือรักษา ด้วยการทำแผ่นรองเท้าที่มีการกระจายน้ำหนักแรงกดที่เหมาะสมแก่ผู้ป่วย

จากการทดสอบใช้งานกับกลุ่มผู้สนใจตรวจสอบสุขภาพเท้าพบว่าระบบสามารถตรวจสอบและคัดกรองอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ผลสอดคล้องกับการวินิจฉัยสถานะเสี่ยงที่จะเกิดโรคเท้าจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ อีกทั้งเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นจากสแกนเนอร์ถ่ายเอกสารทั่วไป ทำให้มีต้นทุนในการสร้างที่ราคาไม่แพงนัก สามารถพัฒนาต่อยอดให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานเป็นเครื่องมือทางการแพทย์ได้จริง

Thesis Title	Development of Smart Digital Podoscope for Foot Deformity Assessment
Student	Mr. Navaporn Laowattanatham
Student ID.	56601195
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2017
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr. Kitiphol Chitsakul

ABSTRACT

In this thesis, a smart digital podoscope has been designed and implemented for foot-sole deformity assessment. This equipment has been playing an important role in filtrating and basically identifying each foot-sole deformities, which lead to pain and traumatic disorders of feet and legs, for example flat feet, foot deflection, foot bend, and others. To assess risk condition of each foot sole deformities, first, a commercialized optical scanner has scanned upstanding patient's feet and snapped his foot-print image, which is widely called podogram. Then, the obtained podogram has been assessed and color-mapped for identifying types of foot pain or disorder with self- or automatically-determined foot-indices by a processing software. Finally, the assessed podogram and feet pain or disorder risk level have been simultaneously displayed on a screen display. The obtained results could facilitate to podiatrist in case of foot-health check up and clearly explaining to patients about the disorder indication which led to risk level of each foot diseases. Moreover, the results from the podoscope have been also used to produce the personalized insoles, which can distribute and reduce the pressure to patient's feet. This equipment has been tested with participants, who took care about foot health or were diagnosed with foot abnormality by podiatrists. The testing results have showed that the equipment could efficiently filtrate types of feet abnormality and basically identify risk level of foot diseases, and displayed results that accord with diagnosing result of experienced podiatrists. Because of using optical scanner from commercial photocopier as a component, so a cost of this podoscope could be significantly reduced. And low-cost podoscope has been certainly achieved.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างดีด้วยคำปรึกษา และชี้แนะแนวทางที่ถูกต้องจาก ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้า อีกทั้งข้าพเจ้ายังคงสำนึกถึงความเมตตา กรุณาจากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. สุรเดช ตรีไตรลักษณะ หัวหน้าห้องปฏิบัติการวัดและประมวลผล ทางชีวการแพทย์ (Biomedical Measurement and Computation Laboratory) ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ และสนับสนุนสถานที่ ในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพ ที่ใช้ในงานวิจัย ตลอดจนคณาจารย์วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และ วิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกๆท่าน ที่คอยให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และแนะนำแนวทางการทำงานวิจัย ตลอดจน การเขียนวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้โดยสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ นพ.เชิดพงศ์ หังสสุต ผู้อำนวยการศูนย์คลินิกสุขภาพเท้ากรุงเทพ โรงพยาบาลกรุงเทพ อาจารย์แพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เวชศาสตร์ฟื้นฟู โรคเท้า ที่ได้คอยให้คำแนะนำ คำปรึกษา สนับสนุนการสร้างและการนำเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ไปเป็นประโยชน์ในการใช้ งานตรวจคัดกรองโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติของผู้ป่วย

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ศิวกร สุขประเสริฐชัย อาจารย์คณะพาณิชยศาสตร์บริหารวินาชาติ มหาวิทาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ที่ได้ให้การแนะนำ และคำปรึกษาในการสร้างซอฟต์แวร์ควบคุมการเก็บบันทึกและประมวลผลภาพ ที่ใช้งานในการพัฒนางานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่ช่วยให้คำแนะนำ ตลอดจนเป็นห่วงเป็นใย และให้กำลังใจในการทำงานวิจัย

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ มารดา บิดา ครอบครัวของข้าพเจ้า และทุกคนที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่คอยดูแลเป็นกำลังใจ ชี้แนะแนวทางในการดำเนินชีวิต สนับสนุนให้ข้าพเจ้าสามารถ ทำงานวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ปราศจากปัญหาอุปสรรคใดๆทั้งสิ้น

องค์ความรู้ และประโยชน์ที่ได้จากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแต่สาธารณชนทุก ท่าน

นวพร เหล่าวัฒนธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานในการทำวิจัย.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.5 โครงสร้างรายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โครงสร้างทางกายวิภาคของเท้า.....	5
2.2 ความผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้า.....	14
2.3 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	29
บทที่ 3 ระบบเก็บบันทึกและการประมวลผลภาพ	
3.1 ระบบสแกนเนอร์.....	44
3.2 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่เก็บบันทึกภาพ.....	46
3.3 ซอฟต์แวร์การเก็บบันทึกภาพและวิเคราะห์ผล.....	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 วิธีดำเนินการวิจัย	
4.1 การทดสอบระบบสแกนเก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า.....	58
4.2 การสอบเทียบการวัดขนาดภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า.....	60
4.3 การทดสอบกระบวนการตัดแสงรบกวนของสิ่งแวดล้อมภายนอก.....	69
4.4 การทดสอบหาโครงสร้างฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง.....	72
4.5 การทดสอบวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง...	74
4.6 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเบื้องต้น.....	75
บทที่ 5 การทดสอบทางคลินิก	
5.1 กระบวนการทดสอบกับคลินิกสุขภาพเท้า.....	77
5.2 ผลการทดสอบทางคลินิกที่มีผลเปรียบเทียบข้อมูลการตรวจวัดเบื้องต้น.....	81
5.3 การเปรียบเทียบการตรวจสอบจากแพทย์และเครื่อง Smart Digital Podoscope	90
5.4 สรุปผลการทดสอบใช้งานกับคลินิกสุขภาพเท้า.....	102
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
6.1 บทสรุปผลการวิจัย.....	104
6.2 การวิจารณ์ ปัญหา และข้อเสนอแนะ.....	106
เอกสารอ้างอิง.....	109
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก การใช้งานเครื่อง Smart Digital Podoscape เพื่อตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า.....	113
ภาคผนวก ข การใช้งานซอฟต์แวร์ FootCareV1.2เพื่อบันทึกวิเคราะห์และแสดงผล	116
ภาคผนวก ค หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย.....	119
ภาคผนวก ง ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	120
ภาคผนวก จ ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่สู่สาธารณชน.....	130
ประวัติผู้เขียน.....	138

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องสแกนเนอร์ Epson รุ่น V33.....	45
3.2 แสดงรายละเอียดการปรับสวิตช์ขาMS1-MS3 เพื่อตั้งค่าความละเอียดในการขับ สตีปเปอร์มอเตอร์.....	48
4.1 แสดงคุณสมบัติของภาพพิมพ์โครงสร้างผ้าเท้าที่เก็บบันทึก.....	60
4.2 แสดงผลข้อมูลการสอบเทียบจำนวนพิกเซลของรูปภาพกับขนาดความยาวจริงในหน่วย มิลลิเมตร.....	67
4.3 แสดงผลข้อมูลการทดลองปรับระดับเทรตโฮล์เพื่อแยกภาพส่วนที่สนใจกับภาพ สิ่งแวดล้อม.....	71
5.1 แสดงผลการวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีผ้าเท้าโดยอุปกรณ์ Harris Mat.....	83
5.2 แสดงผลการวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีผ้าเท้าโดยเครื่อง Smart Digital Podoscope ..	86
5.3 แสดงผลวิเคราะห์ค่าดัชนีผ้าเท้าจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ Smart Digital Podoscope ในโหมด Manual.....	90
5.4 แสดงผลวิเคราะห์ค่าดัชนีผ้าเท้าจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ Smart Digital Podoscope ในโหมด Auto.....	92
5.5 แสดงผลค่าผลต่างของดัชนีผ้าเท้าที่เปรียบเทียบจากอุปกรณ์ Harris Mat กับการวัด ด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดManual และAuto.....	94
5.6 แสดงผลการวัดดัชนีผ้าเท้าซ้ำจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดManual	96
5.7 แสดงผลการวัดดัชนีผ้าเท้าซ้ำจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดAuto.	98

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างทางกายวิภาคของเท้า.....	5
2.2 กระดูกและข้อต่อเท้าแต่ละส่วน ที่ประกบกันกลายเป็นโครงสร้างเท้า.....	6
2.3 การเคลื่อนไหวเท้าในรูปแบบ Inversion และ Eversion.....	7
2.4 โครงสร้างทางกายวิภาคของข้อเท้า ในส่วนที่เป็นกระดูกและเส้นเอ็น.....	8
2.5 Keystone ที่จุดปลายกระดูก.....	8
2.6 ลักษณะของเส้นเอ็นที่ช่วยยึดและคั่นระหว่างกระดูก.....	9
2.7 ลักษณะของเอ็นกล้ามเนื้อที่ช่วยยึดฐานกระดูก.....	9
2.8 กล้ามเนื้อเพอโรเนียส ลองกัสที่ช่วยดึงกระดูกให้เกิดส่วนโค้ง.....	9
2.9 ลักษณะส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวาง กับ ตามแนวยาว ด้านในและด้านนอกเท้า.....	10
2.10 แสดงการจัดแบ่งขอบเขตแต่ละส่วนของโครงสร้างฝ่าเท้า.....	12
2.11 แสดงช่วงวงจรการเดินของมนุษย์.....	14
2.12 ข้อกระดูกที่เกิดอาการอักเสบ (ช้ำ) และ ภาพถ่ายรังสี (ขวา)แสดงโครงสร้างกระดูกที่ เอียงผิดปกติของผู้ป่วยเป็นโรคนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดปกติ.....	15
2.13 แสดงถึงช่วงอาการอักเสบของข้อกระดูกนิ้วหัวแม่เท้า ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงร้ายแรง..	15
2.14 อุปกรณ์เฝือกอ่อนช่วยบังคับให้ถ่างนิ้วหัวแม่เท้าออกจากนิ้วชี้.....	16
2.15 กระดูกนิ้วก้อยเท้าที่อักเสบและบวมบุดออกมา.....	17
2.16 ภาพถ่ายรังสีที่แสดงโครงสร้างกระดูกที่เอียงผิดปกติ ทั้งส่วนนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วก้อยของ ผู้ป่วย.....	18
2.17 อุปกรณ์เฝือกอ่อนช่วยบังคับให้รั้งนิ้วก้อยเท้าออกห่างนิ้วเท้าอื่น.....	18
2.18 เท้าของผู้ป่วยเท้าแบน ที่อุ้งเท้ามีลักษณะแบนราบ.....	19
2.19 โครงสร้างของกระดูกเท้าบิดตัวเข้า ในขณะที่ยืนเป็นผลทำให้เกิดสภาวะเท้าแบน.....	20
2.20 แผ่นรองเท้า(insole) ที่ช่วยกระจายแรงกดได้ฝ่าเท้าและพยุงให้เกิดอุ้งเท้า.....	20
2.21 เท้าของผู้ป่วยที่โก่งตัวขึ้นและปลายนิ้วเท้าจิกงุ้มลง.....	21
2.22 ภาพฉายรังสี แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างกระดูกเท้าที่โก่งตัวขึ้นตัวขึ้นผิดปกติ.....	22
2.23 แผ่นรองเท้าที่รองรับการกระจายน้ำหนักที่สันเท้า เท้าส่วนกลางและปลายนิ้วเท้า.....	22
2.24 กล้ามเนื้อ และเอ็นร้อยหวาย ที่ผิดปกติทำให้เกิดอาการเท้าเขย่ง.....	23
2.25 การใส่โครงเหล็กเพื่อปรับและจัดโครงสร้างกระดูกในผู้ป่วยที่เป็นเด็ก.....	24
2.26 การใส่รองเท้าเฉพาะที่มีลักษณะเป็นเฝือกเพื่อปรับลักษณะการเดินและลงน้ำหนักเท้า	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 วิธีการวิเคราะห์หัตถ์ดัชนีฝ่าเท้า (a) Clarke's angle , (b) Chippaux-Smirak index และ (c) Staheli arch index.....	26
2.28 อุปกรณ์ Harris Mat ที่ใช้ตรวจวัดแรงกดและโครงสร้างฝ่าเท้า.....	27
2.29 ประเภทของเครื่องโพโตสโคป (ก) สะท้อนกระจกเงาด้านล่าง (ข) สะท้อนกระจกเงาแล้วใช้ กล้องบันทึกภาพ (ค) ใช้ CCD Matrix camera หรือเครื่องสแกนเนอร์เก็บบันทึกภาพที่ด้านล่าง.....	27
2.30 กระบวนการเก็บภาพพิมพ์ฝ่าเท้า และเปรียบเทียบระดับแรงกดใต้ฝ่าเท้าเป็นเฉดสี	28
2.31 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Arch angle.....	29
2.32 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Chippaux-Smirak index.....	30
2.33 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Staheli arch index.....	31
2.34 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Arch length index.....	32
2.35 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Arch index.....	33
2.36 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Footprint index.....	34
2.37 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Truncated arch index.....	35
2.38 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Ratio foot index.....	36
2.39 ภาพที่มีการไล่ระดับความเข้มเทา.....	37
2.40 พิกเซลของภาพที่มีการแบ่งระดับความเข้ม และองค์ประกอบของแม่สีทั้ง 3.....	38
2.41 แสดงตัวอย่างภาพไปนารี.....	38
2.42 แสดงตำแหน่งของพิกเซลในภาพที่บ่งบอกถึงค่าอัตราส่วนของแสงแม่สีทั้ง 3.....	39
2.43 ตัวอย่างภาพถ่ายเอกซเรย์กระดูกที่แปลงเป็นภาพระดับเฉดสีเทียม.....	40
2.44 แสดงชนิดของการเปรียบเทียบเฉดสีของภาพระดับเทา.....	40
2.45 รูปถ่ายภาคตัดขวางของสมองแบบต้นฉบับและแบบตัดระดับเทรตโฮลด์.....	41
2.46 รูปกราฟแสดงการตัดระดับเทรตโฮลด์แบบค่ามากกว่าศูนย์ของพิกเซลภาพใดๆ.....	42
2.47 ภาพข้อมูลพิกเซลที่เรียงตัวติดกันเกิดเป็นเส้นขอบต่อเนื่อง.....	42
2.48 แสดงเส้นกรอบของวัตถุ เป็นสีดำ เส้นกรอบด้านนอกเป็นสีฟ้าและพื้นที่ความเว้าจากเส้นกรอบเป็นสีเขียว.....	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1 หลักการเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์.....	44
3.2 แสดงลักษณะของเครื่องสแกนเนอร์ Epson รุ่น V33.....	46
3.3 โครงสร้างและระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องสแกนเนอร์.....	46
3.4 ภาพรวมของระบบควบคุมการเคลื่อนที่เก็บบันทึกภาพ.....	47
3.5 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์.....	47
3.6 วงจรสมบูร์ณของโมดูล Stepstick A4988.....	49
3.7 (ซ้าย)แผงวงจรโมดูล Stepstick A4988 และ (ขวา) รายละเอียดการเชื่อมต่อขาต่างๆ	49
3.8 ข้อต่อที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์กับโครงสร้างของเครื่อง	50
3.9 สวิตช์ตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่ของชุดเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้า.....	50
3.10 แสดงวงจรระบบประมวลผลและควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์.....	51
3.11 แผนผังการทำงานการควบคุมการเลื่อนของชุดเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้าทั้งสองข้าง....	53
3.12 ซอฟต์แวร์ Footcare V.12 ที่ใช้เก็บบันทึก ประมวลผล และวิเคราะห์ภาพโครงสร้าง ฝ่าเท้า.....	54
3.13 การประมาณวัดความกว้างและยาวของโครงสร้างฝ่าเท้าด้วยซอฟต์แวร์ Footcare V.12.....	55
3.14 แผนผังการทำงานของระบบประมวลผลและวิเคราะห์ภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า แบบกำหนดเอง.....	56
3.15 แผนผังการทำงานของระบบประมวลผลและวิเคราะห์ภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า แบบอัตโนมัติ.....	57
4.1 ทดสอบเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้ากับผู้ที่สนใจที่งาน LifeScienceGarden	58
4.2 การเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้าง.โดยสแกนจากซอฟต์แวร์ FootCare V1.2.....	59
4.3 การเปิดใช้งานซอฟต์แวร์ NI Vision Builder for Automated Inspection.....	61
4.4 การตั้งแหล่งที่อยู่ของรูปภาพที่จะใช้งานในการสอบเทียบขนาด.....	61
4.5 การเข้าแถบเมนู Inspection Steps : Enhance Images.....	62
4.6 การสร้างโปรไฟล์ที่จะใช้สอบเทียบรูปภาพ.....	62
4.7 การตั้งค่าชื่อและข้อมูลทั่วไปของการสอบเทียบขนาดรูปภาพ.....	63
4.8 การตั้งค่าเลือกประเภทของการสอบเทียบขนาดรูปภาพ.....	63
4.9 การเลือกรูปภาพที่ต้องการจะสอบเทียบขนาด.....	64

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.10 การกำหนดจุดตำแหน่งพิกเซลบนรูปภาพเพื่อใช้ในการตั้งค่าสอบเทียบระยะจริง.....	64
4.11 การกำหนดการชดเชยอาการบิดเบือนของรูปภาพจากเลนส์กล้อง.....	65
4.12 การกำหนดตำแหน่งแกนที่ใช้อ้างอิงระยะที่สอบเทียบขนาด.....	65
4.13 รายละเอียดของการสอบเทียบขนาดจริงของวัตถุ.....	66
4.14 โปรไฟล์ของการสอบเทียบรูปภาพที่จะใช้งาน.....	66
4.15 กราฟแสดงผลการสอบเทียบจำนวนพิกเซลของรูปภาพกับขนาดความยาวจริงในหน่วยมิลลิเมตร.....	67
4.16 ผลการทดสอบตัวอย่างการตัดระดับเทรตโฮลด์เพื่อแยกภาพผ้าเท้าที่สนใจกับภาพพื้นหลัง	70
4.17 (ก) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบที่มีภาวะเท้าโก่ง (ข) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่ไล่ระดับความเข้มเทาในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติของผู้ทดสอบที่มีภาวะเท้าโก่ง (ค) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่แสดงโทนสีในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบกำหนดเองของผู้ทดสอบที่มีภาวะเท้าโก่ง.....	72
4.18 (ก) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบที่มีสุขภาพเท้าปกติ (ข) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่ไล่ระดับความเข้มเทาในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติของผู้ทดสอบที่มีสุขภาพเท้าปกติ (ค) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่แสดงโทนสีในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบกำหนดเองของผู้ทดสอบ ที่มีสุขภาพเท้าปกติ.....	72
4.19 (ก) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบที่มีภาวะเท้าแบน (ข) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่ไล่ระดับความเข้มเทาในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติของผู้ทดสอบที่มีภาวะเท้าแบน (ค) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่แสดงโทนสีในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบกำหนดเองของผู้ทดสอบ ที่มีภาวะเท้าแบน.....	73
4.20 แสดงผลการทดสอบระบบการวิเคราะห์ดัชนีผ้าเท้าในโหมดกำหนดเอง.....	74
4.21 แสดงผลการทดสอบระบบการวิเคราะห์ดัชนีผ้าเท้าในโหมดกำหนดอัตโนมัติ....	75
5.1 แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสังเกตลักษณะการเดินและทดสอบลงน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ Harris Mat.....	77
5.2 ผู้ป่วยเดินผ่านอุปกรณ์ Harris Mat เพื่อตรวจสอบหาตำแหน่งที่ลงน้ำหนักและโครงสร้างของผ้าเท้า.....	78

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.3 แสดงภาพพิมพ์โครงสร้างของผู้ป่วยที่มีการกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้าเกิดเป็นรอยขอบ ฝ่าเท้าในขณะที่เดิน.....	79
5.4 แสดงแผ่นยางใต้อุปกรณ์ Harris Mat และการกลิ้งน้ำหมึกเพื่อความชัดเจนในการ พิมพ์รอยฝ่าเท้า.....	79
5.5 ผู้ป่วยยืนบนเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อตรวจวัดสุขภาพเท้า.....	80
5.6 ผู้ทดสอบเข้าตรวจวัดที่สถานีสุขภาพเท้า โดยจะใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด ประมาณ 3 นาที.....	81
5.7 การพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้วยอุปกรณ์ Harris Mat ในรูปแบบเท้ายืนอยู่กับที่ทั้งสองข้าง	82
5.8 แสดงวิธีการวัดค่าดัชนีฝ่าเท้า(Ratio foot index) กับเท้าทั้งสองข้าง.....	85
5.9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจาก Harris Mat กับ SDP(Manual).....	100
5.10 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจาก Harris Mat กับ SDP(Manual).....	100
5.11 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจาก Harris Mat กับ SDP(Auto).....	101
5.12 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจาก Harris Mat กับ SDP(Auto).....	101

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาความผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้ามักพบได้บ่อยในประชากรของไทย ในทุกเพศทุกวัย โดยขึ้นเกิดจากหลากหลายสาเหตุประกอบกัน อาทิเช่น การจัดเรียงตัวของโครงสร้างกระดูกที่ผิดปกติจากกรรมพันธุ์หรือ การประสบอุบัติเหตุ ตลอดจนผลจากพยาธิสภาพที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรค เช่น โรคเบาหวาน ที่อาจจะเกิดภาวะแทรกซ้อนขึ้นที่บริเวณฝ่าเท้า (การเกิดแผลกดทับ) จึงทำให้เกิดกลุ่มอาการผิดปกตินี้เกิดลุกลามไปเกิดเป็นโรคเท้า โดยจะส่งผลกระทบต่อ การดำเนินชีวิต และทำกิจวัตรประจำวันในบริบทต่างๆ เนื่องจากการกระจายน้ำหนักของร่างกายที่ถ่ายเท ลงมาสู่เท้าไปยังพื้นดิน มีการกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้าที่ไม่สม่ำเสมอ จนเกิดอาการเจ็บที่สันเท้า เอ็น ข้อเท้า ซึ่งทำให้โครงสร้างทางชีวกลศาสตร์ของกระดูก กล้ามเนื้อ และเส้นเอ็นผิดปกติไประหว่างการ เดิน

ความผิดปกติของการลงน้ำหนักที่ไม่เหมาะสมและโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติไปของผู้ป่วย เป็นข้อมูลสำคัญที่แพทย์และผู้เชี่ยวชาญทางด้านเท้าจะประเมินถึงอาการเจ็บปวดที่แสดงให้เห็นถึง สภาวะที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคเท้าได้ ซึ่งแพทย์จะใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการตรวจสอบการลงน้ำหนัก และโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติของผู้ป่วยมีด้วยกันหลายวิธี ทั้งพิจารณาด้วยตาเปล่าหรือ ใช้งาน เครื่องมือวัด อาทิเช่น อุปกรณ์ Harris Mat ใช้ตรวจสอบการลงน้ำหนักของเท้าขณะเดิน หรือ โครงสร้างฝ่าเท้าขณะยืนตรงอยู่กับที่ เครื่อง Podoscope ใช้ตรวจสอบโครงสร้างของฝ่าเท้า เครื่อง Electronic pressure sensor mats ใช้ตรวจวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้า รวมทั้งการลง น้ำหนักขณะยืนอยู่กับที่หรือเคลื่อนไหว และ X-ray ใช้ตรวจสอบโครงสร้างของกระดูกเท้าและข้อเท้า

ซึ่งสำหรับการตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ส่วนใหญ่จะตรวจสอบจากภาพ พิมพ์เท้าซึ่งถือว่าเป็นวิธีการตรวจสอบที่ง่ายและไม่ซับซ้อนมากโดยแบ่งระดับความผิดปกติของเท้า โดยวัดค่าดัชนีของเท้า เช่น Arch index , Arch angle , Length index หรือ Footprint index โดยมีแพทย์และผู้เชี่ยวชาญทำการวิจัยทดลองหาวิธีการวัดได้หลากหลายวิธี ซึ่งจะเลือกใช้งานตาม วิจารณญาณของตนเอง วิธีการวัดที่ง่ายที่สุดคือการลากเส้นไปตามจุดที่ต้องการจะวัดดัชนีฝ่าเท้าและ คำนวณค่าออกมา

เพื่อความสะดวกรวดเร็วและเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจคัดกรองความผิดปกติของ โครงสร้างฝ่าเท้า แพทย์จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่เก็บรูปพิมพ์ฝ่าเท้าแล้วประมวลผลวิเคราะห์ดัชนี ฝ่าเท้าที่บ่งบอกถึงอัตราเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคเท้าได้ ส่งผลให้สามารถวิเคราะห์แล้วรักษาได้อย่าง รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่องตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเท้าประเภทต่างๆ
2. ออกแบบ-สร้างซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์และประมวลผลดัชนีฝ่าเท้าของผู้ป่วย
3. เพื่อลดช่องว่างระหว่างแพทย์และผู้ป่วยในการเข้าถึงการตรวจวัดสุขภาพเท้า

1.3 สมมุติฐานในการทำวิจัย

การตรวจสอบปัญหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ถือว่าเป็นกระบวนการแรกที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้านเท้า จะใช้ในการคัดกรองและตรวจสอบผู้ป่วยที่มีปัญหาสุขภาพเท้าเพื่อจัดแบ่งกลุ่มประเภทของอาการผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าที่เป็นสาเหตุหนึ่งทำให้เกิดโรคเท้า ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้เครื่องมือที่ตรวจสอบถึงการลงน้ำหนักใต้ฝ่าเท้า หรือโครงสร้างฝ่าเท้า และใช้ความรู้ความเชี่ยวชาญของแพทย์วิเคราะห์ถึง อาการผิดปกติของเท้าได้

แต่ถ้าหากเราสามารถพัฒนาทำให้เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้านั้น สามารถเก็บบันทึกแล้วประมวลผลภาพพิมพ์ฝ่าเท้า พร้อมทั้งมีระบบวัดและวิเคราะห์ผลดัชนีฝ่าเท้าของผู้ป่วย ซึ่งจะช่วยทำให้แพทย์มีความสะดวกที่จะนำข้อมูลการตรวจนี้ไปประกอบการวิเคราะห์ และวินิจฉัยกลุ่มอาการเท้าที่ผิดปกติ อีกทั้งยังสามารถใช้สื่อสารทำความเข้าใจกับผู้ป่วย ให้มีความเข้าใจถึงความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าของตนเองได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาออกแบบสร้างเครื่องโพลีโดสโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วย ซึ่งทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ FootCare v1.2 ที่ได้ออกแบบและพัฒนาสร้างขึ้นโดยหลักการประมวลผลภาพแบบดิจิทัล ซึ่งมีทฤษฎี การแปลงภาพเป็นภาพระดับสีเทา (Gray scale) การหาขอบภาพ (Edge detection) การทำเทรชโฮล (Threshold) ระดับความเข้มของภาพ และ การแยกส่วนของภาพที่สนใจออกจากสิ่งแวดล้อม (Image Extraction) อีกทั้งระบบการวิเคราะห์ภาพพิมพ์ฝ่าเท้าในซอฟต์แวร์นี้ จะใช้ดัชนีฝ่าเท้าซึ่งเป็นทฤษฎีที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญใช้งานในการคัดกรองและเป็นตัวชี้วัดถึงความผิดปกติโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วย

1.5 ขอบเขตการวิจัย

สมมุติฐานและทฤษฎีในการทำงานวิจัยนี้ เป็นพื้นฐานในการพัฒนาระบบเครื่องดิจิทัล โฟโตสโคป จากเครื่องถ่ายภาพเอกสารขนาด A4 โดยออกแบบโครงสร้างของเครื่องให้รองรับการเก็บรูปฝ่าเท้าทั้งสองข้างของผู้ป่วยขณะยืนนิ่ง ซึ่งใช้ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์ FootCare v1.2 ที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อเก็บภาพพิมพ์ฝ่าเท้า ประมวลผลและวิเคราะห์ผลดัชนีฝ่าเท้าจากวิธีการที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญเลือกใช้งาน (โหมดการวิเคราะห์แบบกำหนดเอง และอัตโนมัติ) ซึ่งจะแสดงผลประเมินอัตราความเสี่ยงของโรคเท้าจากโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ

ในการทำการทดสอบใช้งานเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นกับกลุ่มผู้สนใจตรวจสอบสุขภาพเท้า ที่คลินิกสุขภาพเท้า โรงพยาบาลกรุงเทพ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มอาการผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า และกลุ่มที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าที่ปกติ โดยเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบสุขภาพเท้าด้วยวิธีการเดิมที่แพทย์ใช้งานอยู่

1.6 โครงสร้างรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

จากการผลการศึกษาและวิจัยได้เรียบเรียงรายละเอียดเป็นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งได้แบ่งเนื้อหาเป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 กล่าวนำถึงความจำเป็นและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย และขอบเขตของงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงรายละเอียดของโครงสร้างทางกายวิภาคเท้า ซึ่งประกอบด้วย องค์ประกอบของกระดูก เส้นเอ็นกล้ามเนื้อ โครงสร้างส่วนโค้งของเท้า การจัดแบ่งขอบเขตของโครงสร้างฝ่าเท้า การเคลื่อนไหวของเท้า รวมถึง กลุ่มอาการผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้า ซึ่งตรวจสอบได้จากการใช้เครื่องมือการตรวจวัดความผิดปกติของเท้า นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

บทที่ 3 นำเสนอการออกแบบระบบเก็บบันทึกและประมวลผลภาพเท้า โดยได้อธิบายถึงรายละเอียดของระบบสแกนเนอร์ที่ใช้เป็นตัวเก็บบันทึกภาพพิมพ์ฝ่าเท้า การออกแบบวงจรควบคุมและระบบกลไกควบคุมการเลื่อนเก็บบันทึกภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของผู้ป่วยทั้งสองข้างขณะยืน โดยทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์เก็บบันทึกภาพและวิเคราะห์ผลถึง แสดงค่าดัชนีฝ่าเท้าที่เป็นตัวบ่งบอกถึงอาการผิดปกติของเท้าและความเสี่ยงที่จะเกิดโรคเท้า

บทที่ 4 นำเสนอถึงผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ในส่วนของการสอบเทียบการวัดขนาดเท้า การทดสอบหาโครงสร้างฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง การทดสอบใช้ซอฟต์แวร์ FootCare v1.2 วิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีกำหนดเองและอัตโนมัติ และการทดสอบเก็บบันทึกภาพด้วยภาวะสิ่งแวดล้อมแสงต่างๆ

บทที่ 5 กล่าวถึงผลการทดสอบนำเครื่องตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าที่ได้พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริงที่คลินิกสุขภาพเท้า โดยเปรียบเทียบการตรวจวัดกับอุปกรณ์ Harris Mat ที่เป็นเครื่องมือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้มาใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานที่ใช้งานตรวจวัดความผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วย การจำแนกจัดกลุ่มความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าจากตัวอย่างของผู้ป่วยที่ทดสอบใช้งานเครื่องมือ

บทที่ 6 กล่าวถึงบทสรุปผลงานการวิจัยที่ได้เรียบเรียงนำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ปัญหาและแนวทางในการพัฒนางานวิจัยต่อไป



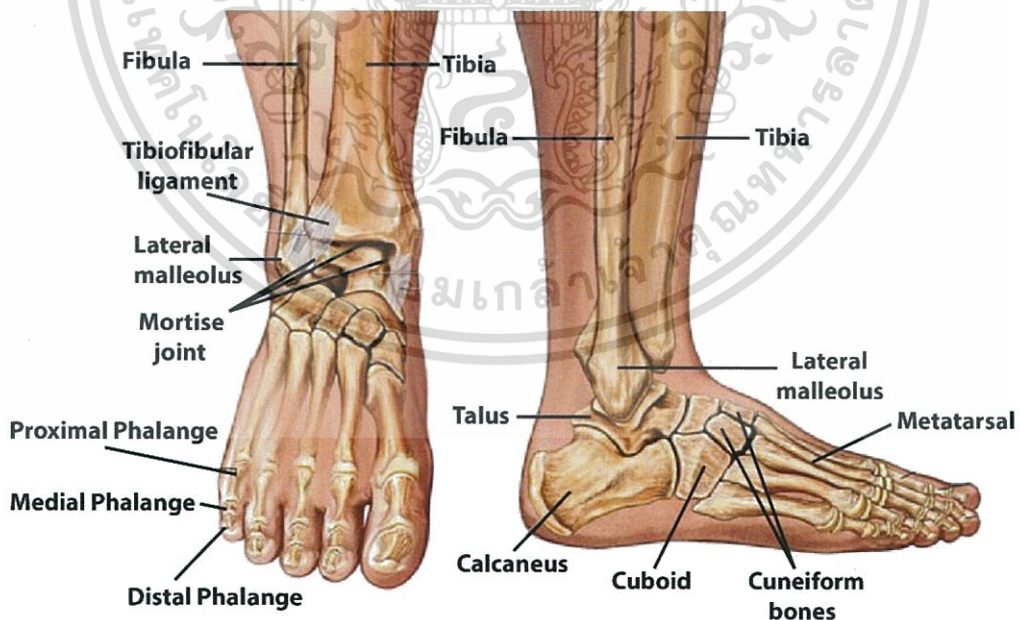
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างทางกายวิภาคของเท้า

เท้าเป็นหนึ่งในอวัยวะสำคัญชิ้นหนึ่งของมนุษย์ เนื่องจากการใช้ชีวิตประจำวัน ต้องใช้เท้าในการเคลื่อนย้ายไปในสถานที่ต่างๆ ดังนั้น ถ้าหากว่ามีความผิดปกติกับเท้าไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุ พยาธิสภาพ พันธุกรรม หรืออุบัติเหตุก็ตาม นั้นจะส่งผลกระทบต่อการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวันของเรา นอกจากนี้เท้ายังทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของร่างกายเราทั้งหมด เพื่อถ่ายเทลงพื้นดิน และยังเป็นจุดศูนย์รวมที่หนาแน่นของปลายประสาท ทำให้การดูแลเท้าจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในชีวิตประจำวัน

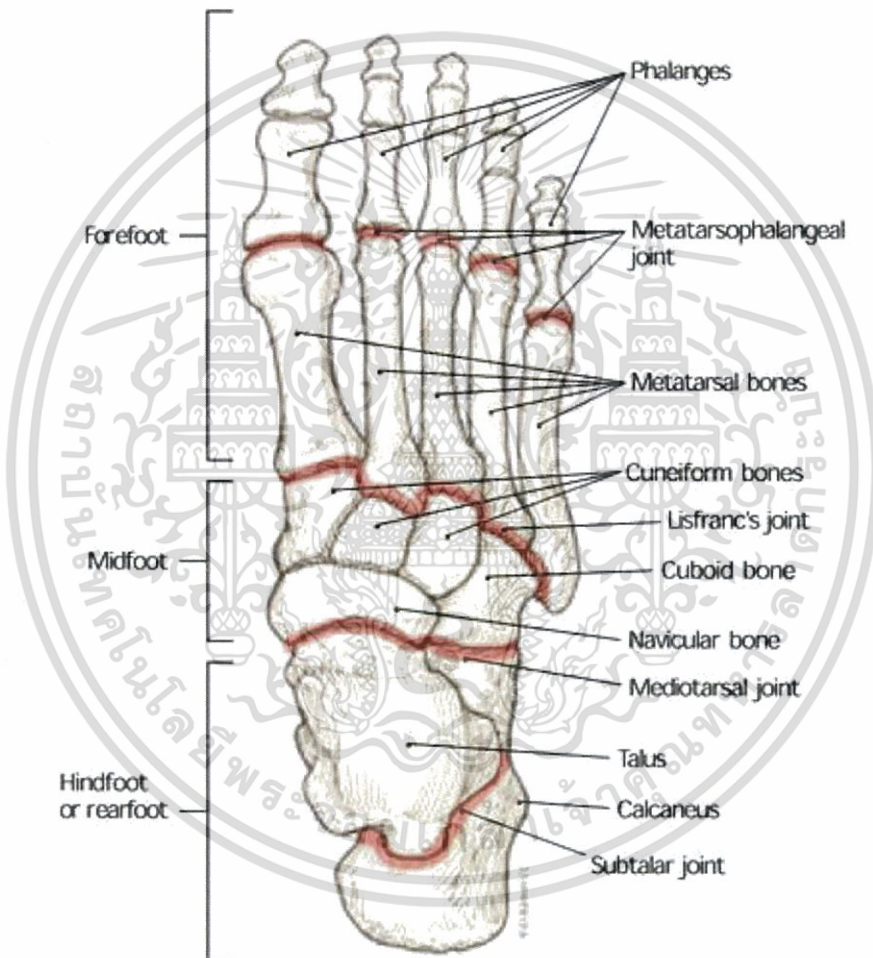
รองเท้าก็เป็นอุปกรณ์สิ่งแรกที่ใช้ในการดูแลเท้า การเลือกรูปแบบของรองเท้าที่เหมาะสมกับเท้าและการใช้งาน ทำให้มีการกระจายน้ำหนักของแรงกดใต้ฝ่าเท้าเป็นอย่างดี และทำให้ไม่เสี่ยงต่อการบาดเจ็บ จนกระทั่งนำไปสู่การตัดเท้าก็เป็นไปได้ ปัญหาซึ่งมักเกิดขึ้นกับเท้านั้นก็มียู่ด้วยกันหลายประการ อาทิเช่น การไม่ดูแลรักษาเท้าจนเกิด แผล เล็บขบ หูด เชื้อรา ตาปลา หรือ อาการผิดปกติของโครงสร้างเท้าและฝ่าเท้า ที่เกิดโดยกำเนิด การประสบอุบัติเหตุ หรือเป็นโรคเบาหวาน ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการดูแลรักษาสุขภาพเท้าอย่างดี การเข้าใจในสรีระของเท้าจะทำให้การดูแลรักษา และการทำความเข้าใจในการฟื้นฟูสภาพเท้าทำได้ดียิ่งขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางกายวิภาคของเท้า[1]

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างทางกายวิภาคของเท้า ซึ่งประกอบด้วยกระดูกขนาดเล็กจำนวน 26 ชิ้น แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ คือ

1. กระดูกข้อเท้า (Tarsal bones) มี 7 ชิ้น วางเรียงตัวกันในแต่ละข้าง มีกระดูกอื่นๆ และกระดูกที่สำคัญคือกระดูกสันเท้า (Calcaneus) ซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำหนักครึ่งหนึ่งของร่างกาย
2. กระดูกฝ่าเท้า (Metatarsal bones) มี 5 ชิ้น วางเรียงตัวกันในแต่ละข้างซึ่งคล้ายกับฝ่ามือ
3. กระดูกนิ้วเท้า (Phalanges bones) มี 14 ชิ้น วางเรียงตัวกันในแต่ละข้างซึ่งคล้ายกับนิ้วมือ



รูปที่ 2.2 กระดูกและข้อต่อเท้าแต่ละส่วน ที่ประกอบกันกลายเป็นโครงสร้างเท้า[2]

โดยกระดูกเท้าเหล่านี้จะเรียงตัวกันเป็นรูปโค้งเว้าซึ่งมีเส้นเอ็น 107 เส้น กล้ามเนื้อ 19 มัด ทำหน้าที่ยึดตรึงและเกิดความยืดหยุ่นในการเคลื่อนไหวของเท้า ซึ่งเราสามารถแบ่งกลุ่มของกระดูกข้อต่อที่แบ่งเท้าออกไปเป็น 3 ส่วน คือ

1.เท้าส่วนหน้า (Forefoot) จะประกอบด้วยกระดูกนิ้วเท้า(Phalanges bones) เชื่อมต่อกับกระดูกฝ่าเท้า(Metatarsal bones) ด้วยข้อต่อ Metatarsophalangeal joint อีกทั้งยังมีข้อต่อที่สำคัญที่เชื่อมต่อระหว่างเท้าส่วนหน้า กับ เท้าส่วนกลาง(Midfoot) นั่นคือ Lisfranc's joint ซึ่งเท้าส่วนหน้าจะมีหน้าที่มีในการส่งแรงไปยันกับพื้นเพื่อให้เกิดการยกเท้าลอยขึ้นพ้นพื้นในระยะเวลา Toe off ของการเดิน

2.เท้าส่วนกลาง (Midfoot) จะประกอบด้วยกระดูก Cuneiform bone, Cuboid bone และ Navicular bone ที่อยู่ระหว่างข้อต่อ Lisfranc's joint เพื่อเชื่อมต่อ เท้าส่วนหน้ากับเท้าส่วนกลาง และข้อต่อ Mediotarsal joint เพื่อเชื่อมต่อ เท้าส่วนกลางกับเท้าส่วนหลัง จะประกบกันกลายเป็นอุ้งเท้า ซึ่งเท้าส่วนกลางนี้จะมีหน้าที่รองรับและกระจายแรงกดจากน้ำหนักตัวในขณะที่ยืนตรงหรือในระยะเวลา Midstance ของการเดิน

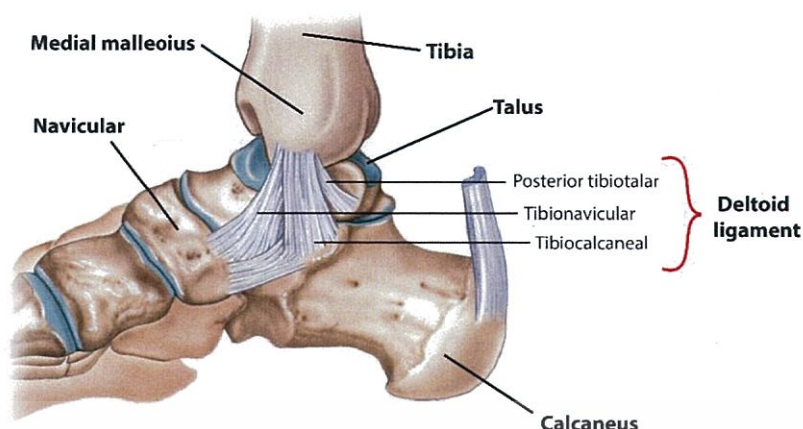
3.เท้าส่วนหลัง (Hindfoot / Rearfoot) จะประกอบด้วยกระดูก Talus bone และ Calcaneus bone ที่เชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ Subtalar joint ซึ่งเป็นข้อต่อสำคัญที่ช่วยให้เท้าสามารถเคลื่อนไหวแบบ Inversion และ Eversion ได้ ดังรูปที่ 2.3 อีกทั้งยังมีข้อต่อ Mediotarsal joint ที่เชื่อมต่อกันระหว่างเท้าส่วนกลางและเท้าส่วนหลัง ซึ่งเท้าส่วนนี้จะมีหน้าที่สัมผัสกับพื้นเป็นช่วงแรกของการเดินวางเท้าลงกับพื้น ในระยะเวลา Stand phase เพื่อรองรับและกระจายแรงกดกระแทกที่เกิดเมื่อส่วนปลายของขาที่เชื่อมต่อกับเท้ามีการบิดหมุนไป



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนไหวเท้าในรูปแบบ Inversion และ Eversion[3]

สำหรับโครงสร้างทางกายวิภาคของข้อเท้า จะประกอบด้วยส่วนบนเป็นกระดูก Tibia-fibular ประกบกันเป็น Distal tibiofibular joint และส่วนล่างเป็นกระดูก Talus โดยด้าน Medial กระดูก Tibia-fibular จะยื่นลงมาสุดปลายเป็นตาตุ่มใน (Medial malleolus) อีกทั้งด้าน Lateral ในส่วนที่เป็นข้อต่อ Distal fibular จะเป็นตาตุ่มนอก (Lateral malleolus) แล้วในส่วนของเส้นเอ็น Deltoid ligament ซึ่งทำหน้าที่ยึดโครงสร้างกระดูก ในส่วน Medial malleolus กับ Talus จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ข้อเท้าด้านใน มีความมั่นคงกว่าข้อเท้าด้านนอก [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 โครงสร้างทางกายวิภาคของข้อเท้า ในส่วนที่เป็นกระดูกและเส้นเอ็น[5]

2.1.1 โครงสร้างเท้าส่วนที่โค้งเว้า (Arches of the foot structure)

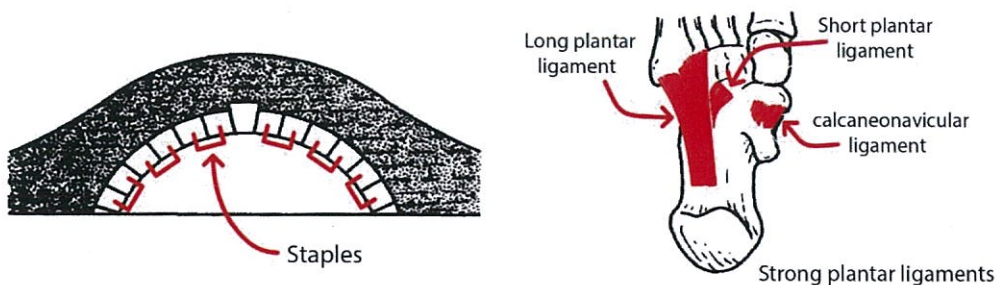
การจัดเรียงตัวของโครงสร้างกระดูกเท้า นั้นจะเรียงตัวกันโดยมีความโค้งเว้า เพื่อช่วยเท้ารองรับน้ำหนักตัว และรับแรงกระแทก ให้เหมาะสมจากกิจกรรมการเดิน วิ่ง อีกทั้งยังมีส่วนช่วยให้ร่างกายเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยโครงสร้างเท้าส่วนที่โค้งเว้า นี้จะคงรูปอยู่ได้จำเป็นต้องอาศัยส่วนประกอบสำคัญ 4 โครงสร้างหลักคือ

1. Shape of stone มีรูปทรงลักษณะคล้ายลิ้ม เรียงแถวกัน กระดูกชั้นที่จัดอยู่จุดสูงสุดของส่วนโค้งจะเป็นชั้นที่สำคัญที่สุด ซึ่งทำหน้าที่คล้ายสลักยึดให้ส่วนโค้งคงตัวอยู่ได้ มีแรงกระทำอัดกันเองระหว่างกระดูกแต่ละชั้นที่ประกบกันเป็นส่วนโครงสร้างโค้งเว้า ซึ่งเปรียบได้ว่าเป็น “Keystone” ของสะพานโค้งหิน



รูปที่ 2.5 Keystone ที่จุดปลายกระดูก

2. Inferior binder เป็นตัวล็อกทางด้านล่างของกระดูกให้อยู่ติดกัน ซึ่งในที่นี้ก็คือเส้นเอ็น (ligament) อีกทั้งยังทำหน้าที่ช่วยคั่นกระดูกให้แยกออกจากกันหากมีการกดน้ำหนักลงมาผ่านส่วนโค้งเว้า อาจเรียกว่า Staples



รูปที่ 2.6 ลักษณะของเส้นเอ็นที่ช่วยยึดและค้ำระหว่างกระดูก

3. Tie beams เป็นตัวช่วยยึดฐานของกระดูกที่เรียงตัวกันเป็นส่วนโค้งเว้า ซึ่งในที่นี้ก็คือเอ็นกล้ามเนื้อ (Tendon)



รูปที่ 2.7 ลักษณะของเอ็นกล้ามเนื้อที่ช่วยยึดฐานกระดูก

4. Suspension เป็นตัวช่วยดึงกระดูกที่เรียงตัวกันเป็นส่วนโค้งเว้า ในทิศทางแนวตั้งให้เกิดส่วนโค้งขึ้น คล้ายกับสายเคเบิลของสะพานแขวน ซึ่งในที่นี้คือ กล้ามเนื้อเพโรเนียส ลองกัส (Peroneus longus muscle)



รูปที่ 2.8 กล้ามเนื้อเพโรเนียส ลองกัสที่ช่วยดึงกระดูกให้เกิดส่วนโค้ง

การจัดวางเรียงตัวกันของกระดูกเท้าที่ทำให้เกิดส่วนโค้งเว้าของเท้านี้จะทำงานร่วมกับเส้นเอ็นและกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ช่วยให้รองรับน้ำหนักตัวทั้งหมดของเราในขณะที่ยืนหรือทำกิจกรรมในท่าต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความยืดหยุ่นและมีความสมดุลกัน สำหรับโครงสร้างส่วนโค้งเว้าของเท้าจะมีการเรียงตัวกันของกระดูกส่วน Metatarsal bone ในแนวแกนนอน ซึ่งจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

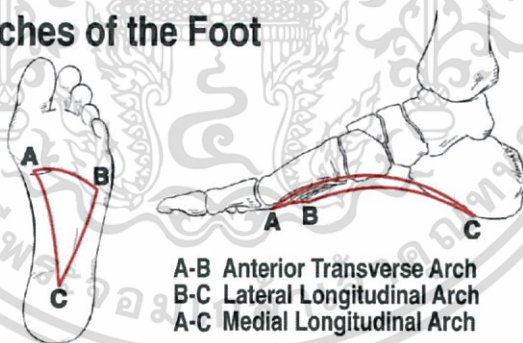
1. ส่วนโค้งเท้าตามยาว (Longitudinal arch) โดยจะแบ่งแยกออกได้เป็น 2 คือ

1.1 Medial longitudinal arch จะเป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวยาวทางด้านในของเท้า ส่วน Media ซึ่งจะประกอบด้วยกระดูก Calcaneus bone, Talus bone, Navicular bone, Cuneiforms bones ทั้ง 3 ชิ้น และ Medial metatarsal bones 3 ชิ้น โดยกระดูก Talus bone จะอยู่เป็นจุดสูงสุดที่สุดของส่วนโค้งเป็น keystone ที่ด้านล่างจะมีเส้นเอ็น Spring ligament ทำหน้าที่เป็นส่วนรองรับ

1.2 Lateral longitudinal arch จะเป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวยาวทางด้านนอกของเท้า ส่วน Lateral ซึ่งจะประกอบด้วยกระดูก Calcaneus bone, Cuboid bone และ Lateral 2 metatarsal bones โดยกระดูก Cuboid bone จะอยู่เป็นจุดสูงสุดที่สุดของส่วนโค้งเป็น keystone ที่ด้านล่างจะมีเส้นเอ็น Short plantar ligament และ long plantar ligament เป็นส่วนรองรับ

2. ส่วนโค้งเท้าตามขวาง (Transverse arch) จะเป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวางโดยถ้าหากมองทางด้านภาพตัดขวางของเท้าจะเห็นว่า เท้าด้าน Medial จะมีตำแหน่งวางตัวอยู่สูงกว่า เท้าด้าน Lateral ซึ่งส่วนโค้งของเท้าส่วนนี้จะประกอบด้วยกระดูก Cuboid, Cuneiforms 3 ชิ้น (Medial, Intermediate และ Lateral) และ Metatarsal bones แล้วจะมี Plantar metatarsal ligament และ Tarsometatarsal ligament เป็นส่วนที่รองรับ[6]

Arches of the Foot



รูปที่ 2.9 ลักษณะส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวาง กับ ตามแนวยาว ด้านในและด้านนอกเท้า[7]

ซึ่งสำหรับส่วนโค้งของเท้าจะเป็นตัวบ่งบอกถึงสภาวะผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า โดยเท้าที่มีส่วนโค้งเท้าตามยาว ต่ำกว่าระดับปกติอย่างมากหรือในบางรายเท้าไม่มีส่วนโค้งตามยาวนี้เลย จะเป็นสภาวะเสี่ยงเป็นโรคเท้าแบน (Flat foot / Planus foot) ซึ่งในขณะที่ยืน Plantar ligament และ Plantar aponeurosis ถูกกดลงมาน้ำหนักตัว แล้วถ้าหากปล่อยไว้เป็นเวลานานอาจจะทำให้โครงสร้างกระดูกส่วน Medial longitudinal arch จะลดต่ำแล้วล้มลงมา ซึ่งจะเห็นได้จากการที่ปลายเท้ามีรูปทรงบิดเบี้ยวไปทางด้านนอกมากขึ้น

2.1.2 การจัดแบ่งขอบเขตของโครงสร้างฝ่าเท้า

สำหรับโครงสร้างฝ่าเท้าของมนุษย์เรานั้นจะสามารถแบ่งเป็นขอบเขตได้ 10 ส่วน ตามตำแหน่งการจัดวางชิ้นส่วนกระดูกเท้า เพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการพิจารณาถึงความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าในแต่ละส่วน โดยแบ่งขอบเขตได้ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 Hallux

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนนิ้วหัวแม่เท้า ซึ่งเป็นด้านบนสุดของโครงสร้างฝ่าเท้าโดยส่วนมากมักจะพบอาการผิดปกติคือ แผลรองช้ำ กับตาปลา(Corns) และนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดปกติ (Hallux valgus)

2.1.2.2 Lateral Toes

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนนิ้วเท้าทั้ง 3 ที่อยู่ด้าน Lateral ซึ่งมักจะพบกับอาการนิ้วเท้าเอียงผิดปกติ เป็นผลมาจากอาการนิ้วก้อยเอียงผิดปกติ (Tailor's Bunion)

2.1.2.3 2nd Toe

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนนิ้วชี้เท้า ซึ่งมักจะเกิดการถูกับนิ้วหัวแม่เท้าทำให้เกิดแผลรองช้ำระหว่างนิ้วเท้าทั้งสองได้

2.1.2.4 1st Metatarsal

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วน กระดูก Metatarsal ด้าน Medial ที่ช่วยรองรับน้ำหนักของร่างกายกระจายไปยังพื้นดิน การกระจายน้ำหนักที่ไม่สม่ำเสมอเป็นระยะเวลานานจะเป็นผลทำให้เกิดอาการผิดปกติไปคือ เกิดแผลรองช้ำ หรือ ตาปลา ได้

2.1.2.5 2nd Metatarsal

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนกระดูก Metatarsal ส่วนกลาง

2.1.2.6 Lateral Metatarsal

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนกระดูก Metatarsal ด้าน Lateral ที่ช่วยรองรับน้ำหนักของร่างกายกระจายไปยังพื้นดิน โดยมักจะพบการผิดรูปของกระดูกส่วนนี้ทำให้เกิด นิ้วก้อยเอียงผิดปกติ ให้เกิดกระดูกปูดออกมา

2.1.2.7 Medial Midfoot

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนกระดูก Cuneiform bone และ Navicular bone ด้าน Medial ที่เชื่อมต่อกับกระดูกส่วนอื่นทำให้เกิดอุ้งเท้า ที่ช่วยรองรับและกระจายแรงกดจากน้ำหนักตัวในขณะที่ยืนตรง ซึ่งเป็นจุดที่ใช้ตรวจสอบความโค้งเว้าที่บ่งบอกถึงอาการเสี้ยวของโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ

2.1.2.8 Lateral Midfoot

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนกระดูก Cuboid bone ด้าน Lateral เป็นส่วนโค้งเว้าของเท้าตามแนวยาวทางด้านนอก เป็นขอบเขตของโครงสร้างฝ่าเท้าที่เกิดรอยพิมพ์ฝ่าเท้าส่วนกลางที่แคบที่สุด ซึ่งจะใช้ในการวัดดัชนีฝ่าเท้าเพื่อตรวจสอบและบ่งบอกถึงอาการเสี้ยวของโครงสร้างฝ่าเท้าที่

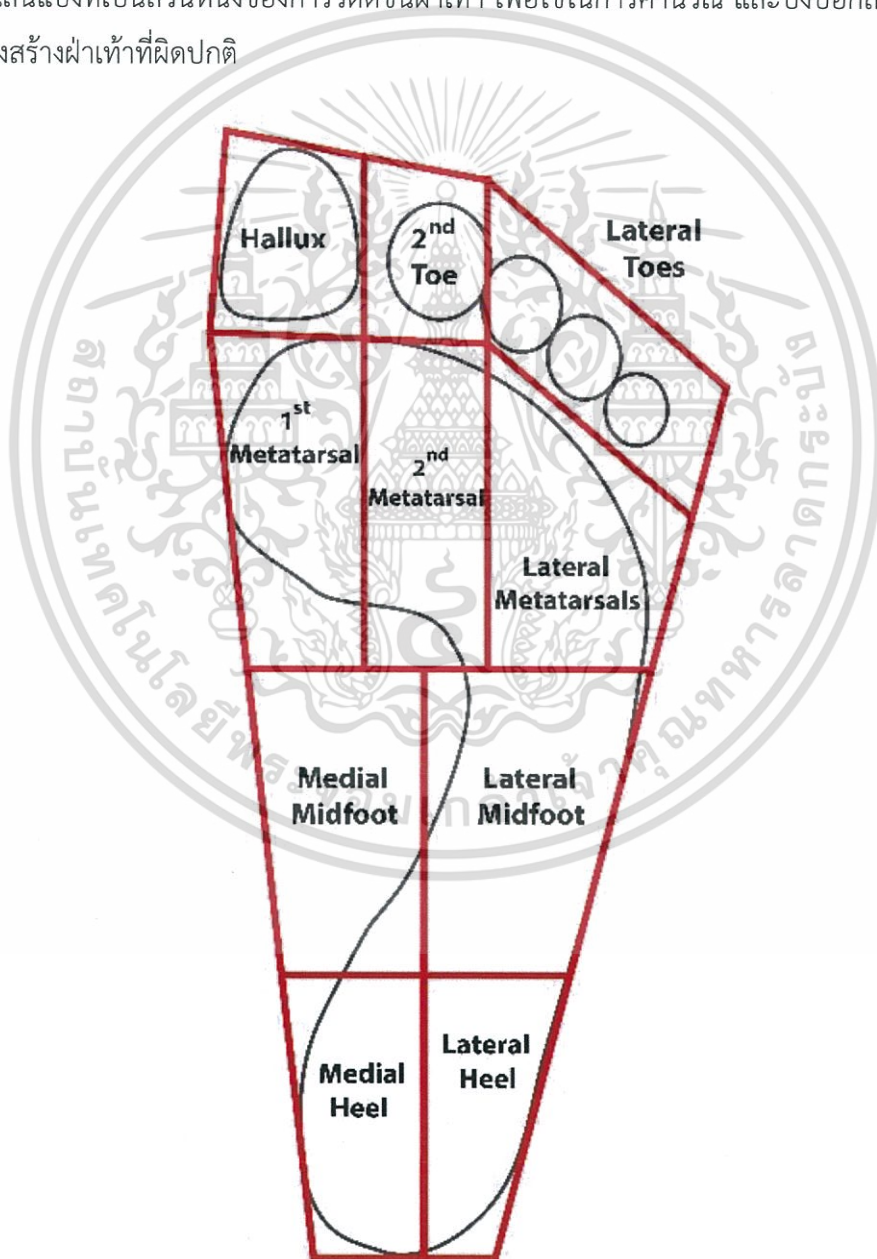
เอกสารผิดปกติกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.9 Medial Heel

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนสันเท้าส่วนกระดูก Talus bone ด้าน Medial ที่เป็นจุดรองรับน้ำหนักแรงกดจากตัวในขณะยืนและการเดินช่วงสันเท้าสัมผัสพื้น เป็นขอบเขตสุดท้ายที่ใช้กำหนดเส้นแบ่งที่เป็นส่วนหนึ่งของการวัดดัชนีฝ่าเท้า เพื่อใช้ในการคำนวณ และบ่งบอกถึงอาการเสี่ยงของโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ

2.1.2.10 Lateral Heel

เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าส่วนสันเท้าส่วนกระดูก Calcaneus bone ด้าน Lateral ที่เป็นจุดรองรับน้ำหนักแรงกดจากตัวในขณะยืนและการเดินช่วงสันเท้าสัมผัสพื้น เป็นขอบเขตสุดท้ายที่ใช้กำหนดเส้นแบ่งที่เป็นส่วนหนึ่งของการวัดดัชนีฝ่าเท้า เพื่อใช้ในการคำนวณ และบ่งบอกถึงอาการเสี่ยงของโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ



รูปที่ 2.10 แสดงการจัดแบ่งขอบเขตแต่ละส่วนของโครงสร้างฝ่าเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 วงจรการเดินและการเกิดรอยพิมพ์ฝ่าเท้า

การเดิน เป็นการเคลื่อนไหวอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่ทำให้ร่างกายเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยอาศัยการเคลื่อนไหวของขา ข้อเท้า และเท้า ที่ทำงานผสมผสานกันไปอย่างเป็นระบบ เรียกว่า วงจรการเดิน (Gait cycle) โดยเริ่มต้นจาก ระยะที่ส้นเท้าของขาข้างหนึ่งสัมผัสกับพื้น แล้วไปสิ้นสุดที่ส้นเท้าข้างนั้นสัมผัสกับพื้นอีกครั้ง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ดังนี้

2.1.3.1 ช่วงจังหวะการรับน้ำหนัก (Stance phase) จะเริ่มต้นเมื่อส้นเท้าไปสัมผัสกับพื้นแล้วสิ้นสุดเมื่อเท้าข้างนั้นยกพ้นจากพื้นโดยในคนปกติจะคิดเป็นระยะทาง 60 เปอร์เซ็นต์ของวงจรการเดิน โดยจะแบ่งออกเป็นช่วงระยะย่อย 5 ระยะดังนี้

1. ระยะที่ส้นเท้าสัมผัสพื้น (Heel strike หรือ Initial contact) เป็นระยะที่ส้นเท้าเริ่มสัมผัสกับพื้น และส้นเท้าอีกข้างจะยกขึ้นจากพื้น

2. ระยะวางเท้าราบกับพื้น (Loading response หรือ Foot flat) เป็นระยะที่ส้นเท้า และฝ่าเท้าสัมผัสกับพื้น แต่น้ำหนักยังคงกระทำลงที่ส้นเท้า โดยส้นเท้าและอุ้งเท้าอีกข้างยกตัวขึ้นไม่สัมผัสกับพื้น

3. ระยะยืนกลาง (Mid stance) เป็นระยะที่เท้าข้างที่สัมผัสกับพื้นมีการรับน้ำหนัก ทั้งหมด กระจายผ่านโครงสร้างกระดูก Tripod ที่รับน้ำหนักทั้ง 3 จุด เพื่อถ่ายเทน้ำหนักกระจายสู่พื้น โดยเท้าอีกข้างจะเหยียดขึ้น

4. ระยะยกส้นเท้า (Terminal stand หรือ Heel off) เป็นระยะที่ยกส้นเท้าข้างที่สัมผัสพื้นขึ้น แล้วลำตัวจะเอนไปด้านหน้า ขาและเท้าอีกข้างจะก้าวไปข้างหน้า

5. ระยะถีบเท้า (Pre-swing หรือ Toe off) เป็นระยะที่นิ้วเท้าดันพื้นให้ร่างกายทั้งหมดเคลื่อนที่ไปข้างหน้า พร้อมกับส้นเท้าอีกข้างสัมผัสกับพื้น เพื่อเตรียมพร้อมเข้าสู่ระยะแกว่งขา

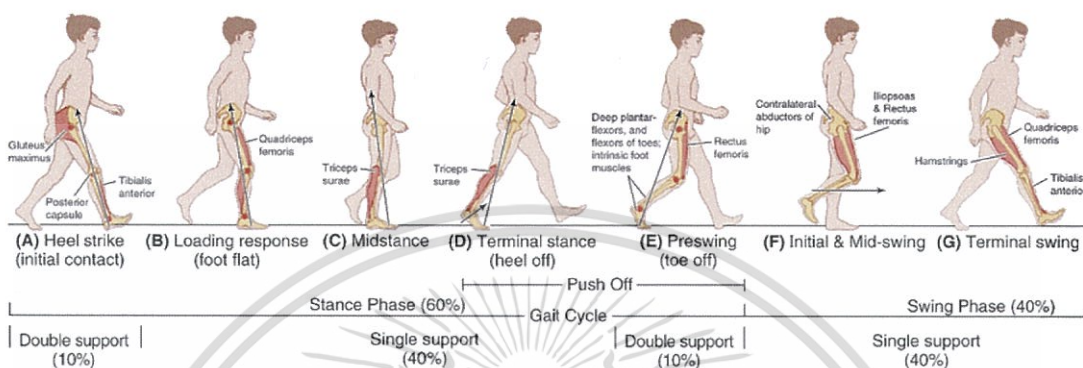
2.1.3.2 ช่วงจังหวะการแกว่งขา (Swing Phase) จะเป็นช่วงที่ขาและเท้าข้างแรกสัมผัสกับพื้นนั้นยกลอยและแกว่งไปข้างหน้า โดยในคนปกติจะคิดเป็นระยะทาง 40 เปอร์เซ็นต์ของวงจรการเดิน โดยจะแบ่งออกเป็นช่วงระยะย่อย 3 ระยะดังนี้

1. ระยะมีอัตราเร่ง (Acceleration) เป็นระยะแรกที่เกิดขึ้นภายหลังจากช่วงจังหวะรับน้ำหนัก (Stance phase) ซึ่งจะเริ่มต้นการแกว่งขา โดยนิ้วเท้าจะยกขึ้นจากพื้นในขณะที่เท้าข้างนั้นยกลอยจากพื้น เกิดอัตราเร่งเพื่อให้ก้าวต่อไปข้างหน้า

2. ระยะแกว่งกลาง (Mid-swing) เป็นระยะที่ขากำลังแกว่งอยู่แนวกลางลำตัว ในขณะที่ขาจะหดเพื่องอเข้าให้ขาลอยพ้นจากพื้น โดยเท้าอีกข้างขึ้นจะทำหน้าที่รับน้ำหนักตัว

3. ระยะลดอัตราเร่ง (Terminal swing หรือ Deceleration) เป็นระยะที่ยกขาก้าวแกว่งไปข้างหน้าแล้วลดระดับลงเพื่อให้ส้นเท้าสัมผัสกับพื้น และเท้าอีกข้างจะเหยียดขึ้นแล้วจะกลับเข้าสู่ช่วงจังหวะการรับน้ำหนักอีกครั้ง

2.1.3.3 ช่วงจังหวะที่เท้าทั้งสองข้างแตะพื้นพร้อมๆกัน (Double support) โดยการเดินในช่วงนี้จะเกิดขึ้นอยู่ในช่วงสุดท้ายของช่วงจังหวะการแกว่งขา และเกิดขึ้นในช่วงเริ่มต้นของช่วงจังหวะการรับน้ำหนัก ซึ่งถ้าหากเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยวิธีการเดินเร็วหรือวิ่งช่วงจังหวะนี้จะไม่เกิดขึ้น [7]



รูปที่ 2.11 แสดงช่วงวงจรการเดินของมนุษย์[8]

โดยในช่วงจังหวะวงจรการเดินในและช่วงนั้นการลงน้ำหนักไปที่ ส้นเท้า อุ้งเท้า และนิ้วเท้า นั้นก็จะทำให้เกิดรอยพิมพ์ของฝ่าเท้าขึ้นเป็นการเกิดรอยพิมพ์ฝ่าเท้าแบบเคลื่อนที่ ซึ่งจะสามารถบ่งบอกถึงการลงน้ำหนัก และแรงดันใต้ฝ่าเท้า อีกทั้งยังแสดงถึงอาการผิดปกติในการเดินของผู้ป่วยอีกด้วย

2.2 ความผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้า

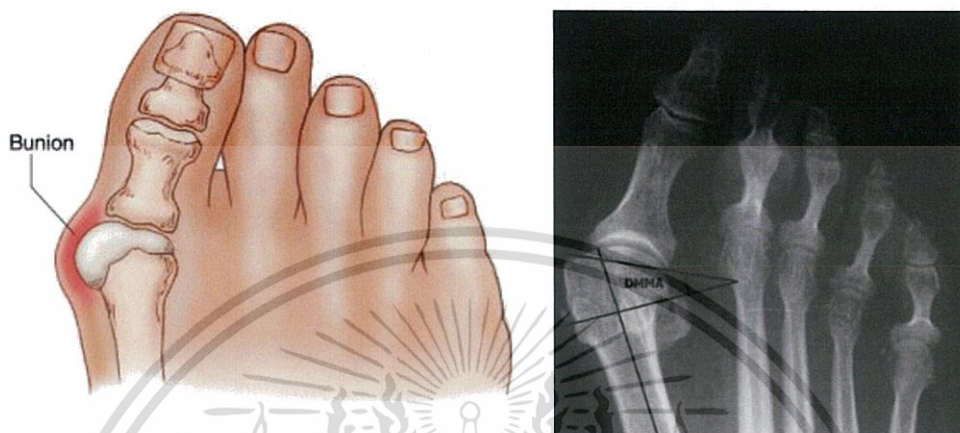
2.2.1 นิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดปกติ(Hallux valgus)

อาการนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดปกติ(Hallux valgus หรือ Bunion) เป็นความผิดปกติของนิ้วหัวแม่เท้าส่วนกระดูก Metatarsal ด้าน Media เกิดการอักเสบ แล้วเอียงเข้าด้านในไปทับนิ้วชี้ ส่งผลให้ปลายเท้าแบนออกกว้างขึ้น และเมื่อปล่อยไปเป็นระยะเวลาานาน ข้อต่อระหว่างกระดูกนิ้วเท้าจะอักเสบแล้วเกิดอาการบวมมากยิ่งขึ้น สภาวะแรงดึงในเส้นเอ็นต่างๆของนิ้วเท้าผิดแนวไป จะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงสร้างฝ่าเท้าผิดปกติไป ซึ่งส่วนมากอาการนี้จะพบมากกับสภาวะเท้าแบน (Flat foot)

2.2.1.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ

ผู้ป่วยที่มีสภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดปกติไปนั้นเกิดจากการสวมรองเท้าที่บีบรัด ส่วนปลายเท้า(รองเท้าส้นสูงปลายแหลมของผู้หญิง) เป็นเวลานานติดต่อกัน โดยส่วนมากจะพบอาการผิดปกตินี้ในผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย โดยความผิดปกติของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็นที่อักเสบจนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายเป็นโรคข้ออักเสบเรื้อรัง(Rheumatoid arthritis) ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้นิ้วหัวแม่เท้าค่อยๆ ผิดรูปไปพร้อมกับอาการปวด และสาเหตุสุดท้ายคือเกิดจากกรรมพันธุ์ โดยเกิดความผิดปกติของ โครงสร้างฝ่าเท้าโดยกำเนิด เช่น สภาวะเท้าแบน นิ้วหัวแม่เท้ายาวมาก หรือนิ้วหัวแม่เท้าบิดเอียงออกเอง เป็นต้น



รูปที่ 2.12 ข้อกระดูกที่เกิดอาการอักเสบ (ซ้าย) และ ภาพถ่ายรังสี (ขวา)แสดงโครงสร้างกระดูกที่เอียงผิดปกติ ของผู้ป่วยเป็นโรคนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดรูป[9]

2.2.1.2 อาการและการวินิจฉัยโรค

อาการเจ็บปวดบริเวณนิ้วหัวแม่เท้าที่อักเสบนี้จะเป็นมากขึ้นขณะที่สวมรองเท้า โดยอาจส่งผลให้เกิดอาการเจ็บเวลาเดิน หรือลงน้ำหนักตัวไปที่เท้า ในบางรายนิ้วหัวแม่เท้าจะเอียงเข้ามา มากจนซ่อนอยู่ใต้นิ้วชี้ หรือบางรายบริเวณที่บุดอกไปเสียดสีกับรองเท้าจะเกิดการเสียดสี ส่งผลให้ เกิดผิวน้ำองศา และอาจเป็นสาเหตุให้นิ้วเท้าอื่นผิดรูปไปด้วย

โดยสำหรับการวินิจฉัยโรคนั้นแพทย์จะสังเกตถึงการอักเสบและบวมออกมา หรือในระยะเริ่มต้นจะใช้ภาพถ่ายรังสีในขณะที่ผู้ป่วยยืนให้เห็นโครงสร้างกระดูก Metatarsal ที่ จัดเรียงบานผิดปกติ ในขณะที่กระดูก Proximal phalanx เบนเข้าหานิ้วอื่น แล้วจึงจะพิจารณาจาก มุม และความผิดปกติส่วนอื่นๆที่พบรวมกันด้วย



รูปที่ 2.13 แสดงถึงช่วงอาการอักเสบของข้อกระดูกนิ้วหัวแม่เท้า ตั้งแต่เริ่มต้นไปจนถึงร้ายแรง[10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.3 กระบวนการรักษา

สำหรับการรักษานั้นจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1. การรักษาโดยวิธีไม่ผ่าตัด ในผู้ป่วยที่มีอาการนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดรูปไม่มาก โดยจะสามารถใช้การดัดหรือดันทันนิ้วเท้าเพื่อแก้ไขได้ โดยอันดับแรกควรเลือกสวมใส่รองเท้าที่ขนาดพอดี ไม่มีลักษณะปลายเท้าแคบ ไม่บีบรัดนิ้วเท้า พื้นรองเท้าและส่วนที่สัมผัสกับนิ้วหัวแม่เท้านุ่ม โดยอาจจะต้องสวมใส่อุปกรณ์ ผีอกอ่อนที่ช่วยถ่างนิ้วเท้าออก หรือ ผ้าพันรัดนิ้วเท้า โดยเมื่อมีอาการปวด ก็ควรจะใช้การนวด การเหยียดเท้า การแช่น้ำอุ่น หรือการประคบเย็น เพื่อให้บรรเทาอาการปวดบวมลดลงไปได้

2. การรักษาโดยวิธีผ่าตัด โดยในผู้ป่วยที่อาการนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดรูปมาก และมีลักษณะของข้อเสื่อมร่วมด้วย แพทย์จะผ่าตัด ก้อนที่นูน หรือกระดูกที่งอกออกมาเกินออก เพื่อเปลี่ยนแนวโครงสร้างกระดูกให้กลับเป็นปกติ ซึ่งหลังจากที่ผ่าตัดแล้วผู้ป่วยจะสามารถกลับมาเดินและสวมใส่รองเท้าได้ปกติในระยะเวลา 5 สัปดาห์ [11]



รูปที่ 2.14 อุปกรณ์ผีอกอ่อนช่วยบังคับให้ถ่างนิ้วหัวแม่เท้าออกจากนิ้วชี้ [12]

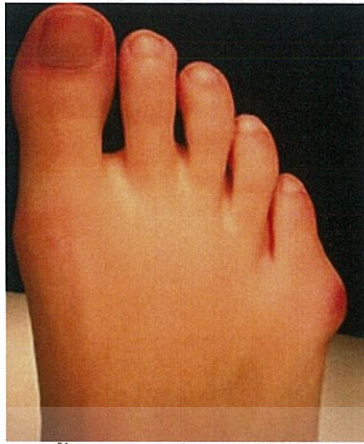
2.2.2 นิ้วก้อยเอียงผิดรูป (Tailor's Bunion หรือ Bunionette)

อาการนิ้วก้อยเอียงผิดรูป (Tailor's Bunion หรือ Bunionette) เป็นความผิดปกติของนิ้วก้อยส่วนกระดูก Metatarsal ด้าน Lateral เกิดการบวมอักเสบ เมื่อปล่อยไปเป็นระยะเวลานานจะเกิดแผลคล้ายกับตาปลา (Coin) แต่จะเกิดขึ้นที่ด้านบนของเท้า ซึ่งจะส่งผลให้นิ้วก้อยเอียงชิดเข้าด้านในไปเสียดสีกับนิ้วนาง โดยส่วนใหญ่จะมีอาการเจ็บแล้วนิ้วหัวแม่เท้าเอียงผิดรูปร่วมกันด้วยทำให้โครงสร้างฝ่าเท้าผิดปกติไป

2.2.2.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ

จากโครงสร้างของเท้าที่ประกอบด้วยกระดูกและข้อต่อ ซึ่งส่วนที่เป็นนิ้วเท้าจะมีคามยืดหยุ่น ในสภาวะที่ผู้ป่วยสวมใส่รองเท้าที่มีลักษณะบีบรัดที่ปลายเท้าติดต่อกันเป็นเวลานาน ด้วยพื้นที่ที่แคบก็จะบังคับให้นิ้วเท้าค่อยๆ บิดรูปแล้วเสียดสีกัน จนเกิดการปวดบวมแล้วอักเสบ รวมไปถึงการประสบอุบัติเหตุตลอดจนโรคข้ออักเสบเรื้อรัง ก็จะมีผลให้เกิดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าและเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 กระดูกนิ้วก้อยเท้าที่อักเสบและบวมบุดออกมา[13]

2.2.1.2 อาการและการวินิจฉัยโรค

อาการเจ็บปวดบริเวณนิ้วก้อยที่เป็นผลจากการเสียดสีและการกดทับระหว่างเท้าและรองเท้านั้นก็เกิดอาการบวมแล้วเจ็บปวด จนกระทั่งเกิดแผลที่บริเวณนั้น อาจส่งผลทำให้การเดินที่ลงน้ำหนักตัว ผิดปกติไปซึ่งแพทย์จะสังเกตถึงการอักเสบและบวม หรือใช้ภาพถ่ายรังสีในการตรวจสอบโครงสร้างกระดูก Metatarsal และข้อต่อ ที่จัดเรียงตัวแบบผิดปกติ [14]



รูปที่ 2.16 ภาพถ่ายรังสีที่แสดงโครงสร้างกระดูกที่เอียงผิดปกติทั้งส่วนนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วก้อยของผู้ป่วย

2.2.2.3 กระบวนการรักษา

สำหรับการรักษานั้นจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

1. การรักษาโดยวิธีไม่ผ่าตัด โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้เฟืองอ่อนที่ช่วยดันรั้งให้เกิดความห่างระหว่างนิ้วเท้า โดยจะสวมใส่ติดต่อกันเพื่อทำให้ตัวโครงสร้างของกระดูกค่อยๆปรับกลับอยู่ในตำแหน่งการเรียงตัวที่เหมาะสม จากความยืดหยุ่นของโครงสร้างเท้า พร้อมกับการเลือกสวมใส่รองเท้าที่ขนาดพอดี มีความกว้างและไม่บีบรัด เป็นผลให้ความเจ็บปวดค่อยๆบรรเทาหายไปด้วยตลอดจนรักษาแผลอักเสบที่เกิดขึ้นเป็นแผล ตาปลาด้วย

2. การรักษาโดยวิธีผ่าตัด สำหรับในรายที่มีอาการรุนแรงมากจำเป็นจะต้องมีการผ่าตัดเพื่อทำศัลยกรรม ตกแต่งกระดูกมีลักษณะที่เหมาะสมจนเปลี่ยนแนวโครงสร้างกระดูกให้กลับเป็นปกติ [15]



รูปที่ 2.17 อุปกรณ์เพื่อก่อนช่วยบังคับให้รั้งนิ้วก้อยเท้าออกห่างนิ้วเท้าอื่น[16]

2.2.3 เท้าแบน(Flat foot)

อาการเท้าแบน(Flatfoot หรือ Pes planus) เป็นความผิดปกติของฝ่าเท้าส่วน Medial Midfoot ที่มีลักษณะแบนราบ โดยส่วนโค้งเท้าตามยาวจะต่ำกว่าระดับปกติอย่างมากหรือในบางรายเท้าไม่มีส่วนโค้งตามยาวนี้เลย จะเห็นได้ชัดเจนในขณะที่ยืนน้ำหนักของร่างกายจะถูกกดลงมาแล้วกระจายตัวอย่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะส่งผลให้มีอาการเจ็บปวดฝ่าเท้า และส้นเท้า ทำให้การเดินหรือทำกิจกรรมต่างในชีวิตประจำวันเป็นไปได้อย่างลำบาก

2.2.3.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ

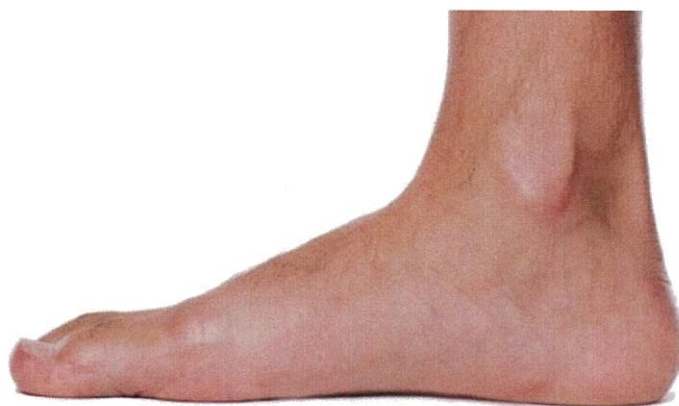
โดยสถานะของโครงสร้างฝ่าเท้าที่แบนผิดปกตินี้อาจเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ อาทิ เช่น

1. พันธุกรรม เป็นสาเหตุอันดับต้นๆที่ทำให้เกิดสภาพเท้าแบนตั้งแต่วัยเด็ก ที่ถ่ายทอดมาทางพันธุกรรม ซึ่งถ้าหากตรวจพบก่อนอายุ 9 ขวบก็จะพอที่จะแก้ไขเพื่อให้โครงสร้างของกระดูกกลับมาในแนวที่ถูกต้องและกระจายน้ำหนักของร่างกายได้อย่างปกติ

2. ความเสื่อมของกระดูกและข้อต่อ การใช้งานเท้าเป็นเวลานานในการทำงาน หรือการดำเนินกิจกรรมประจำวัน ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้กระดูก ข้อต่อ และเส้นเอ็น มีความอักเสบ ปวด บวม ส่งผลให้เกิดการกระจายน้ำหนักที่ไม่เหมาะสม หรืออาจเกิดบาดแผลได้ ซึ่งส่งผลโดยตรงที่ทำให้เกิดโรคข้อเท้าเสื่อม และโครงสร้างฝ่าเท้าบิดเอียงแล้วแบนผิดปกติไป

3. โรคอ้วน ผลกระทบที่เกิดจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มมากขึ้นจนเป็นโรคอ้วนนั้น จะส่งผลให้โครงสร้างของร่างกายมีภาระที่จะต้องรองรับน้ำหนักในปริมาณที่มากกว่าเดิม จนทำให้โครงสร้างของกระดูก ข้อต่อ เส้นเอ็น และกล้ามเนื้อทำงานอย่างหนัก การกระจายน้ำหนักของร่างกายสู่พื้นดินทำได้อย่างผิดปกติ ในบางรายจะเกิดไขมันหรือพังผืดขึ้นที่อุ้งเท้าทำให้เมื่อลงน้ำหนักที่เท้าจะเกิดอาการเจ็บปวด

4. การประสบอุบัติเหตุ โครงสร้างกระดูกที่ผิดปกติไปอันเกิดจากการประสบอุบัติเหตุ ก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งทำให้ผู้ป่วยเกิดภาวะการกระจายน้ำหนักตัวได้อย่างผิดปกติมีการลงน้ำหนักไปที่ส่วนใดส่วนหนึ่งมากทำให้เกิดการอักเสบ หรือแผลได้ หรือการบาดเจ็บในช่วงวัยรุ่นที่ส่งผลกระทบอย่างมากเมื่ออายุมากขึ้น



รูปที่ 2.18 เท้าของผู้ป่วยเท้าแบน ที่อุ้งเท้ามีลักษณะแบนราบ[17]

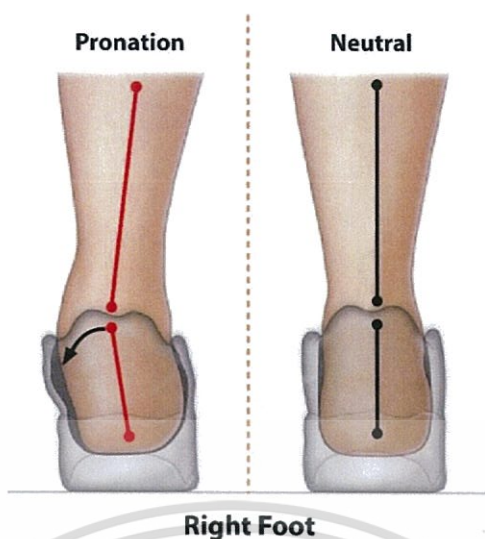
2.2.3.2 อาการและการวินิจฉัยโรค

สำหรับในผู้ป่วยที่มีโครงสร้างเท้าแบนผิดปกตินั้นจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. **Flexible Flat Foot** เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าปกติ มีอุ้งเท้าในขณะที่ไม่ได้ลงน้ำหนัก แต่เมื่อยืนขึ้นแล้วมีการกระจายน้ำหนักตัวไปที่เท้าก็ทำให้ Subtalar joint หมุนตัวทำให้เท้าบิดออกไป ส่งผลให้อุ้งเท้าหายไป โดยมักสังเกตได้ตั้งแต่วัยเป็นเด็กเล็ก แต่ในบางรายเมื่อโตขึ้นร่างกายมีการปรับตัวเองให้เกิดอุ้งเท้า และรูปร่างเท้า ซึ่งการตรวจอาการผิดปกติของผู้ป่วยกลุ่มนี้จะมีลักษณะที่เท้าจะขยับได้มากในทุกทิศทาง

2. **Rigid Flat Foot** เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าแบนผิดปกติซึ่งเป็นผลมาจากพันธุกรรม หรือการเจริญเติบโตแล้วพัฒนาการที่ผิดปกติ ไม่ว่าจะยืนลงน้ำหนักตัวหรือไม่ได้ลงน้ำหนักตัวก็ตาม ส่งผลให้การกระจายน้ำหนักตัวไปยังฝ่าเท้านั้นไม่สม่ำเสมอตลอดเวลา ไม่เกิดส่วนโค้งเว้าของฝ่าเท้า โครงสร้างกระดูกส่วน Medial longitudinal arch จะลดต่ำแล้วล้มลงมา เป็นผลให้เท้ามีรูปทรงบิดเบี้ยวไปทางด้านนอกอย่างมาก และเท้าอยู่ในท่า Pronation ตลอดเวลา

3. **Acquired Flat Foot** เป็นกลุ่มที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าแบนผิดปกติ อันเป็นผลมาจากสาเหตุต่างที่ทำให้เท้าอยู่ในท่า Pronation ขณะที่ยืนรับน้ำหนักตัว โดยส่วนมากจะพบบ่อยในผู้ป่วยหญิงที่มีน้ำหนักมากขึ้น หรือมีอายุมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเสื่อมสภาพของ Posterior tibial tendon ผู้ป่วยที่เป็นโรครูมาตอยด์ หรือโรคข้อเท้าเสื่อม หรือโรคกระดูกสันหลังกดทับเส้นประสาทฯ ซึ่งทำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรงลง หรือผู้ป่วยที่กระดูกหักบริเวณเท้าส่งผลให้โครงสร้างฝ่าเท้าผิดรูปแบบปกติไป



รูปที่ 2.19 โครงสร้างของกระดูกเท้าบิดตัวเข้า ในขณะที่ยืนเป็นผลทำให้เกิดสภาวะเท้าแบน[18]

2.2.3.3 กระบวนการรักษา

สำหรับการรักษานั้นจะแบ่งออกเป็น 3 วิธี ตามสาเหตุของการเกิดเท้าแบนผิดปกติ คือ

1. สำหรับผู้ป่วยที่มีเท้าแบนจากสาเหตุ Flexible flat foot จะเริ่มต้นจากการขยับกายบริหารกล้ามเนื้อส่วน Tibialis posterior เพื่อช่วยให้มีความแข็งแรงและเกิดส่วนโค้งเว้าของอุ้งเท้า หรืออาจจะใช้รองเท้าที่มีส่วนรองรับเสริมให้เกิดอุ้งเท้า ในบางรายที่มีอาการเจ็บปวดมากแพทย์อาจจะวินิจฉัยแล้วถ้ามีความสัมพันธ์กับเอ็นร้อยหวายตึง ก็จะทำให้ทำการผ่าตัดเพื่อยึดเอ็นร้อยหวาย

2. สำหรับผู้ป่วยที่มีเท้าแบนจากสาเหตุ Rigid flat foot ถ้าหากตรวจพบในเด็กเล็กอายุ 3 -10 ปี จะทำรองเท้าที่เป็นเปลือกอ่อน เป็นระยะเวลา 6-24 เดือน เพื่อปรับให้โครงสร้างกระดูกอยู่ในแนวที่ถูกต้อง ในผู้ใหญ่จะช่วยให้แค่การบรรเทาคือทำแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคล เพื่อปรับให้เกิดการกระจายน้ำหนักได้ฝ่าเท้าอย่างเหมาะสม

3. สำหรับผู้ป่วยที่มีเท้าแบนจากสาเหตุ Acquired flat foot ที่มีกล้ามเนื้อส่วน Tibialis posterior เสื่อมสภาพหย่อนยาน ควรบริหารให้กล้ามเนื้อแข็งแรง ในรายเกิดอาการปวดมากแล้วส่งผลให้เกิดความผิดปกติที่กระดูกบริเวณข้อเท้า แพทย์อาจต้องพิจารณาผ่าตัดแก้ไขปัญหากระดูกส่วนนี้ [1]



รูปที่ 2.20 แผ่นรองเท้า(insole) ที่ช่วยกระจายแรงกดได้ฝ่าเท้าและพยุงให้เกิดอุ้งเท้า[19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิฉะนั้นผู้ใดที่นำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 เท้าโก่ง(Cavus foot)

อาการเท้าโก่ง(Cavus foot ,High-Arched Foot หรือ Pes Cavus) เป็นความผิดปกติของฝ่าเท้าในส่วนกระดูก Midfoot โดยจะทำให้ฝ่าเท้าโก่งสูงกว่าปกติมาก ส่งผลให้การกระจายน้ำหนักของร่างกายไปตกที่ส่วนเท้าส่วนหน้าและส่วนหลังมากในขณะยืนหรือเดิน จะสังเกตอาการได้จาก มีอาการปวดที่อุ้งเท้า ร่วมกับสันของรองเท้าจะสึกไปอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.21 เท้าของผู้ป่วยที่โก่งตัวขึ้นและปลายนิ้วเท้าจิกงุ่มลง[20]

2.2.4.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ

สำหรับกลุ่มของผู้ป่วยที่มีโครงสร้างของฝ่าเท้าโก่งผิดปกติจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามพยาธิสภาพที่ทำให้เกิด คือ

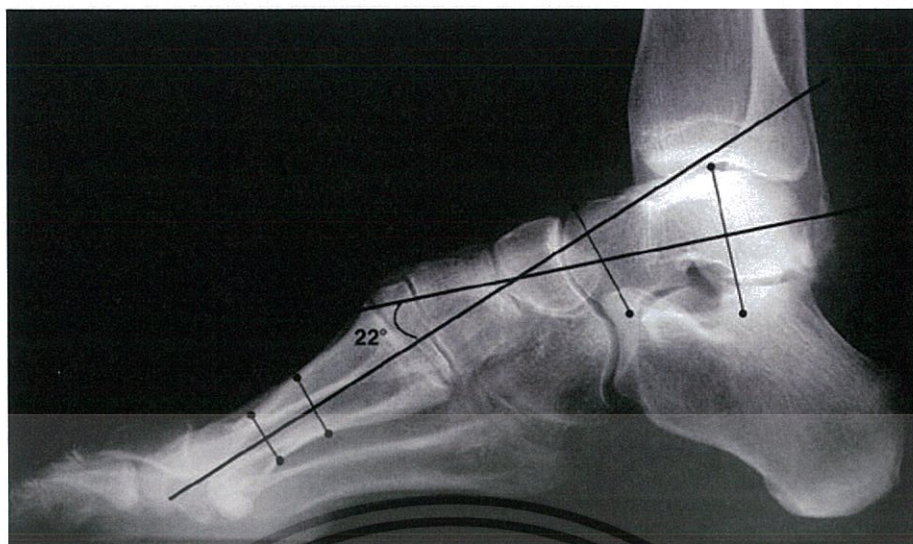
1. Physiologic cavus foot เป็นสาเหตุมาจากการถ่ายทอดความผิดปกติทางพันธุกรรมจากคนในครอบครัวที่มีประวัติเป็นอุ้งเท้าสูง โดยผู้ป่วยกลุ่มนี้จะการพัฒนาโครงสร้างของฝ่าเท้าส่วนอื่นเป็นปกติ มีนิ้วเท้าและสันเท้า แต่เฉพาะอุ้งเท้าจะสูงกว่าคนทั่วไป

2. Acquired cavus foot เป็นสาเหตุมาจากความผิดปกติของโครงสร้างร่างกายที่ส่งผลให้เท้าผิดรูปร่างตามมา อาจจะมีอาการ อุ้งเท้าสูงขึ้น ปลายนิ้วงุ่มลง(Claw toe) กระดูกนิ้วเท้าส่วน Metatarsal จิกงุ่มขึ้น โคนนิ้วเหยียดแอน และมีสันเท้าบิดเข้าด้านใน

2.2.4.2 อาการและการวินิจฉัยโรค

โครงสร้างของฝ่าเท้าที่โค้งผิดปกติไปนั้นจะปรากฏเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อผู้ป่วยยืนตรงและน้ำหนักตัวได้กระจายลงสู่พื้น ซึ่งจะมีอาการนิ้วเท้างอ (Hammertoes) เล็บเท้ากำแนม มีอาการปวดเมื่อย เมื่อยืนหรือเดินเป็นเวลานาน ผลจากการวางตัวของเท้าที่ไม่สมดุลนี้จะส่งผลให้เกิดการเคล็ดขัดยอกที่ข้อเท้า ในบางรายกระดูกเท้าส่วนกลางปูดบวมขึ้นมาโดยแพทย์จะสามารถวินิจฉัยถึงความผิดปกตินี้ได้ด้วยตาเปล่าตลอดจนการใช้เครื่องมือเพื่อตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างเท้า หรือการฉายภาพรังสี X-ray เพื่อตรวจสอบหาจุดที่กระดูกมีการวางตัวที่ผิดปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 ภาพฉายรังสี แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างกระดูกเท้าที่โค้งตัวขึ้นผิดปกติ[21]

2.2.4.3 กระบวนการรักษา

สำหรับการรักษาในรายที่ความโค้งไม่มากนักจะใช้แผ่นซิลิโคนใส่ไปในรองเท้าเพื่อรองรับการกระจายน้ำหนักของเท้า เสริมให้มีขนาดที่พอดี และปรับแต่งรองเท้าให้เข้ารูปเท้าโดยเฉพาะ ไม่มีการกดทับส่วนกระดูก Metatarsal ส่วนในรายที่มีความโค้งของเท้ามากและรุนแรง แพทย์อาจจะวินิจฉัยให้ฉายภาพรังสี เพื่อตรวจสอบกระดูกส่วนที่โค้งผิดปกติแล้วผ่าตัดปรับให้เกิดความสมดุล



รูปที่ 2.23 แผ่นรองเท้าที่รองรับการกระจายน้ำหนักที่สันเท้า เท้าส่วนกลางและปลายนิ้วเท้า[22]

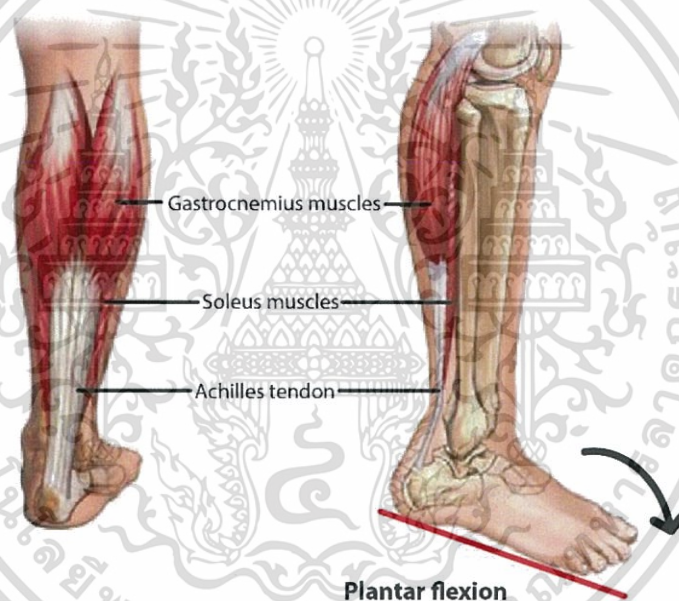
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 เท้าเขย่ง (Equinus Deformity)

อาการเท้าเขย่ง(Equinus Deformity) เป็นความผิดปกติของข้อเท้า และเท้าส่วนหลังที่จะมีลักษณะเหยียดปลายเท้าชี้ลงพื้น โดยเส้นเอ็นร้อยหวายจะสั้นกว่าปกติ แล้วในขณะที่เดินจะไม่สามารถยกเท้าให้ตั้งฉากกับขาได้มากกว่า 10 องศา เท้าและขาอยู่ในท่า Plantar flexion โดยการกระจายน้ำหนักที่เท้าและฝ่าเท้าจะไม่สมดุล อยู่แต่เพียงเท้าด้านหน้า

2.2.5.1 สาเหตุที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ

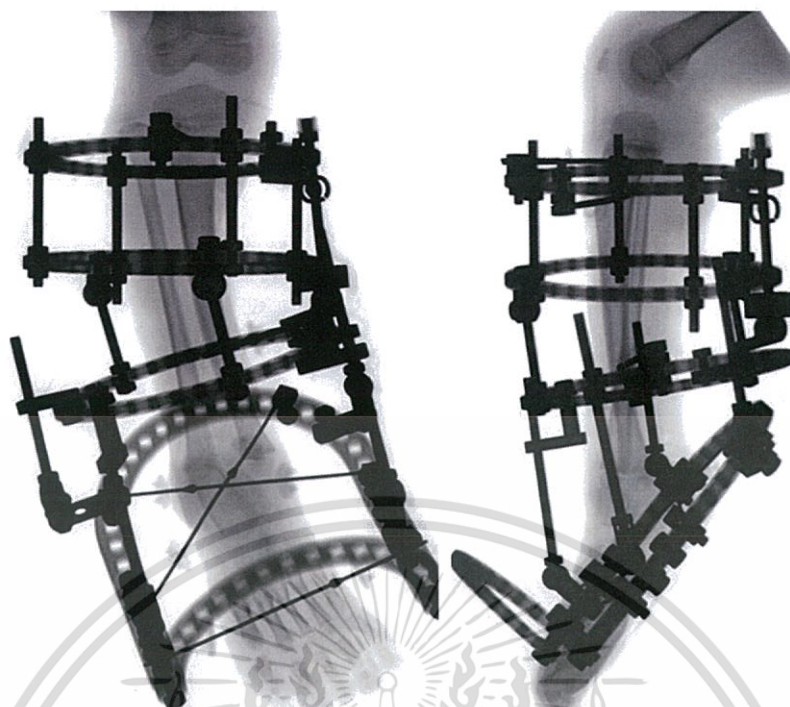
ความผิดปกติที่เท้าเขย่งขึ้นมากกว่าปกตินี้เกิดจากพัฒนาการที่บกพร่องในการสร้างกล้ามเนื้อและเอ็นร้อยหวายที่สั้น ซึ่งในผู้ป่วยบางรายลักษณะความผิดปกตินี้ก็ได้อุบัติถ่ายทอดไปตามกรรมพันธุ์ ตลอดจนอาการจากโรคเบาหวานที่ส่งผลกระทบต่อเส้นเอ็นร้อยหวายเป็นเหตุให้เกิดอาการรัศตรง อีกทั้งยังเกิดจากการประสบอุบัติเหตุที่ส่งผลกับการเคลื่อนไหวของข้อเท้าเป็นไปได้อย่างจำกัด



รูปที่ 2.24 กล้ามเนื้อ และเอ็นร้อยหวาย ที่ผิดปกติทำให้เกิดอาการเท้าเขย่ง[23]

2.2.5.2 อาการและการวินิจฉัยโรค

ในสถานะที่ผู้ป่วยที่เท้ามีความผิดปกติจะเคลื่อนไหวข้อเท้า แล้วน้ำหนักตัวส่วนใหญ่จะถ่ายไปยังเท้าส่วนหน้า โดยที่เท้าส่วนหลังยกตัวขึ้นเป็นมุมทำให้เกิดความไม่สมดุล ส่งผลให้เกิดอาการตึง และเกร็ง ที่กล้ามเนื้อ Gastrocnemius muscles และ soleus muscles ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอาการปวดหลัง และเอวได้ ซึ่งแพทย์จะสามารถตรวจสอบได้โดยภาพถ่ายรังสีเอ็กซี้ เพื่อประเมินถึงการจัดเรียงของโครงสร้างกระดูกเท้า ประกอบกับข้อมูลพัฒนาการตั้งแต่แรกเกิดของผู้ป่วย



รูปที่ 2.25 การใส่โครงเหล็กเพื่อปรับและจัดโครงสร้างกระดูกในผู้ป่วยที่เป็นเด็ก[24]

2.2.5.3 กระบวนการรักษา

ในส่วนของการรักษาจะขึ้นอยู่กับความผิดปกติที่เกิดขึ้น ในรายที่เป็นเด็กที่มีโครงสร้างของเท้าที่จิก เขย่งมาก จะผ่าตัดแล้วใช้โครงสร้างเหล็กเพื่อปรับจุดโครงสร้างกระดูกให้กลับมาอยู่ในแนวโน้มที่ถูกต้อง แต่สำหรับอาการเท้าผิดปกติไม่มากนักจะใช้การบำบัดทางกายภาพ โดยใช้รองเท้าที่เป็นเปลือกอ่อน หรือแผ่นเสริมปรับระดับให้รองรับอุ้งเท้า และสันเท้า เพื่อการกระจายน้ำหนักของร่างกายที่ถูกต้อง แล้วลดอาการตึงของกล้ามเนื้อ[25]



รูปที่ 2.26 การใส่รองเท้าเฉพาะที่มีลักษณะเป็นเปลือกเพื่อปรับลักษณะการเดินและลงน้ำหนักเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

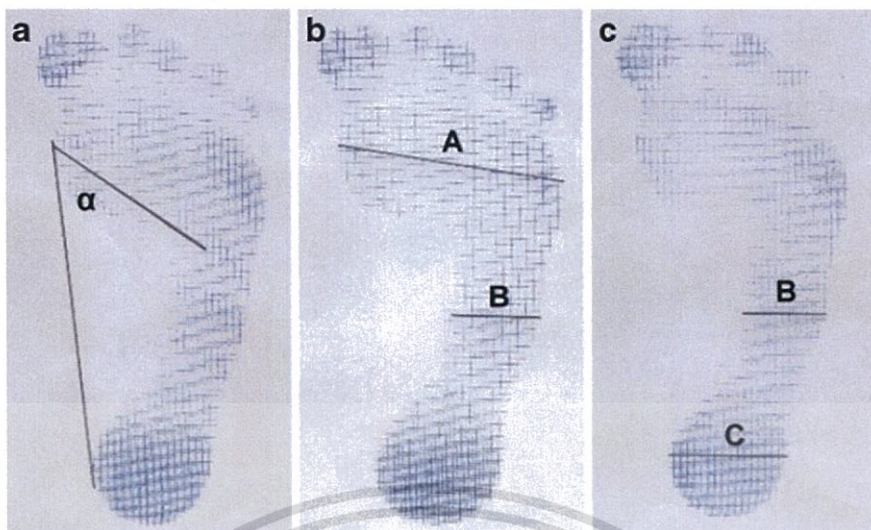
2.3.1 วิธีการคัดกรองความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า

การตรวจสอบความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้านั้นมีจุดประสงค์เพื่อบ่งบอกถึงสุขภาพของฝ่าเท้าที่ส่งผลและมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคเท้าได้ อันเป็นผลมาจากการเดิน ยืน หรือทำกิจกรรมต่างๆในชีวิตประจำวัน ที่เท้าต้องมีการรับและกระจายน้ำหนักของร่างกายส่งต่อไปยังพื้นดิน ผ่านโครงสร้างของร่างกายในส่วนของกระดูก เอ็น และกล้ามเนื้อ แต่ถ้าหากโครงสร้างเหล่านี้มีการทำงานที่ผิดปกติ หรือกายกายเจียนน้ำหนักแรงกดที่ไม่สม่ำเสมอ ก็จะเป็นสาเหตุให้เกิดอาการบาดเจ็บจนทำให้เกิดสภาวะโครงสร้าง เท้า หรือ ฝ่าเท้าที่ผิดปกติ

สำหรับผู้ป่วยส่วนมากมันจะไม่ทราบว่าตนเองนั้นมีความผิดปกติของโครงสร้างเท้าหรือฝ่าเท้า จนกระทั่งเกิดอาการเจ็บปวด แล้วทำให้การดำเนินชีวิตประจำวันเป็นไปอย่างไม่ปกติ แต่ในบางรายอาจจะที่มีการพบแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแล้วตรวจสอบพบอาการผิดปกตินี้ได้ก่อน ส่งผลให้สามารถหาวิธีการที่บรรเทาอาการเจ็บปวด หรือหาอุปกรณ์ช่วยเพื่อแก้ไขอาการผิดปกติได้

โดยแพทย์และนักกายภาพผู้เชี่ยวชาญในโครงสร้างร่างกาย โดยเฉพาะโครงสร้างเท้าและฝ่าเท้านั้นได้วิจัยและพัฒนาถึงกระบวนการตรวจสอบ แล้วจำแนกกลุ่มอาการผิดปกติของโครงสร้างเท้าและฝ่าเท้า ซึ่งก็มีอยู่ด้วยกันหลายหลายวิธี โดย Mohsen Razeghi และ Mark Edward Batt [26] ได้รวบรวมถึงวิธีการตรวจสอบและจำแนกประเภทของอาการผิดปกติโครงสร้างเท้าและฝ่าเท้า ด้วยวิธีการที่มีใช้งานอยู่ในปัจจุบันจะขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของการกระจายและลงน้ำหนักของฝ่าเท้า ซึ่งอาจจะใช้วิธีการตรวจสอบจาก วิจารณ์ญาณของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ภาพพิมพ์รอยเท้า ค่าดัชนีฝ่าเท้า โครงสร้างฝ่าเท้าและการลงน้ำหนักของเท้าในแต่ละส่วน ตลอดจนการประเมินผลจากภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ เป็นต้น

ซึ่งได้มีแพทย์ นักกายภาพ และนักวิจัยจำนวนมากนำไปกระบวนการตรวจสอบและจำแนกประเภทของอาการผิดปกติโครงสร้างเท้าและฝ่าเท้านี้ไปทดสอบ ตรวจสอบ กับกลุ่มวิจัยหรือกลุ่มผู้ป่วยในทุกเพศทุกวัย โดย Kun-Chung Chen และคณะ [27] ได้วิเคราะห์ภาพพิมพ์รอยเท้าของเด็กเพื่อตรวจสอบหาเด็กที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าที่แบนผิดปกติ โดยใช้อุปกรณ์พิมพ์รอยเท้า Harris Mat ที่สัมพันธ์กับแรงกดใต้ฝ่าเท้าแต่ละส่วน แสดงเป็นภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้วยหมึกพิมพ์บนกระดาษ ซึ่งได้วิธีการวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้า Clarke's angle ,Chippaux-Smirak index และ Staheli arch index ร่วมกับการประเมินผลทางสถิติ ทำให้ได้ข้อสรุปว่าวิธีการวิเคราะห์ Chippaux-Smirak index เหมาะสมกับการตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าของเด็กที่มีความเสี่ยงเป็นสภาวะเท้าแบนจากกลุ่มทดสอบ



รูปที่ 2.27 วิธีการวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้า (a) Clarke's angle , (b) Chippaux-Smirak index และ (c) Staheli arch index

อีกทั้ง Cenk Murat Ozer และ Cagatay Barut [28] ได้ทำการวิจัยถึงประเมินลักษณะโครงสร้างฝ่าเท้าของนักฟุตบอลอาชีพชาวตุรกีและอาสาสมัคร 100 คน ที่ศึกษาถึงรอยพิมพ์ฝ่าเท้า ที่ได้จากเครื่องสแกนเนอร์ที่มีอุปกรณ์ยื่นเพื่อตรวจสอบการลงน้ำหนัก 50% และ 90% ของน้ำหนักตัว (ใช้วิธีการยืนตรงแล้วยกขาขึ้นข้างหนึ่งและอีกให้ข้างรับน้ำหนัก) จากนั้นวัดค่าความกว้าง ยาว และค่าดัชนีฝ่าเท้าด้วยวิธีต่างๆ เช่น Arch (Clarke) angle, Chippaux-Smirak index , Staheli index , Arch length index , Footprint index , Truncated arch index และ Arch index แล้วเก็บบันทึกค่าและประมวลผลทางสถิติพบว่า วิธีการตรวจสอบโดยใช้ค่าดัชนี Arch (Clarke) angle , Arch length index และ Truncated arch index ได้ผลมีประสิทธิภาพสูง ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลนำไปสู่การออกแบบรองเท้าของนักกีฬาฟุตบอลได้อย่าง แม่นยำและมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับนักกีฬา

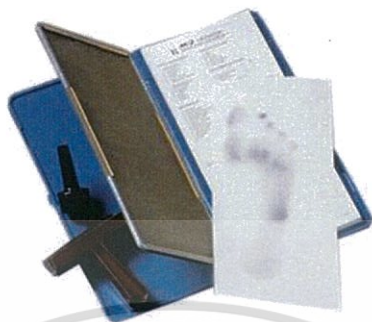
2.3.2 การพัฒนาเครื่องมือตรวจวัดความผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้า

ความผิดปกติของเท้าและโครงสร้างฝ่าเท้า นั้น มีการพัฒนาใช้งานเครื่องมือและอุปกรณ์แบบต่างๆ เพื่อใช้ในการวัดและตรวจสอบหาจากแรงกดใต้ฝ่าเท้า เช่น Hartis Mat, Platform System (Force-Sensing Resistor(FSR), Capacitive Sensors, Piezoelectric Sensors, Piezoresistive Sensors, Magnetic, Vacuum system), Fabric Pressure Sensing, Podoscope, X-ray และ อุปกรณ์แบบอื่นๆ[29]

Harris Mat [30,31] เป็นเครื่องมือที่ใช้เป็นอุปกรณ์มาตรฐานในการตรวจวัดแรงกดและโครงสร้างฝ่าเท้า สร้างเป็นภาพพิมพ์เท้าโดยใช้หมึกพิมพ์กับกระดาษ ที่แสดงให้เห็นถึงภาพรวมของโครงสร้างใต้ฝ่าเท้าและพื้นที่บริเวณที่มีน้ำหนักแรงกดมาก-น้อย อีกทั้งถ้าหากต้องการวัดค่าดัชนีเท้า

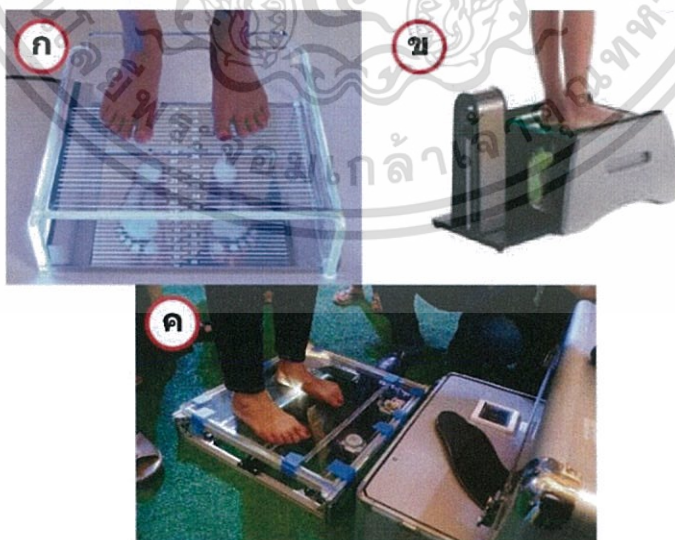
ยังคงต้องวัดด้วยวิธีการหาความยาวและคำนวณแบบเดิมอยู่ อย่างไรก็ตามได้มีการพัฒนาเซ็นเซอร์เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบตาราง โดยใช้เป็นเซ็นเซอร์แรงกด, ความเก็บประจุ, เปียโซอิเล็กทริก หรือใช้เทคนิคทางแสงเข้ามาประยุกต์ในการวัดแรงกดได้ฝ่าเท้า และโครงสร้างฝ่าเท้า ที่ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์เฉพาะเพื่อแสดงผลรูปภาพพิมพ์เท้า และข้อมูลดัชนีฝ่าเท้า ซึ่งได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำ แต่มีราคาที่สูงมาก



รูปที่ 2.28 อุปกรณ์ Harris Mat ที่ใช้ตรวจวัดแรงกดและโครงสร้างฝ่าเท้า

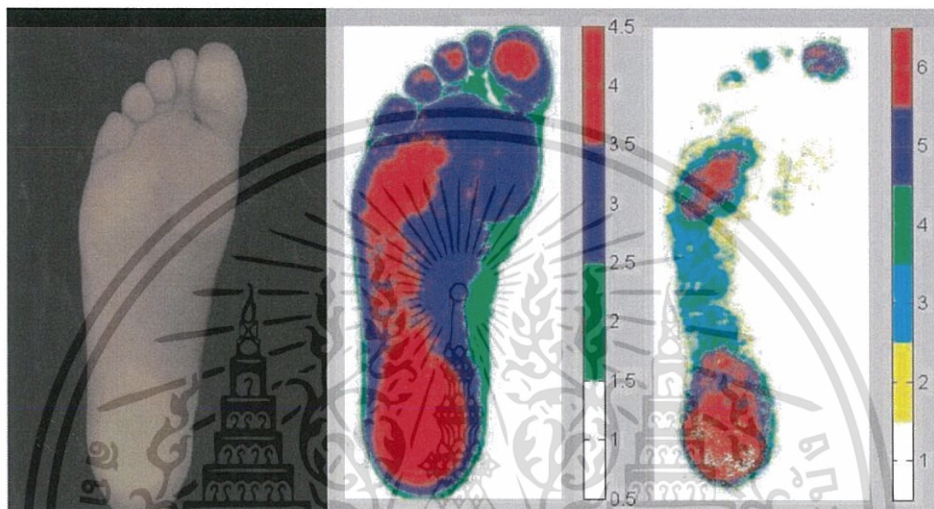
Podogram เป็นรูปแบบการวิเคราะห์โครงสร้างฝ่าเท้า ที่แสดงเป็นรูปร่างแรงกดได้ฝ่าเท้าหรือรูปภาพแบบพิมพ์เท้า ซึ่งกระบวนการนี้จะอาศัยการแรงกดของผิวหนังโครงสร้างเท้าที่กระทำกับพื้นเมื่อผู้ป่วยยืนบนแผ่นกระจกที่ให้แหล่งกำเนิดแสงจากด้านข้างและมีกระจกสะท้อนด้านล่างก็จะเห็นถึงรูปภาพแบบพิมพ์เท้าที่สะท้อนจากกระจก จะใช้การมองเห็นหรือใช้กล้องถ่ายภาพบันทึกภาพแบบพิมพ์เท้าเพื่อใช้ในการวัดดัชนีเท้าแล้ววิเคราะห์บ่งบอกถึงการผิดปกติของโครงสร้างเท้าของผู้ป่วยได้ โดยทั่วไปแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและนักกายภาพนิยมใช้งานกันเป็นอย่างมากโดยเรียกเครื่องนี้ว่า “โพโดสโคป(Podoscope)” [32] ซึ่งภาพที่ได้จะแสดงถึงระดับความเข้มแสงที่สัมพันธ์กับแรงกดได้ฝ่าเท้าและรูปโครงสร้างฝ่าเท้า สามารถแสดงถึงอาการผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า เช่น เท้าแบน เท้าโก่ง นิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วก้อยเอียงผิดรูป ตาปลา และแผลอักเสบที่ฝ่าเท้า



รูปที่ 2.29 ประเภทของเครื่องโพโดสโคป (ก) สะท้อนกระจกเงาด้านล่าง (ข) สะท้อนกระจกเงาแล้วใช้กล้องบันทึกภาพ (ค) ใช้ CCD Matrix camera หรือ เครื่องสแกนเนอร์เก็บบันทึกภาพที่ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.A.Morsy และ A.Hosny[33] ได้เริ่มต้นพัฒนาสร้างเครื่องโพโดสโคป เพื่อตรวจสอบแรงกดใต้ฝ่าเท้าของผู้ป่วยเบาหวาน โดยได้เก็บภาพพิมพ์ฝ่าเท้าแล้วทำการวิเคราะห์ภาพในส่วนของการตัดระดับเทรซโฮลด์ภาพ การแยกภาพที่สนใจจากภาพพื้นหลัง การเปรียบเทียบภาพระดับสีเทากับระดับสี เป็นการตรวจสอบแรงกดใต้ฝ่าเท้าเปรียบเทียบแสดงถึงจุดที่มีแรงกระทำมากบ่งบอกเป็นสีแดง ซึ่งเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมานี้มีต้นทุนต่ำ ง่ายต่อการใช้งานสื่อสารกับผู้ป่วยที่บ่งบอกถึงอาการผิดปกติของการลงน้ำหนักและแรงกดใต้ฝ่าเท้าได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.30 กระบวนการเก็บภาพพิมพ์ฝ่าเท้า และเปรียบเทียบระดับแรงกดใต้ฝ่าเท้าเป็นเฉดสี

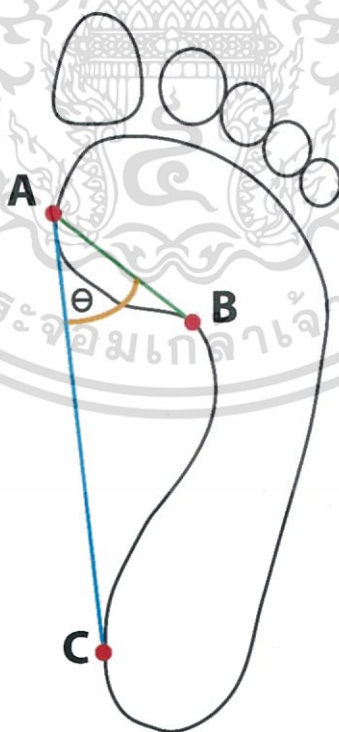
ด้วยเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เครื่องโพโดสโคปมีการพัฒนาให้แพทย์และนักกายภาพ มีความสะดวกในการทำการตรวจคัดกรองผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า จากสาเหตุต่างๆ ด้วยความสามารถเฉพาะของโปรแกรมควบคุม การแสดงผล ข้อมูลภาพพิมพ์เท้า และการวิเคราะห์ข้อมูลดัชนีฝ่าเท้า แล้วทำไปสู่การวินิจฉัยถึงความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า เพื่อการรักษาและป้องกันอย่างถูกวิธี จนทำให้ผู้ป่วยบรรเทาอาการเจ็บปวด ส่งผลให้สามารถดำเนินกิจวัตรประจำวันได้อย่างเป็นปกติ

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 กระบวนการจำแนกประเภทของโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ

แพทย์และนักกายภาพผู้ชำนาญการเกี่ยวกับความผิดปกติของเท้า และโรคเท้าได้พัฒนาวิธีการตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าหลากหลายวิธี ใช้องค์ความรู้ทางสถิติเข้ามาช่วยจัดการ ซึ่งในแต่ละวิธีนั้นจะใช้ค่าดัชนีเท้า ความกว้าง ความยาว มุม และพื้นที่ แต่ละจุดตามโครงสร้างฝ่าเท้า แล้วนำมาคำนวณหาค่าอัตราส่วนของค่าดัชนีฝ่าเท้า ซึ่งแต่ละวิธีจะมีค่าขอบเขตที่กำหนดไว้เพื่อแยกแยะประเภทความผิดปกติของโครงสร้าง ซึ่งก็จะเลือกใช้ให้เหมาะสมกับผู้ป่วย โดยจะใช้ประกอบข้อมูล รูปภาพแบบพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่ได้จากเครื่องมือต่าง ๆ นำมาวินิจฉัยเพื่อคัดกรองและตรวจสอบตลอดจนหาวิธีการรักษาผู้ป่วยที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติไปโดยวิธีการที่นิยมใช้งานกัน ได้แก่

2.4.1.1 Arch(Clarke) angle เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ โดยใช้มุมของเส้น AB ที่ลากผ่านจากเท้าส่วนด้าน Medial metatarsal ไปยังจุดกึ่งกลางของส่วน M2 ที่โค้งเว้าเข้าไป กับเส้น AC ที่ลากผ่านไปยังเท้าส่วน Medial heel คำนวณได้เป็นค่ามุมที่ของเท้าที่เกิดขึ้น ซึ่งถ้าได้ค่าน้อยก็จะมีความเสี่ยงเป็นโรคเท้าแบน ซึ่งจุดการวัดแสดงดังรูปที่ 2.31

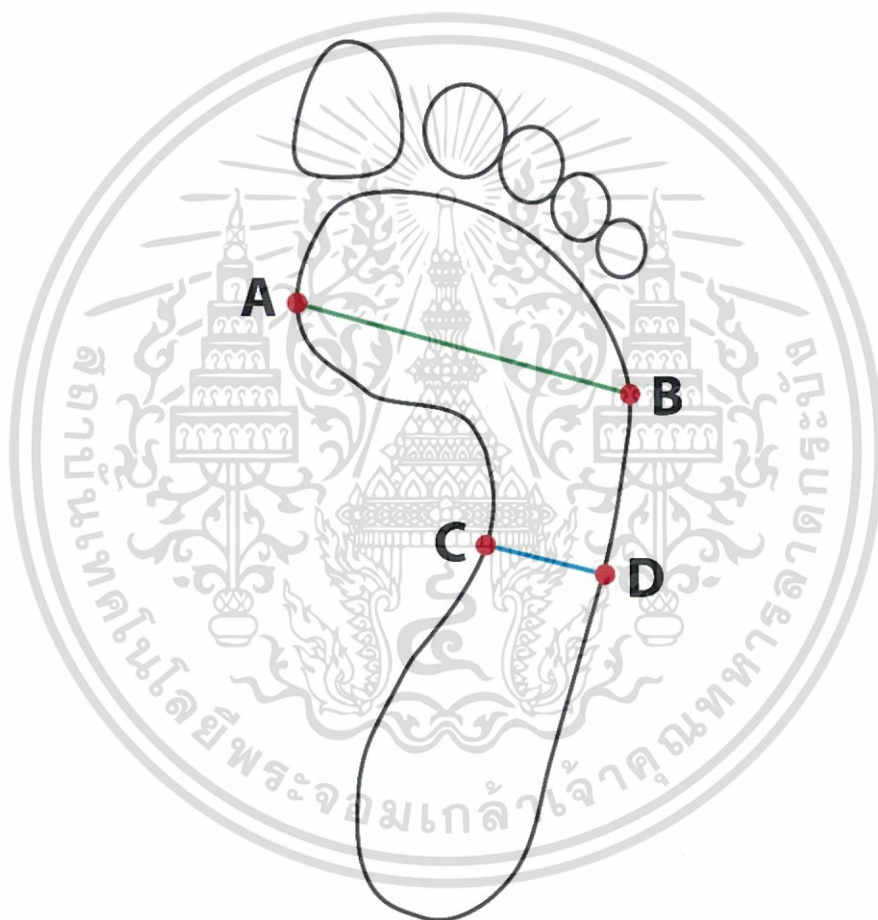


รูปที่ 2.31 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Arch angle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.2 Chippaux-Smirak index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติโดยใช้ค่าอัตราส่วนของความยาวจากเส้น AB ที่ลากผ่านจากเท้าส่วน Forefoot ที่กว้างที่สุด ด้าน Medial metatarsal ไปยัง Lateral metatarsal กับเส้น CD ที่ลากผ่านเท้าส่วน Midfoot ที่แคบที่สุด ซึ่งจะคำนวณได้อัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่โครงสร้างเท้าผิดปกติ เป็นไปตามสมการที่ 2.1 โดยแสดงจุดการวัดดังรูปที่ 2.32

$$\text{Chippaux-Smirak index} = \frac{CD}{AB} \quad (2.1)$$

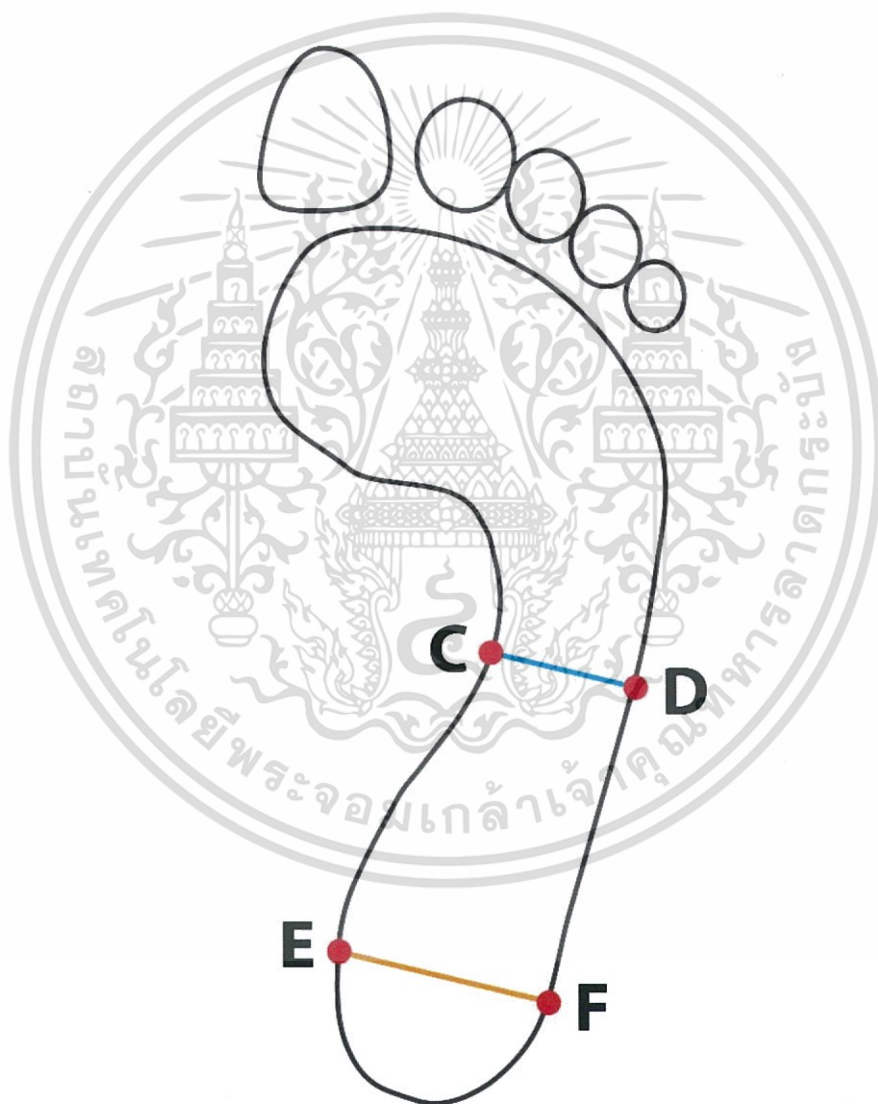


รูปที่ 2.32 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Chippaux-Smirak index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.3 Staheli arch index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติโดยใช้อัตราส่วนของความยาวจากเส้น CD ลากผ่านเท้าส่วน Midfoot ที่แคบที่สุด กับเส้น EF ที่ลากจากเท้าส่วน Hindfoot ตรงจุด Medial heel ไปยัง Lateral heel ซึ่งจะคำนวณได้อัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่โครงสร้างเท้าผิดปกติ เป็นไปตามสมการที่ 2.2 โดยแสดงจุดการวัดดังรูปที่ 2.33

$$\text{Staheli arch index} = \frac{CD}{EF} \quad (2.2)$$

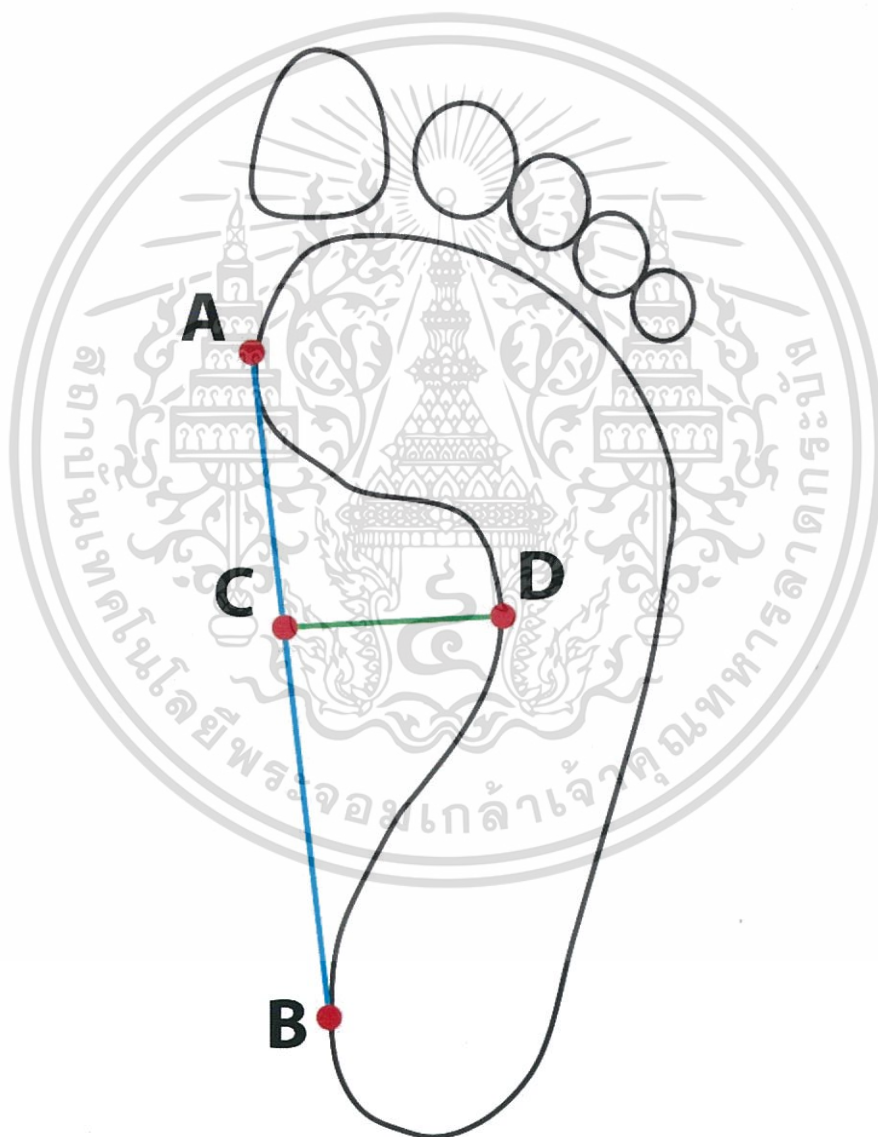


รูปที่ 2.33 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Staheli arch index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.4 Arch length index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ ผิดปกติโดยใช้อัตราส่วนของความยาวจากเส้น AB ลากผ่านเท้าส่วน Forefoot ด้าน Medial metatarsal ลากไปยังเท้าส่วน Hindfoot ตรงจุด Medial heel กับเส้น CD ที่ลากจากเส้น AB ไปยัง จุดที่แคบที่สุดของเท้าส่วน Midfoot ซึ่งจะคำนวณได้อัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่โครงสร้างเท้า ผิดปกติไป เป็นไปตามสมการที่ 2.3 โดยแสดงจุดการวัดดังรูปที่ 2.34

$$\text{Arch length index} = \frac{AB}{CD} \quad (2.3)$$

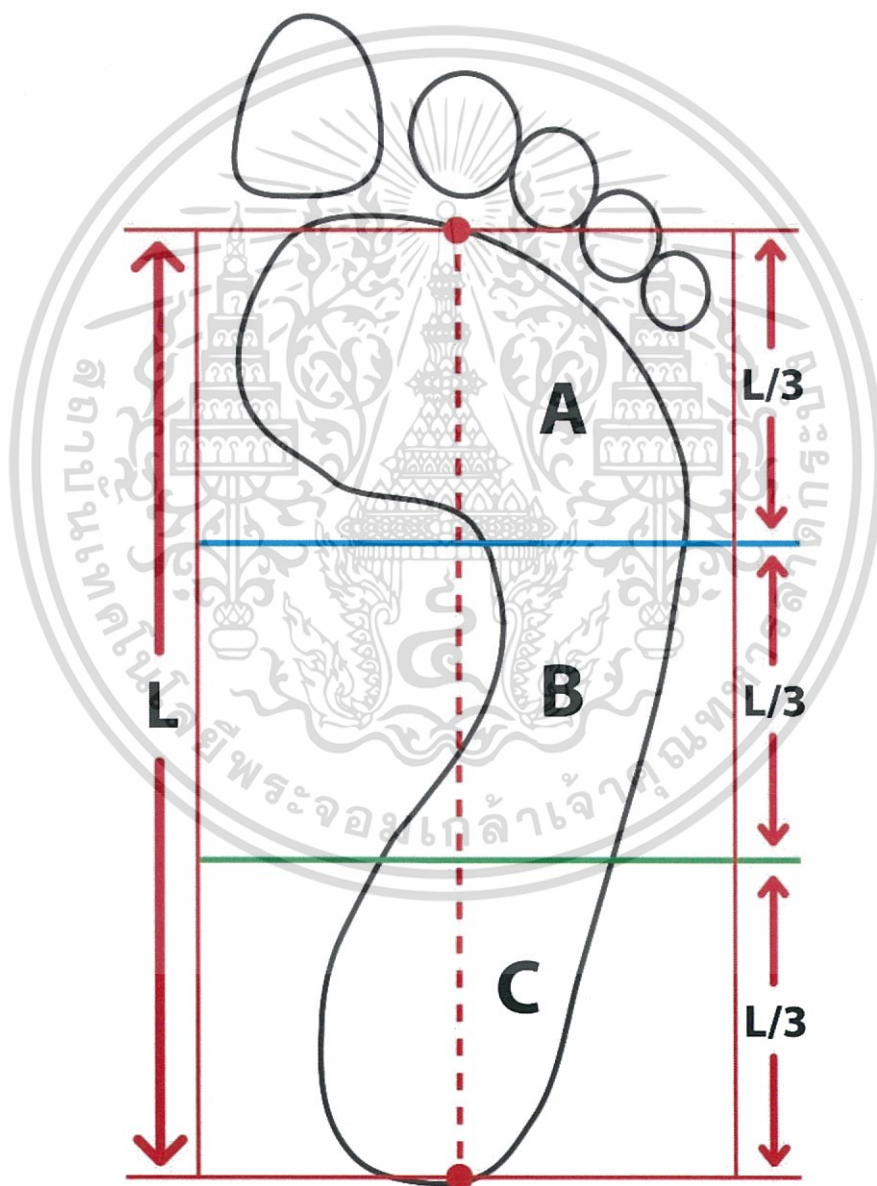


รูปที่ 2.34 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Arch length index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.5 Arch index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติโดยใช้ อัตราส่วนของพื้นที่ A, B และ C ซึ่งจะมีเส้นแบ่งเท้าทั้ง 3 ส่วนให้มีพื้นที่เท่ากัน โดยมีเส้นประลากผ่า กลางตั้งแต่ เท้าส่วน Metatarsal ไปสุดยังปลายของเท้าส่วนHeel ซึ่งจะคำนวณได้อัตราส่วนที่บ่งบอก ถึงความเสี่ยงที่โครงสร้างเท้าผิดปกติ เป็นไปตามสมการที่ 2.4 โดยแสดงจุดการวัดดังรูปที่ 2.35

$$\text{Arch index} = \frac{B}{(A+B+C)} \quad (2.4)$$

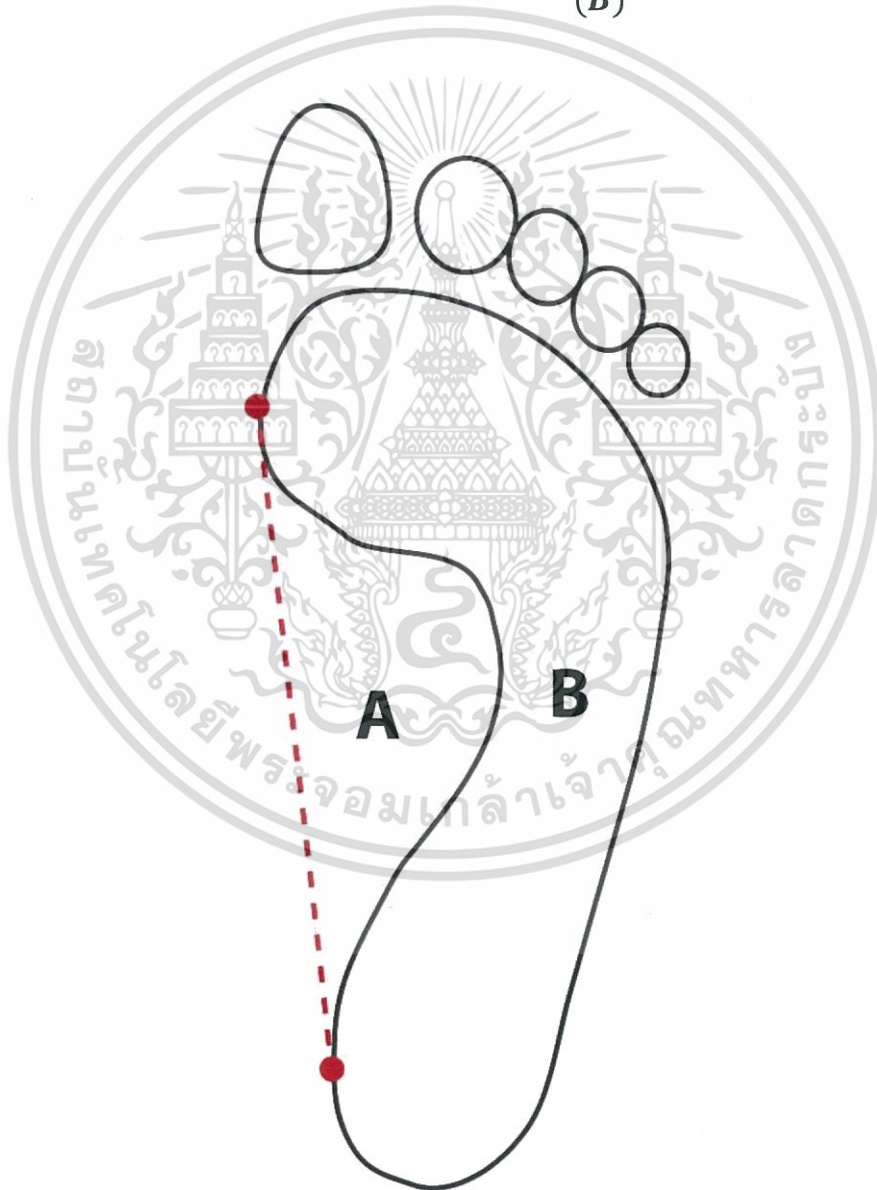


รูปที่ 2.35 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Arch index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.6 Footprint index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ โดยพิจารณาจาก การลากเส้นจากเท้าส่วน Forefoot ด้าน Medial metatarsal ไปยังเท้าส่วน Hindfoot ตรงจุด Medial heel ซึ่งพิจารณากับขอบเขตส่วนนอกของส่วนโค้งเว้าของเท้า เป็นพื้นที่ A และ พื้นที่ B คือส่วนโครงสร้างแบบพิมพ์ฝ่าเท้าส่วน Metatarsal , Lateral midfoot และ heel นำมาคำนวณตามสมการที่ 2.5 ได้อัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่โครงสร้างเท้าผิดปกติ โดยแสดง จุดการวัดดังรูปที่ 2.36

$$\text{Footprint index} = \frac{A}{(B)} \quad (2.5)$$

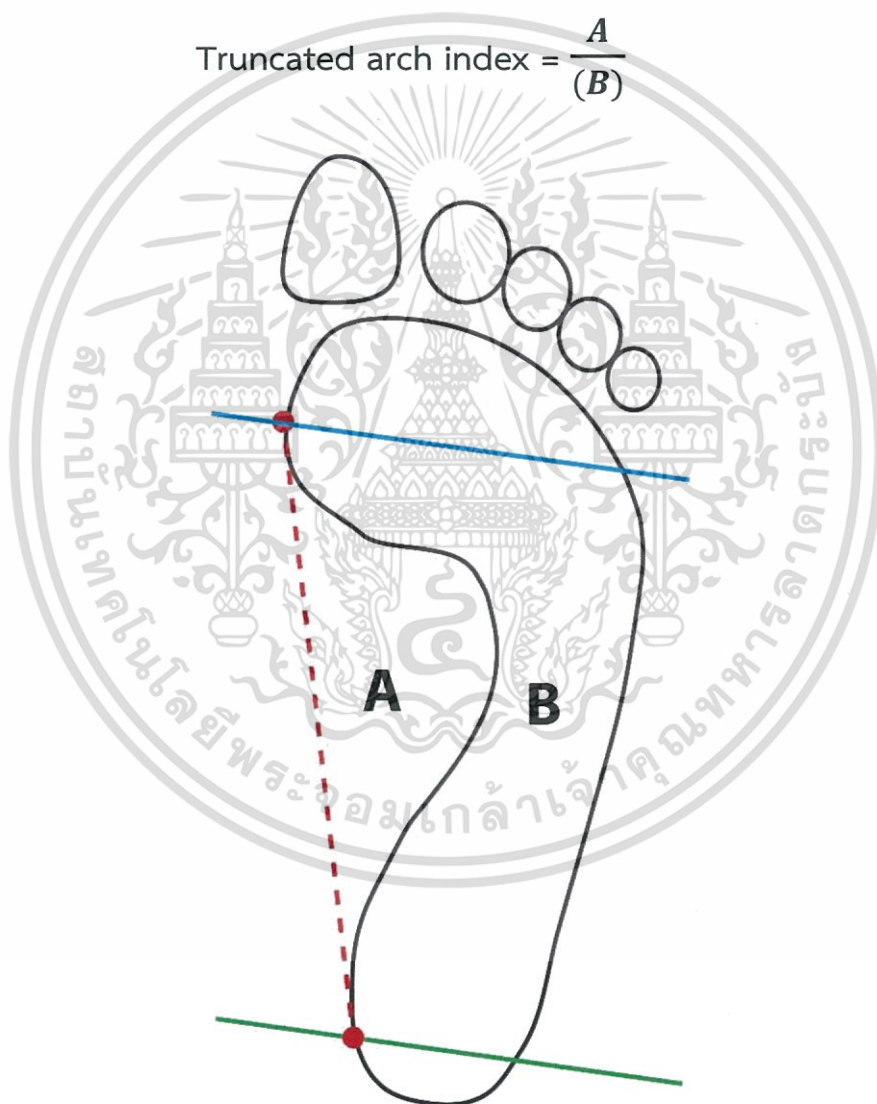


รูปที่ 2.36 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Footprint index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.7 Truncated arch index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ ผิดปกติโดยกำหนดเส้นแบ่งพื้นที่ที่ใช้พิจารณาโดยลากเส้นแรกตรงเท้าส่วนกลางของ Medial metatarsal ไปยัง Lateral metatarsal และอีกเส้นคือส่วนกลางของ Medial heel ไปยัง Lateral heel เพื่อกำหนดขอบเขต จากนั้นลากเส้นจากเท้าส่วน Forefoot ด้าน Medial metatarsal ไปยัง เท้าส่วน Hindfoot ตรงจุด Medial heel ซึ่งพิจารณาขอบเขตส่วนนอกของส่วนโค้งเว้าของเท้า เป็น พื้นที่ A และ พื้นที่ B คือ ส่วนโครงสร้างแบบพิมพ์ฝ่าเท้าส่วน Metatarsal , Lateral midfoot และ heel ที่อยู่ในขอบเขต นำมาคำนวณตามสมการที่ 2.6 ได้อัตราส่วนที่บ่งบอกถึงความเสี่ยงที่โครงสร้าง เท้าผิดปกติ [5] โดยแสดงจุดการวัดดังรูปที่ 2.37

$$\text{Truncated arch index} = \frac{A}{(B)} \quad (2.6)$$

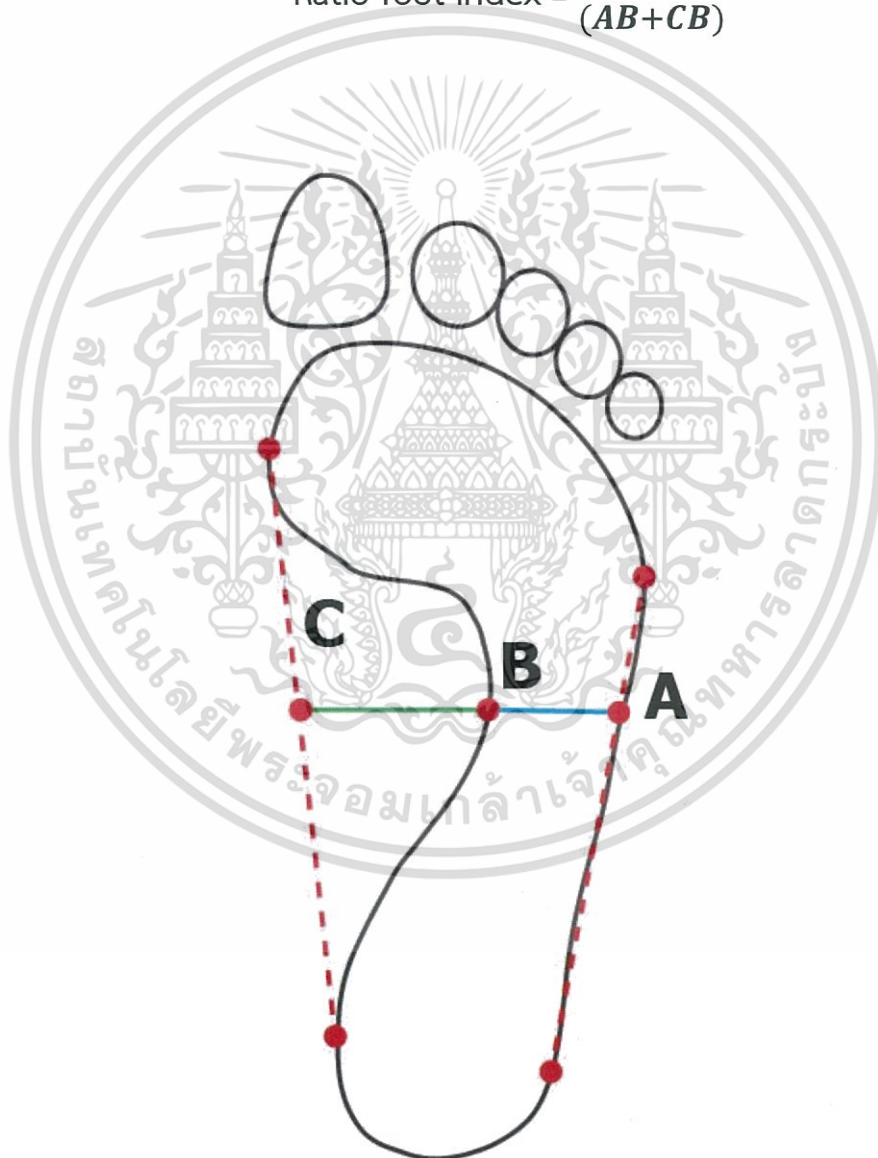


รูปที่ 2.37 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Truncated arch index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1.8 Ratio foot index เป็นวิธีการตรวจสอบวัดโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติซึ่งได้ใช้งานอยู่ที่ คลินิกสุขภาพเท้ากรุงเทพ โรงพยาบาลกรุงเทพ โดย นพ. เขิตพงศ์ หังสสุต ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้สำหรับคัดกรองและแยกแยะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วยที่มาปรึกษา ด้วยกระบวนการวิธีนี้จะให้ความสนใจกับส่วนโค้งเว้าของฝ่าเท้า โดย ลากเส้นเพื่อกำหนดจุดขอบเขตที่จะพิจารณา แล้วลากเส้น CB ไปยังจุด B ที่เป็นขอบเขตของรอยเท้าส่วน Lateral midfoot ที่แคบที่สุด แล้วลากเส้น AB จากด้าน Lateral ไปยังจุด B ซึ่งแสดงจุดการวัดให้เห็นดังรูปที่ 2.38 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 2.7

$$\text{Ratio foot index} = \frac{AB}{(AB+CB)} \quad (2.7)$$



รูปที่ 2.38 แสดงจุดการวัดด้วยวิธี Ratio foot index

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

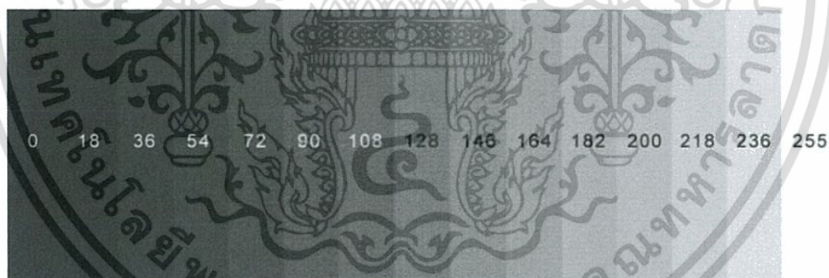
2.4.2 การประมวลผลภาพ

สำหรับการถ่ายภาพพิมพ์ภาพถ่ายที่แสดงถึงโครงสร้างภาพถ่ายของผู้ป่วยนั้น จะใช้กล้องถ่ายภาพหรือชุดเซนเซอร์เก็บบันทึกภาพ ถ่ายและเก็บบันทึกภาพแล้วประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์เพื่อวิเคราะห์หัดชั้นนี้ภาพถ่ายของผู้ป่วย นั้นต้องอาศัยกระบวนการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) ซึ่งวิธีการแปลงรูปภาพออกมาเป็นข้อมูลแบบดิจิทัลที่สนใจพิจารณาได้ โดยในงานวิจัยได้ใช้หลักการ ทฤษฎีและวิธีการประมวลผลภาพดังนี้

2.4.2.1 ประเภทของภาพ (Image types)

1. ภาพระดับความเข้มเทา (Gray scale image/Intensity image)

ภาพระดับความเข้มเทาจะมีลักษณะของค่าความเข้มแสงในระดับที่แตกต่างกันของแต่ละพิกเซล โดยมีการไล่ระดับกันไปตั้งแต่ระดับดำไปจนถึงระดับขาว ซึ่งแทนเป็นระดับความเข้มของแสงได้โดยการไล่ระดับความเข้มเทา (Gray scale) ได้เป็นระดับ 8 บิต นั้นแสดงว่าค่าความเข้มจะถูกแบ่งได้เป็น 256 ระดับ โดยเมื่อพิกเซลนั้นมีค่าความเข้มระดับเทาที่มีค่าเป็น 0 หมายความว่ามีความเข้มแสงน้อย จะแสดงเป็นจุดภาพสีดำ ในขณะที่เดียวกันถ้าพิกเซลนั้นมีค่าความเข้มระดับเทาที่มีค่าเป็น 255 หมายความว่ามีความเข้มแสงมาก จะแสดงเป็นจุดภาพสีขาว ส่วนพิกเซลที่มีค่าความเข้มระดับเทาอยู่ในช่วง 0-255 ก็จะมีการไล่ระดับความเข้มเฉดสีดำไปจนถึงสีขาว



รูปที่ 2.39 ภาพที่มีการไล่ระดับความเข้มเทา

2. ภาพสี (Color image)

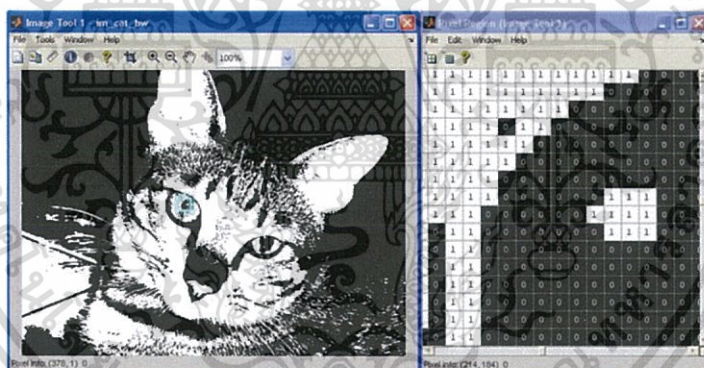
ภาพสีจะมีลักษณะของค่าความเข้มแสงของแถบแม่สีหลัก 3 สี นั่นคือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เป็นอาร์เรย์ที่ซ้อนกันอยู่ทำให้เกิดจุดพิกเซลที่มีสีแตกต่างกันตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแม่สี โดยแบ่งระดับได้เป็น 8 หรือ 16 บิต ที่เป็นช่วงกำหนดของค่าสี ซึ่งมีความลึกของสี (Bit Depth) เป็นตัวเก็บข้อมูลจัดเฉดสีในแต่ละพิกเซล สำหรับภาพที่มีการแบ่งระดับเฉดสีเป็น 8 บิต ในการจัดเฉดสีจะเป็น $(M \times N \times 3)$ นั้นมีค่าเท่ากับ 24 บิต ซึ่งจะมีสีทั้งหมด 16,777,216 สี

224	222	224	224	226	224	228	226	232	227
196	190	196	193	198	194	193	198	126	127
119	117	117	118	111	124	119	115	129	128
220	225	229	226	227	225	228	226	229	227
193	193	193	193	199	120	192	193	123	120
119	109	111	116	116	121	112	111	128	115
225	226	224	227	227	228	229	229	231	229
192	198	190	193	193	193	194	197	193	123
115	116	113	118	117	117	117	111	112	121
224	224	225	224	225	227	227	227	230	227
197	194	198	193	196	193	193	190	126	123
111	116	110	115	117	112	117	117	120	128
224	224	225	224	223	227	226	230	227	229
192	193	198	198	192	193	191	191	123	117
117	116	107	114	114	118	117	116	131	109
226	221	225	226	225	225	228	228	229	226
192	191	199	192	198	197	194	198	128	119
111	122	114	118	123	125	121	123	126	118
222	224	223	228	226	227	228	229	231	228
194	194	198	198	196	190	191	191	126	122
113	109	113	112	119	105	123	115	118	128
222	224	226	229	226	226	229	233	228	228
195	198	193	196	191	197	192	196	196	120
109	108	108	110	106	108	117	108	116	113

รูปที่2.40 พิกเซลของภาพที่มีการแบ่งระดับความเข้ม และองค์ประกอบของแม่สีทั้ง 3[34]

3. ภาพไบนารี (Binary image)

ภาพไบนารีจะแสดงลักษณะของภาพขาว-ดำ ที่เป็นข้อมูลในแต่ละพิกเซลในรูปแบบค่าไบนารี(Binary) กล่าวคือเป็นอาร์เรย์ข้อมูลแบบตรรกะ (Logical array) ที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 โดยค่า 0 แสดงจุดพิกเซลที่เป็นสีดำ และ 1 แสดงจุดพิกเซลที่เป็นสีขาว

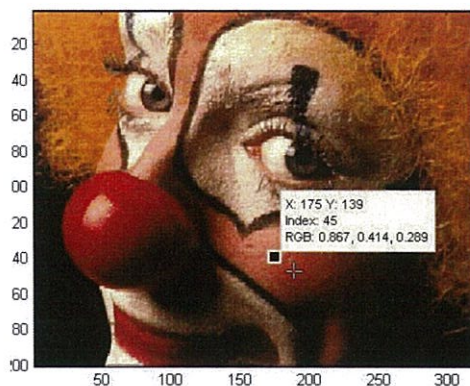


รูปที่2.41 แสดงตัวอย่างภาพไบนารี[35]

4. ภาพแบบดัชนี (Index image)

ภาพแบบดัชนีจะมีองค์ประกอบภาพหลัก 2 ส่วนคือ เมทริกซ์ข้อมูลของจำนวนเต็มของพิกเซลภาพ และเมทริกซ์ของคัลเลอร์แมป(Colormap) ซึ่งถูกนำไปเทียบกับตารางสี(Color Table) ที่เป็นตารางแสดงค่าแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน อีกทั้งยังบ่งบอกถึงตำแหน่งของพิกเซลใดๆและค่าอัตราส่วนของแสงแม่สีทั้ง 3 ด้วย[36]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 แสดงตำแหน่งของพิกเซลในภาพที่บ่งบอกถึงค่าอัตราส่วนของแสงแม่สีทั้ง 3 [37]

2.4.2.2 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement)

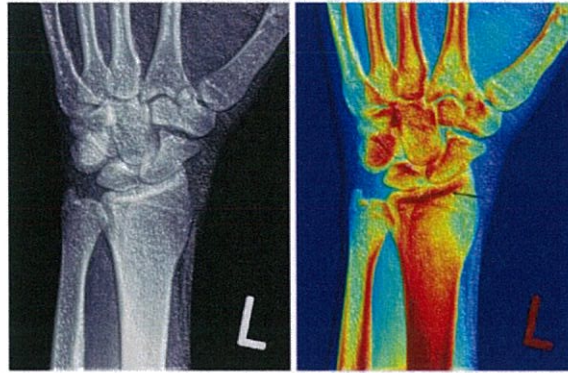
ด้วยการเก็บบันทึกภาพถ่ายในสภาวะแวดล้อมต่างๆ เป็นผลทำให้คุณภาพของภาพถ่ายที่ได้ นั้นมีความไม่คมชัด หรือไม่ชัดเจน ดังนั้นในส่วนของการประมวลผลภาพนี้ ได้มีการปรับปรุงคุณภาพของภาพให้ชัดเจนและสามารถสื่อสารให้เห็นถึงข้อมูลรายละเอียดในภาพได้ โดยจะเน้นลักษณะของภาพในส่วนขอบ (Edge) เขต (Boundaries) หรือความแตกต่างระหว่างขาวกับดำ ซึ่งเป็นกระบวนการทำให้ภาพมีความชัดเจนนากยิ่งขึ้นเพียงพอสำหรับการแสดงและวิเคราะห์ อีกทั้งกระบวนการนี้ยังมีส่วนช่วยเพิ่มช่วงการทำงาน (Dynamic range) ของลักษณะภาพเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจจับ โดยจะใช้กระบวนการฟิลเตอร์ (Filtering) การปรับภาพให้เรียบเนียน (Image Smoothing) และยังมีกระบวนการอื่นที่สำคัญในการประมวลผลภาพแต่ในงานวิจัยได้เลือกใช้บางวิธีเข้ามาช่วยปรับปรุงและวิเคราะห์ภาพพิมพ์โครงสร้างผ้าเท้า

2.4.2.3 การประมวลผลภาพสีเทียม (Pseudo-Color image processing)

โดยปกติแล้วดวงของมนุษย์เราจะสามารถแยกแยะระดับความแตกต่างของวัตถุหรือภาพสี ได้มากกว่าภาพระดับเทา ซึ่งในการประมวลผลภาพดิจิทัลจะสามารถเปรียบเทียบและเปลี่ยนข้อมูลของภาพระดับเทาไปเป็นภาพระดับเฉดสีเทียม ที่ไม่ใช่สีที่แท้จริง เพื่อให้สามารถแยกแยะรายละเอียดในส่วนที่สนใจข้อมูลในภาพได้อย่างชัดเจน

1. การแปลงภาพระดับเทาไปเป็นภาพสี (Grayscale to Color Image Transformation)

ด้วยเทคนิคนี้จะทำการเปรียบเทียบทุกๆ พิกเซลของภาพระดับความเข้มเทาให้กลายเป็นภาพระดับเฉดสี ต่างๆ ตามที่ได้ตั้งค่าระดับไว้ ซึ่งเราจะสังเกตได้ว่าภาพสีที่ได้ นั้นจะเน้นระดับของข้อมูล ส่วนๆ ของภาพได้อย่างชัดเจน โดยการเปรียบเทียบเฉดสีนั้นได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลายส อาทิเช่น ภาพถ่ายความร้อน ภาพถ่ายภูมิศาสตร์ ภาพแสดงสภาวะอากาศ ภาพถ่ายเอกซเรย์ของกระดูก เติ่นทางเพื่อตรวจสอบอาวุธหรือวัตถุระเบิด และภาพถ่ายทางการแพทย์ [38]



รูปที่ 2.43 ตัวอย่างภาพถ่ายเอกซเรย์กระดูกที่แปลงเป็นภาพระดับเฉดสีเทียม[39]

สำหรับการประมวลผลภาพความเข้มเทาให้กลายเป็นภาพระดับเฉดสีต่างๆ ก็จะมีโทนสีที่หลากหลายให้เปรียบเทียบ โดยสามารถใช้ไลบรารี OpenCV ที่มาพร้อมกับโทนสเกลเฉดสีที่หลากหลาย ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกับค่าระดับความเข้มในแต่ละพิกเซลของภาพที่จะประมวลผลได้ จึงทำให้มาความหลากหลายและสามารถสื่อสารให้เข้าใจได้อย่างชัดเจน

Class	Scale
COLORMAP_AUTUMN	
COLORMAP_BONE	
COLORMAP_COOL	
COLORMAP_HOT	
COLORMAP_HSV	
COLORMAP_JET	
COLORMAP_OCEAN	
COLORMAP_PINK	
COLORMAP_RAINBOW	
COLORMAP_SPRING	
COLORMAP_SUMMER	
COLORMAP_WINTER	

รูปที่ 2.44 แสดงชนิดของการเปรียบเทียบเฉดสีของภาพระดับเทา[40]

2.4.2.4 การตัดระดับเทรชโฮลด์(Thresholding)

กระบวนการตัดระดับเทรชโฮลด์ เป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้งานกันอย่างแพร่หลายในการจำแนกภาพ(Segmentation) โดยจะแยกภาพส่วนที่เป็นวัตถุออกจากพื้นหลัง ที่เป็นภาพระดับเทาหรือภาพขาว-ดำ ซึ่งจะพิจารณาจุดพิกเซลแต่ละจุดของภาพ ให้จุดที่มีความเข้มน้อยที่สุดมีค่าเป็น 0 และจุดที่มีความเข้มมากที่สุดมีค่าเป็น 255 โดยปกติแล้วการเลือกค่าเทรชโฮลด์จะได้มาจากค่าฮิสโตแกรม(Histogram) ของภาพ[41]

$$g'(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } g(x,y) < \text{Threshold value} \\ 255 & \text{if } g(x,y) \geq \text{Threshold value} \end{cases} \quad (2.8)$$

โดยที่ $g'(x,y)$ คือ ลำดับจุดพิกเซลของภาพผลลัพธ์ชนิดไบนารี
 $g(x,y)$ คือ ลำดับจุดพิกเซลของภาพต้นฉบับชนิดระดับเทา

Threshold value คือ ค่าที่ใช้ตัดระดับเทรชโฮลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระบวนการนี้จะได้ภาพผลลัพธ์ในรูปแบบของภาพไบนารี เป็นความเข้มสองระดับ พิกเซลที่เป็นวัตถุจะได้ค่าเป็น 0 (สีขาว) และพิกเซลที่เป็นพื้นหลังจะได้ค่าเป็น 255 (สีดำ) ซึ่งความคมชัดของขอบ-วัตถุจะขึ้นอยู่กับค่า ฮิสโตแกรมที่นำมาตัด โดยได้มีผู้พัฒนาอัลกอริทึมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการตัดระดับเทรชโอล์ด อาทิเช่น วิธีการหาค่าเทรชโอล์ดของ Otsu, วิธีการหาค่าเทรชโอล์ดของ Kittler-illingworth, วิธีการหาค่าเทรชโอล์ดแบบเอนโทรปิก (Entropic thresholding) ฯลฯ ซึ่งแต่ละวิธีจะมีความเหมาะสมและการประยุกต์ใช้งานที่แตกต่างกัน

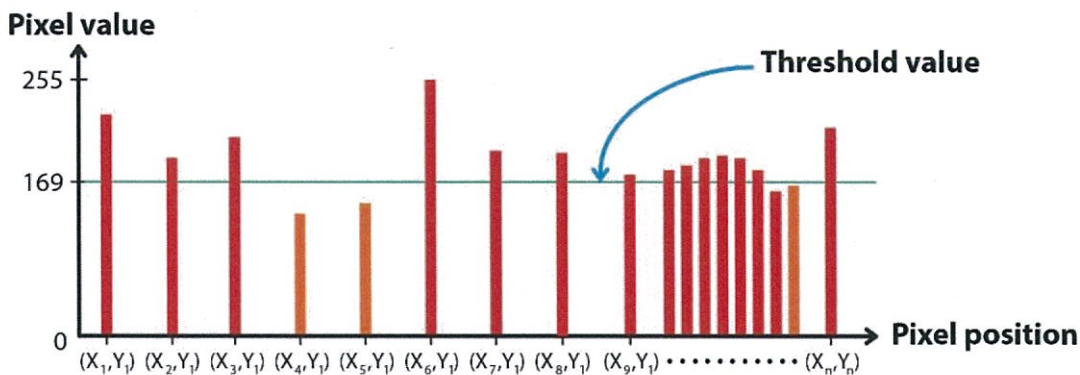


รูปที่ 2.45 รูปถ่ายภาคตัดขวางของสมองแบบต้นฉบับและแบบตัดระดับเทรชโอล์ด[42]

แต่เนื่องจากรูปภาพพิมพ์เท่าที่ได้จากการเย็บผ้าเท้าบนกระจกแล้วเก็บรูปโครงสร้างผ้าเท้า ส่วนที่สัมผัสและไม่ได้สัมผัสกับกระจกนั้น การกระจากของน้ำหนักร่างกายที่ส่งผลให้ได้ภาพที่แปลงเป็นภาพระดับเทรชโอล์ด มีความแตกต่างของข้อมูลในภาพพิมพ์เท่าเป็นอย่างมากหลายระดับ ด้วยการตัดระดับเทรชโอล์ดแบบธรรมดา นั้นอาจจะทำให้ข้อมูลพิกเซลบางส่วนหายไป ดังนั้นจึงเลือกใช้กระบวนการตัดระดับเทรชโอล์ดแบบค่ามากกว่าศูนย์ (Threshold to zero)[43] ด้วยวิธีการนี้จะมีการตั้งระดับของค่าความเข้มเทา เพื่อใช้เป็นขอบเขตที่ตัดโดยค่าของพิกเซลใดที่มีค่ามากกว่าจะคงค่าไว้ แต่ถ้าหากค่าพิกเซลใดมีค่าความเข้มเทาน้อยกว่าจะเปลี่ยนให้กลายเป็นค่า 0 ซึ่งทำให้ได้ภาพวัตถุระดับเทาที่แยกออกจากพื้นหลังอย่างชัดเจน

$$g'(x, y) = \begin{cases} g(x, y) & \text{if } g(x, y) > \text{Threshold value} \\ 0 & \text{if } g(x, y) < \text{Threshold value} \end{cases} \quad (2.9)$$

โดยที่ $g'(x, y)$ คือ ลำดับจุดพิกเซลของภาพผลลัพธ์ชนิดระดับเทา
 $g(x, y)$ คือ ลำดับจุดพิกเซลของภาพต้นฉบับชนิดระดับเทา
 Threshold value คือ ค่าที่ใช้ตัดระดับเทรชโอล์ด



รูปที่ 2.46 รูปกราฟแสดงการตัดระดับเทรชโฮลด์แบบค่ามากกว่าศูนย์ของพิกเซลภาพใดๆ

2.4.2.5 เส้นต่อเนื่อง (Contour)

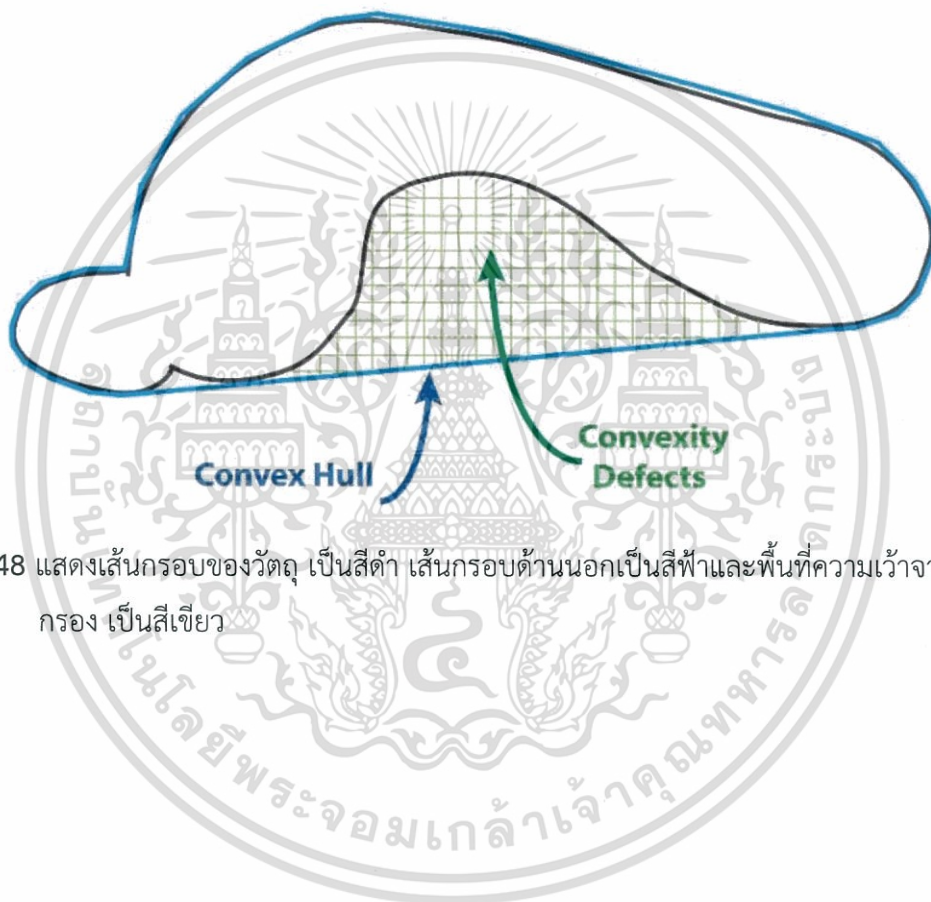
ในภาพไบนารีที่เป็นที่มีลักษณะเป็นภาพขาว-ดำ ข้อมูลในแต่ละพิกเซลในรูปแบบ 0 หรือ 1 ซึ่งที่มีการเรียงต่อกันหลายๆพิกเซล เกิดเส้นเส้นขอบของวัตถุในภาพที่เป็นเส้นต่อเนื่องกัน ดังรูปที่ 2.47 ซึ่งจะเป็นจุดที่แบ่งวัตถุในภาพออกจากพื้นหลัง โดยเราสามารถประมวลผลหาค่าพิกัดตำแหน่งของแต่ละพิกเซลที่เป็นขอบภาพ แล้วในกรณีที่เราเขียนเส้นขอบสีลงไปในภาพ เราก็จะอาศัยวิธีการสแกนด์พิกัดตำแหน่งไปทั้งภาพก็จะรู้ถึงขอบเขตของเส้นที่กำหนดลงไปใหม่ได้

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

รูปที่ 2.47 ภาพข้อมูลพิกเซลที่เรียงตัวติดกันเกิดเป็นเส้นขอบต่อเนื่อง

2.4.2.6 เส้นกรอบด้านนอก(Convex hull) และ ความเว้าจากเส้นกรอบ(Convexity Defects)

ในการบวนการวิเคราะห์ภาพเพื่อตรวจสอบหาวัตถุนั้นก็มียหลายหลายกระบวนการ โดย การกำหนดเส้นกรอบด้านนอก(Convex hull) เป็นการกำหนดจุดพิกเซลที่มีความสัมพันธ์ เชื่อมต่อกันเป็นเส้นกรอบด้านนอกล้อมวัตถุที่สนใจในภาพโดยจะไม่มีส่วนเว้าเข้าไปตามขอบวัตถุเลย แสดงดังรูปที่ 2.48 โดยจะสังเกตได้ว่าเส้นกรอบด้านนอกที่ล้อมรอบวัตถุที่เราสนใจนั้นจะมีพื้นที่และ ระยะห่างอยู่โดยเปรียบเทียบระยะจากจุดขอบนอกของเส้นต่อเนื่องของวัตถุ กับ เส้นล้อมรอบวัตถุ เรา จึงเรียกบริเวณนี้ว่า ความเว้าจากเส้นกรอบ(Convexity Defects)[44]



รูปที่ 2.48 แสดงเส้นกรอบของวัตถุ เป็นสีดำ เส้นกรอบด้านนอกเป็นสีฟ้าและพื้นที่ความเว้าจากเส้นกรอบ เป็นสีเขียว

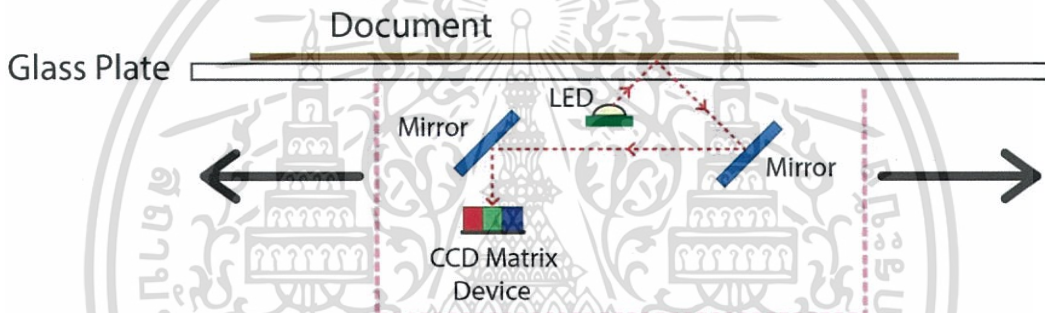
บทที่ 3

ระบบเก็บบันทึกและประมวลผลภาพเท้า

3.1 ระบบสแกนเนอร์

3.1.1 โครงสร้างของเครื่องสแกนเนอร์

เครื่องสแกนเนอร์ (Scanner) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้งานในการเก็บบันทึกภาพ เอกสาร ให้เปลี่ยนแปลงเป็นไฟล์ดิจิทัลโดยใช้คอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อควบคุมและแสดงผลรูปภาพที่บันทึกได้ ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างมากเกี่ยวกับงานเอกสาร โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้เครื่องสแกนเนอร์แบบตั้งโต๊ะ Flatbed Scanner ซึ่งมีหลักการทำงานดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 หลักการเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์

จากรูปที่ 3.1 แสดงหลักการเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์ กล่าวคือ เมื่อแถบหลอดไฟ LED ส่องแสงผ่านกระจกไปสู่ แผ่นเอกสาร แสงจะสะท้อนกลับมายังชุดกระจกสะท้อนไปยังชุด CCD Matrix Device ที่ด้านบนมีการติดตั้ง เลนส์โฟกัสภาพระยะใกล้ เพื่อเก็บและบันทึกภาพไปในขณะที่ชุดเก็บบันทึกภาพนี้เลื่อนไปทั่วแผ่นเอกสาร โดยจุดพื้นที่บนกระดาษซึ่งมีสีเข้ม จะสะท้อนแสงไฟได้น้อยกว่าพื้นที่ที่สว่างบนกระดาษ ซึ่งชุด CCD Matrix Device จะบันทึกปริมาณแสงที่สะท้อนกลับมานี้ในแต่ละพื้นที่ของเอกสาร และแปลงสัญญาณเหล่านี้ให้เป็นไฟล์ภาพดิจิทัล และส่งต่อไป ยังฟังก์ชันของซอฟต์แวร์ที่ใช้แสดงผลและตกแต่งภาพให้ได้คุณภาพดีโดยโปรแกรมควบคุมจากคอมพิวเตอร์ ซึ่งคุณภาพของภาพที่เก็บบันทึกได้นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทำงานของ CCD Matrix Device นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 คุณสมบัติของเครื่องสแกนเนอร์ที่เลือกใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้เครื่องสแกนเนอร์ Epson รุ่น V33 ดังที่แสดงในรูปที่ 3.2 เพื่อนำ Matrix CCD และ ระบบเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์ มาใช้เป็นอุปกรณ์บันทึกภาพเพื่อสร้างระบบเครื่องโฟโตสโคปสำหรับตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝาเท้า ทำงานร่วมกับซอฟต์แวร์และระบบการเก็บบันทึกภาพใหม่ซึ่งพัฒนาขึ้น โดยคุณสมบัติของเครื่องสแกนเนอร์ แสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติเฉพาะของเครื่องสแกนเนอร์ Epson รุ่น V33

คุณสมบัติของสแกนเนอร์	
ข้อมูลพื้นฐาน	
ประเภทของสแกนเนอร์	สแกนเนอร์ภาพสีแบบระนาบ
ความละเอียดของออปติค	4800dpi x 9600dpi
ขนาดเอกสาร	216 มม. X 297 มม. (เอกสารขนาด A4)
ขนาดของตัวเครื่อง	กว้าง 284 มม. ยาว 429 มม. สูง 41 มม.
ระบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของเครื่อง	
อุปกรณ์โฟโตอิเล็กทรอนิกส์	Epson Matrix CCD (CCD สี 12 ชุด พร้อม On Chip Micro Lens) ความละเอียด 122,400 พิกเซล
แหล่งกำเนิดแสง	แลมป์ไฟ LED สีขาว
ระบบการเลื่อนเก็บบันทึกภาพ	เอกสารอยู่กับที่ ชุดเก็บบันทึกภาพเลื่อนตามรางด้วยการคุมจากสแต็ปมอเตอร์
ประสิทธิภาพของเครื่อง	
ความละเอียดของภาพ	สูงสุด 48บิต(281.5ล้านสี), 24 บิต(16.7ล้านสี) 50-12800 dpi
ความเร็วในการสแกนแบบสะท้อนแสง	24 บิต : ขนาด A4 600 dpi ประมาณ 30วินาที
ระบบที่รองรับ	
USB 2.0	Microsoft Windows XP/ Windows 7หรือระบบปฏิบัติการที่สูงกว่า
ข้อมูลจำเพาะทางไฟฟ้า	
ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งาน	AC220V-240V , 50-60 Hz
การสิ้นเปลืองพลังงาน	โหมดทำงาน 12.0W , โหมดพร้อมใช้งาน 5.5W

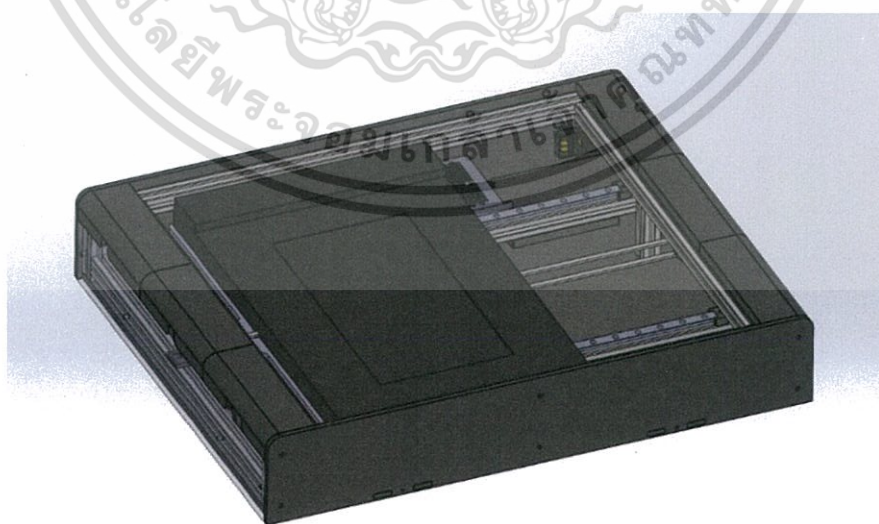
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะของเครื่องสแกนเนอร์ Epson รุ่น V33

3.2 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่เก็บบันทึกภาพ

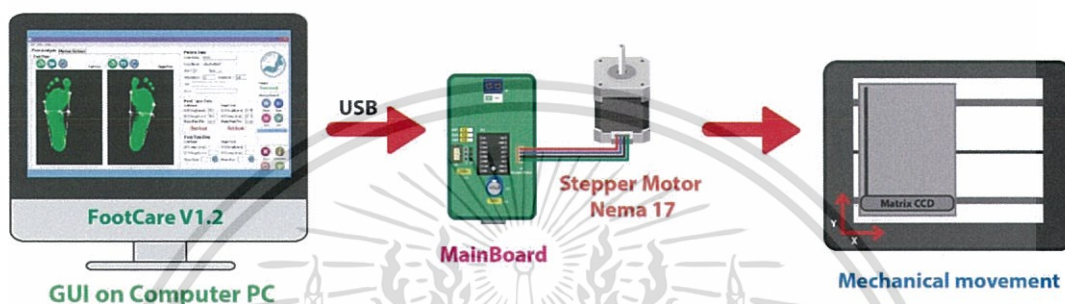
เนื่องจากตัวเครื่องสแกนเนอร์เอกสารทั่วไปที่นิยมใช้กันและมีราคาไม่แพงคือขนาด A4 ซึ่งไม่เพียงพอที่จะเก็บรูปฝ่าเท้าทั้งสองข้างพร้อมกัน ในขณะที่เดียวกันเครื่องสแกนเนอร์ขนาด A3 ก็มีขนาดใหญ่และราคาแพงมาก ด้วยเหตุผลนี้จึงเลือกใช้เครื่องสแกนเนอร์ขนาด A4 และเพิ่มระบบการเคลื่อนที่เพื่อเลื่อนชุดเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์ไปเก็บรูปฝ่าเท้าได้ทั้ง 2 ข้าง โดยรูปที่ 3.3 แสดงแบบจำลองการออกแบบโครงสร้างของเครื่องโฟโตสโคปสำหรับตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า



รูปที่ 3.3 โครงสร้างและระบบการเคลื่อนที่ของเครื่องสแกนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

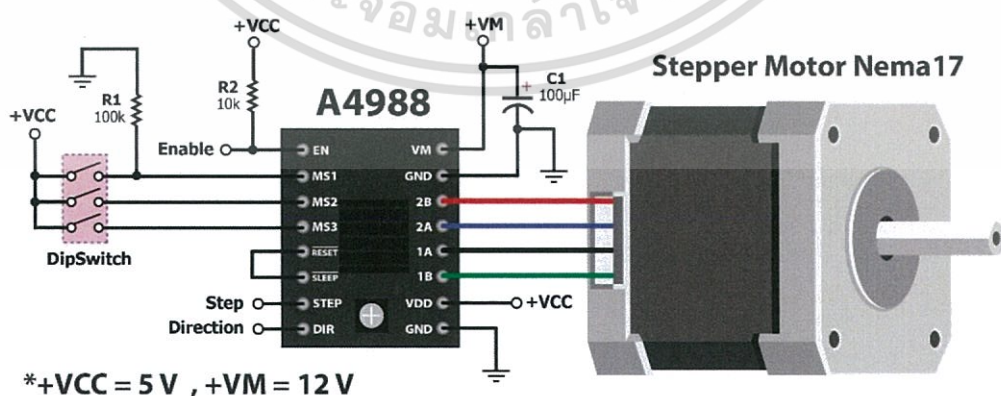
ซึ่งภาพรวมของระบบควบคุมการเคลื่อนที่เก็บบันทึกภาพ แสดงดังรูปที่ 3.4 กล่าวคือ เนื่องจากตัวระบบการเลื่อนของเครื่องสแกนเนอร์จะเก็บบันทึกภาพในแนวแกน Y แล้ว จึงได้เพิ่มระบบการเลื่อนใหม่ในแนวแกน X โดยใช้ เพื่อเก็บรูปฝ่าเท้าได้ทั้งสองข้างในขณะที่ผู้ป่วยยืนอยู่กับที่ โดยระบบจะควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F2550 ควบคุมการทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์โดยใช้โมดูลขับ A4988 โดยการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์จะเชื่อมต่อกับระบบสายพานที่เลื่อนให้ฐานรองรับตัวสแกนเนอร์เคลื่อนที่ไปบนรางเลื่อนสไลด์ โดยการควบคุมระบบนี้ผ่าน พอร์ต USB ด้วยซอฟต์แวร์ FootCare v1.2 ที่ได้พัฒนาขึ้นเอง



รูปที่ 3.4 ภาพรวมของระบบควบคุมการเคลื่อนที่เก็บบันทึกภาพ

3.2.1 การออกแบบวงจรควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์

สำหรับระบบการเลื่อนเก็บบันทึกภาพในแนวแกน Y ที่ได้ใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนโดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F2550 เป็นบอร์ดควบคุมหลักที่เชื่อมต่อกับวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ใช้โมดูลขับเบอร์ A4988 ด้วยสัญญาณดิจิทัลไปที่ Enable Step และ Direction เพื่อควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยความละเอียดแบบไมโครสเต็ป (1/16 สเต็ป) โดยมีแบบวงจรการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับบอร์ดขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลขับเคลื่อนสเต็ปเปอร์มอเตอร์เบอร์ A4988 เป็น บอร์ดวงจรที่ใช้ตัวประมวลผลของ Allegro's A4988 DMOS Microstepping Driver ซึ่งใช้สำหรับควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบ ไบโพลาร์ โดยสามารถขับกระแสได้สูงสุด 2A ต่อเฟส โดยใช้สัญญาณควบคุมจากวงจรควบคุมหรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สั่งงาน โดยสามารถปรับความละเอียดในการขับได้ 5 ระดับ เป็นไปดังตารางที่ 2 ซึ่งมีความละเอียดสูงสุด 1/16 สเต็ป รองรับระดับแรงดันไฟจ่ายเลี้ยงสเต็ปเปอร์มอเตอร์ 8-35 V

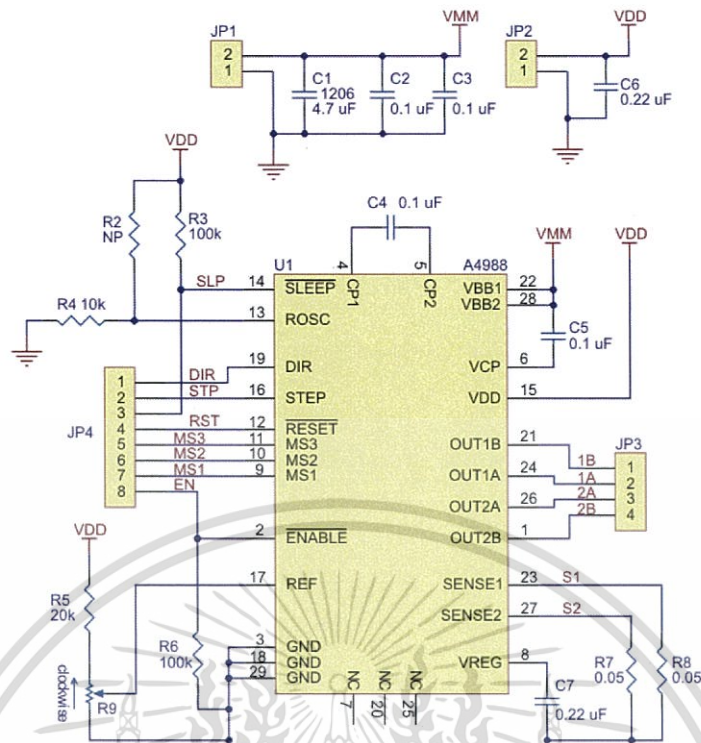
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดการปรับสวิตซ์ขา MS1-MS3 เพื่อตั้งค่าความละเอียดในการขับเคลื่อน สเต็ปเปอร์มอเตอร์

ความละเอียดของสเต็ป	โหมดการทำงานของสวิตซ์ที่ขา MS1-MS3		
	MS1	MS2	MS3
Full Step (1/1)	Low	Low	Low
Half Step (1/2)	High	Low	Low
Quarter Step (1/4)	Low	High	Low
Eighth (1/8)	High	High	Low
Sixteenth (1/16)	High	High	High

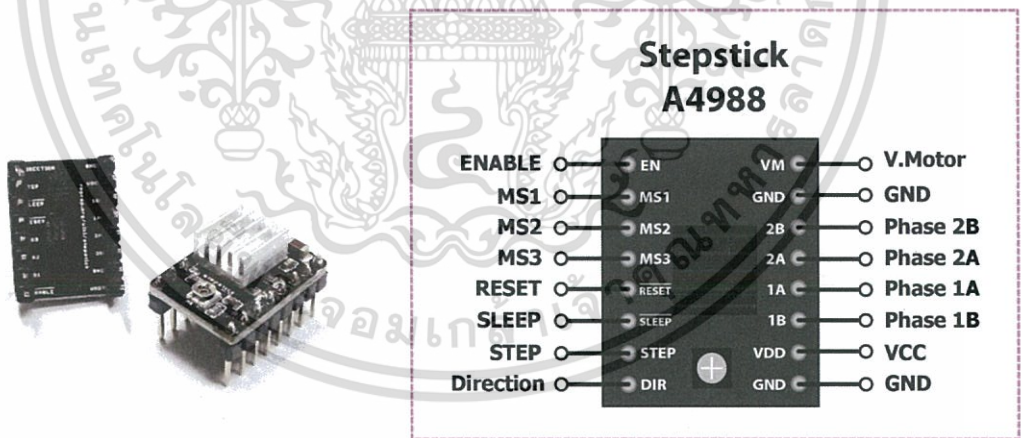
การควบคุมการทำงานจะรับสัญญาณพัลส์ที่ขา Step เพื่อควบคุมจังหวะการหมุน โดยสามารถกำหนดทิศทางการหมุนได้จากการส่งสัญญาณลอจิก มาที่ขา DIR ในกรณีที่มีการต่อบอร์ด โมดูล A4988 โดยใช้บอร์ดควบคุมตัวเดียว จะส่งสัญญาณลอจิก มาที่ขา EN เพื่อเปิด-ปิด การหมุนทำงานของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งสัญญาณพัลส์และลอจิกที่ควบคุมจะอยู่ในช่วงระดับแรงดันไฟตรงที่ 3.3-5V โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ระดับแรงดันไฟ 5V เพื่อควบคุมการทำงาน และ ระดับแรงดันไฟตรงเลี้ยงสเต็ปเปอร์ที่ 12V ซึ่งสามารถจำกัดกระแสที่จ่ายไปเลี้ยงสเต็ปเปอร์มอเตอร์ได้จากการปรับค่าของ ตัวต้านทานปรับค่าได้บนบอร์ดโมดูล ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ (3.1) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ตั้งค่ากระแส จำกัดอยู่ที่ 1.6A

$$\text{กระแสจำกัดที่จ่ายเลี้ยงสเต็ปเปอร์มอเตอร์} = \text{แรงดันไฟฟ้าอ้างอิง} \times 2.5 \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 วงจรสมบูรณ์ของโมดูล Stepstick A4988

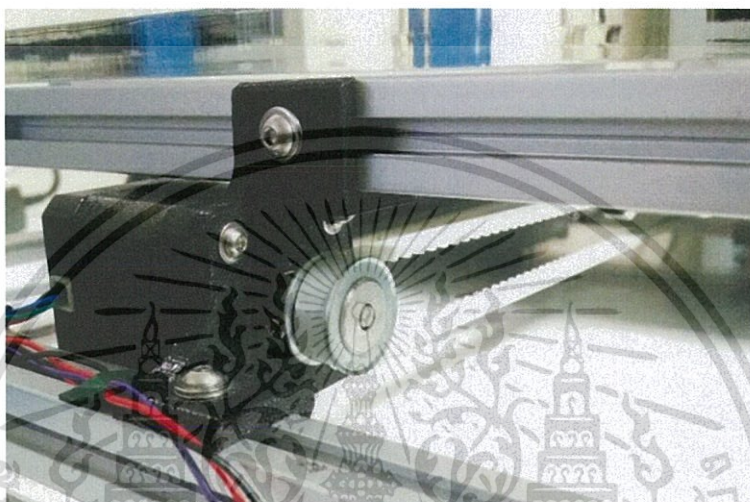


รูปที่ 3.7 (ซ้าย)แผงวงจรโมดูล Stepstick A4988 และ (ขวา) รายละเอียดการเชื่อมต่อขาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

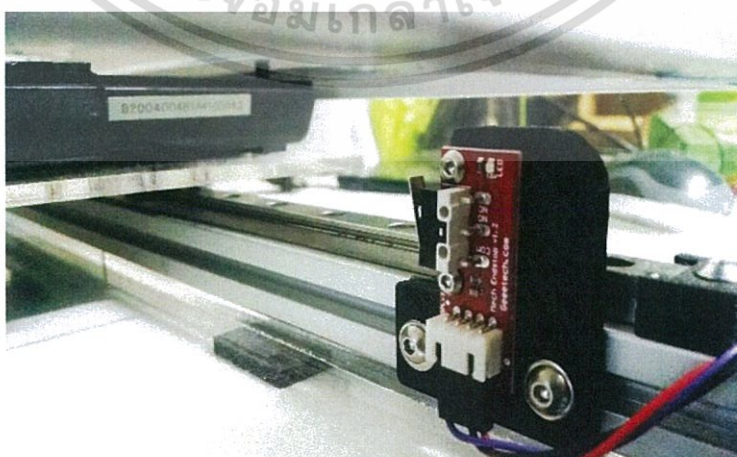
3.2.2 การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของชุดเก็บบันทึกภาพ

ในส่วนของงานวิจัยที่ได้ออกแบบแล้วสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่ที่เก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนด์เนอร์นั้น ได้ใช้โครงสร้างของเครื่องที่ทำจากอะลูมิเนียมโปรไฟล์(Aluminum Profile) ที่มีความสะดวกในการปรับแต่งโครงสร้าง และรองรับน้ำหนักได้ดี เชื่อมต่อด้วยข้อต่อฉาก (Bracket) เพื่อยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ติดตั้งชุดเฟืองสายพาน และตัวรับสายพาน ที่ใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ สร้างชุดข้อต่อที่เข้ากันได้ดีกับตำแหน่งและการวางสเต็ปเปอร์มอเตอร์ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ข้อต่อที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เพื่อยึดสเต็ปเปอร์มอเตอร์กับโครงสร้างของเครื่อง

โดยการเคลื่อนที่ของชุดเก็บบันทึกภาพนั้นจะเคลื่อนอยู่บนรางเลื่อนสไลด์ (Linear Slide) โดยระบบกลไกการเคลื่อนที่ซึ่งควบคุมจากการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ถูกสั่งงานจากซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 เพื่อเป็นบันทึกภาพพิมพ์เท้าทั้งสองข้าง โดยจะมีสวิทช์ตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นซึ่งจะใช้บันทึกภาพพิมพ์เท้าด้านซ้าย แล้วเลื่อนไปตามลำดับระยะทางที่กำหนดไว้แล้วเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้าด้านขวา

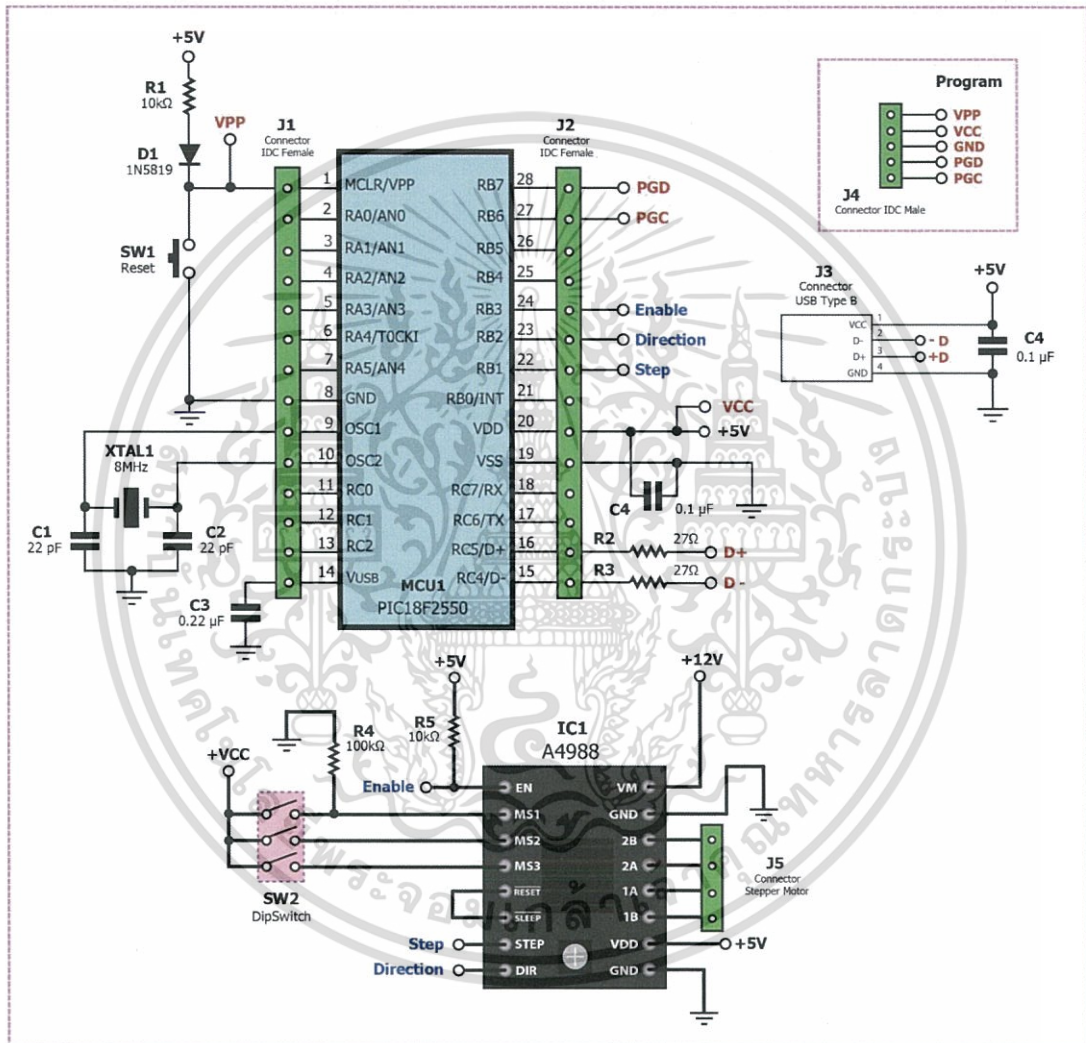


รูปที่ 3.9 สวิทช์ตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นการเคลื่อนที่ของชุดเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมและประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์

ในงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F2550 ทำหน้าที่รับชุดคำสั่งที่ส่งมาจากโปรแกรม FootCare V1.2 ผ่านพอร์ต USB แล้วสั่งงานให้บอร์ดขับเคลื่อนมอเตอร์ควบคุมการหมุนของสเต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ได้ติดตั้งกับระบบสายพานและรางเลื่อนสไลด์ เพื่อเลื่อนชุดเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้าทั้งสองข้างในทำยื่นตรง ดังได้แสดงวงจรระบบประมวลผลและควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.10



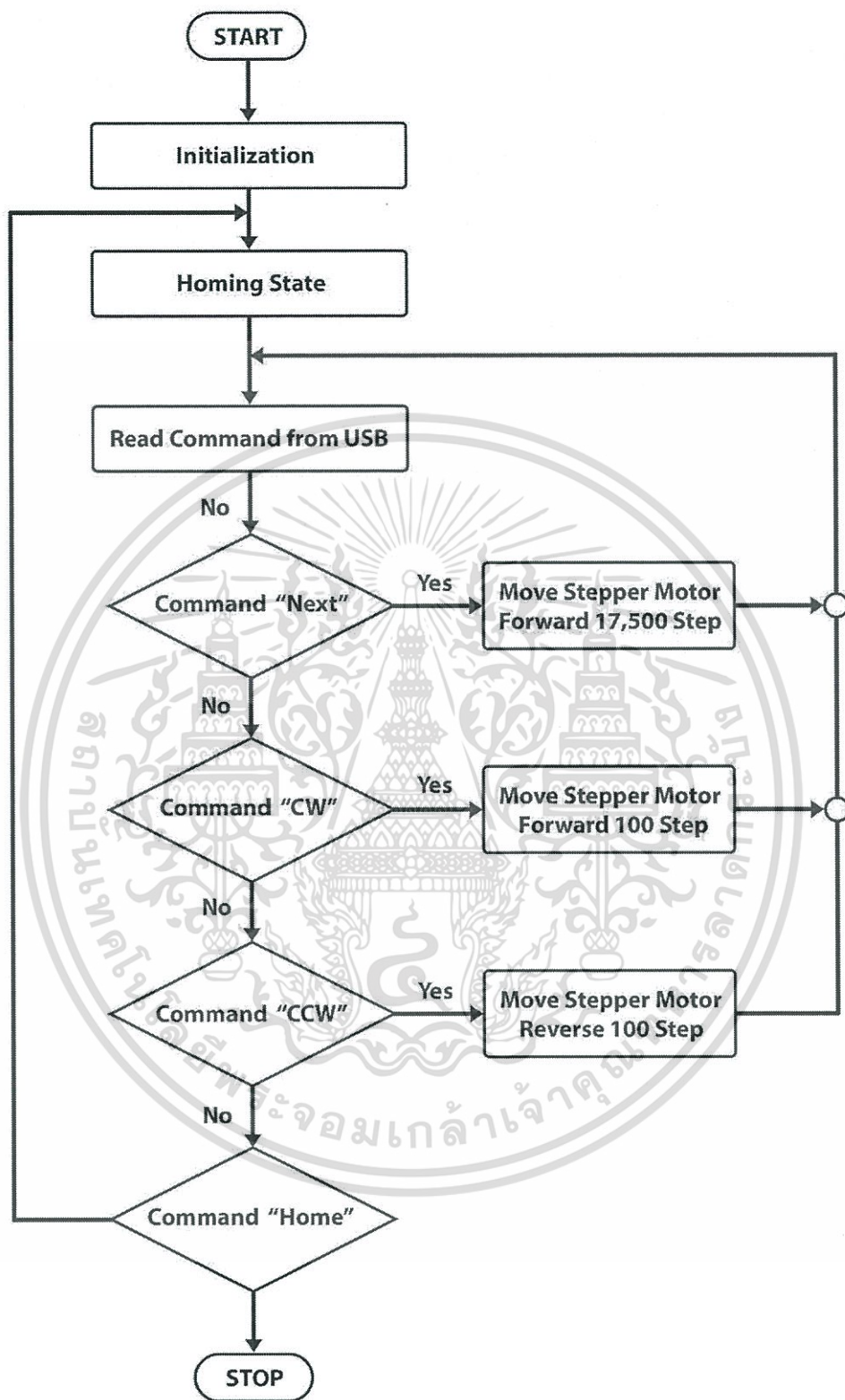
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรระบบประมวลผลและควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ซอฟต์แวร์ที่ออกแบบในไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้โปรแกรม mikroC PRO for PIC ที่ได้รวมเครื่องมือสนับสนุน รวมไปถึงการผนวกตัวช่วยอย่างไฟล์ไลบรารี เพื่อในการทำงานรองรับกับอุปกรณ์ต่อพ่วงหลากหลาย จึงทำให้มีความยืดหยุ่นในการพัฒนาซอฟต์แวร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในระดับเริ่มต้นไปจนถึงระดับซับซ้อน ซึ่งสำหรับการเชื่อมต่อกับโมดูลสื่อสารข้อมูลก็มีอยู่หลากหลาย เช่น SPI, I²C, USART และ USB ซึ่งในงานวิจัยนี้เลือกใช้การสื่อสารข้อมูลผ่านเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต USB จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ทำงานร่วมกับสแต็ปเปอร์มอเตอร์โดยควบคุมการเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์

สำหรับในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานรับคำสั่งที่ส่งข้อมูลชุดคำสั่งผ่านพอร์ต USB จากซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ที่ทำงานอยู่บนคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของสแต็ปเปอร์มอเตอร์ในการกำหนดจังหวะเลื่อนเก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้าง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ในส่วนแรกเมื่อเปิดการทำงานของเครื่อง Smart Digital Podoscope และเปิดซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ที่ใช้งานในการควบคุมการทำงานและวิเคราะห์ผล ตัวซอฟต์แวร์จะตรวจสอบการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่อง Smart Digital Podoscope แล้วจะขึ้นสถานะ Connect แล้วจะส่งชุดคำสั่งเพื่อเข้าสู่ Homing State มายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้สแต็ปเปอร์มอเตอร์เลื่อนชุดเก็บรูปฝ่าเท้าไปยังจุดเริ่มต้นที่เท้าซ้ายโดยมีลิมิตสวิทช์ตรวจสอบตำแหน่ง เพื่อเตรียมพร้อมการเก็บบันทึกภาพ แล้วหลังจากที่ผู้ใช้งานเริ่มต้นเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้านซ้ายแล้ว จะส่งชุดคำสั่ง “Next” มายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้สแต็ปเปอร์มอเตอร์เลื่อนชุดเก็บรูปฝ่าเท้าไปเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้านขวา(หมุนสแต็ปเปอร์มอเตอร์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา 17,500 สเต็ป)

ในกรณีที่เท้าของผู้ป่วยมีขนาดที่ไม่ตรงตามที่ได้กำหนดตำแหน่งการเก็บบันทึกภาพพิมพ์ หรือไม่สามารถเลื่อนเท้าไปวางยังตำแหน่งที่ถูกต้องได้ ในซอฟต์แวร์จะมีปุ่ม เพื่อปรับตำแหน่งของชุดเก็บบันทึกภาพได้ โดย ถ้ากดปุ่ม CW จะส่งชุดคำสั่ง “CW” มายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้สแต็ปเปอร์มอเตอร์เลื่อนชุดเก็บรูปภาพ ไปตามเข็มนาฬิกา 100 สเต็ป หรือถ้ากดปุ่ม CCW จะส่งชุดคำสั่ง “CCW” มายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้สแต็ปเปอร์มอเตอร์เลื่อนชุดเก็บรูปภาพ ในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา 100 สเต็ป และสุดท้ายเมื่อกดปุ่ม Home จะส่งชุดคำสั่ง “Home” มายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อสั่งงานให้สแต็ปเปอร์มอเตอร์เลื่อนชุดเก็บรูปภาพย้อนกลับไปยัง Homing State เพื่อเตรียมพร้อมจะเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วยรายใหม่ต่อไป ดังแสดงผังงานในรูปที่ 3.11

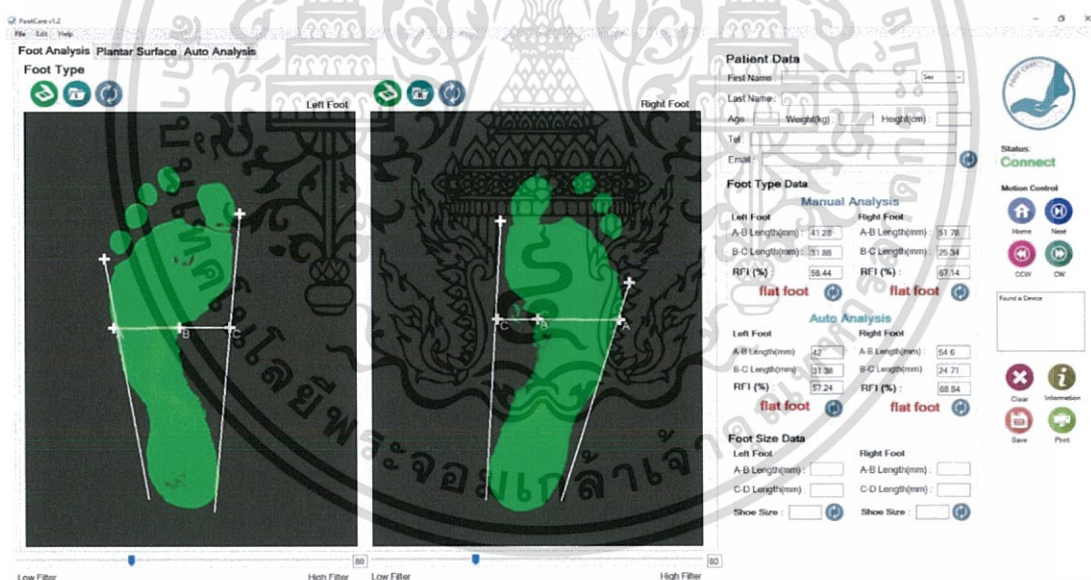


รูปที่ 3.11 แผนผังการทำงานการควบคุมการเคลื่อนของชุดเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้าทั้งสองข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

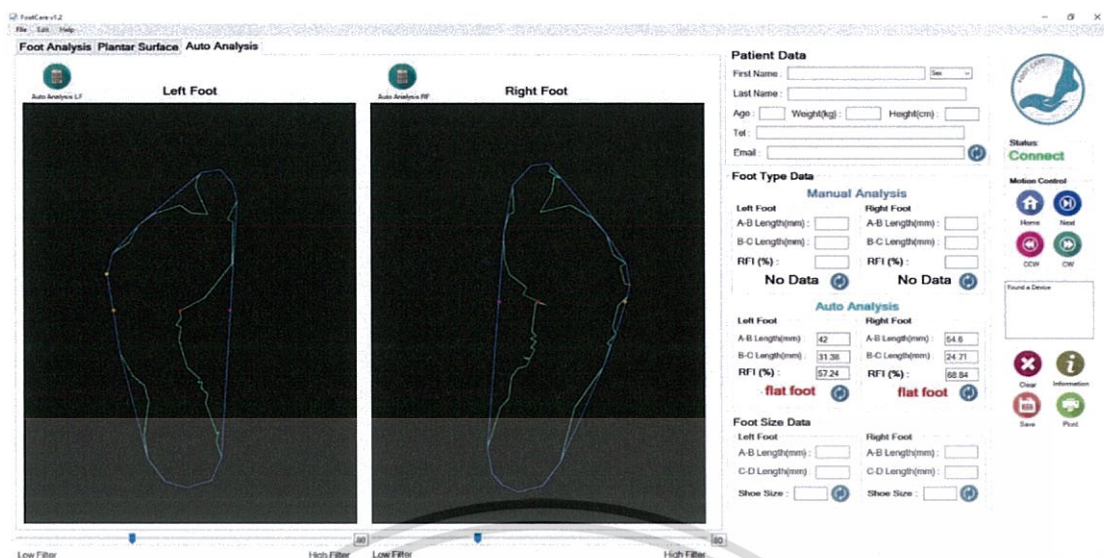
3.3 ซอฟต์แวร์การเก็บบันทึกภาพและวิเคราะห์ผล

ในส่วนของการพัฒนาซอฟต์แวร์เก็บบันทึก วิเคราะห์และแสดงผลสำหรับงานวิจัยนี้ ได้เลือกใช้เครื่องมือโปรแกรมการพัฒนาอย่าง Microsoft Visual Studio ด้วยภาษา C# พร้อมการทำงานผนวกกับ การทำงานประมวลผลภาพดิจิทัลที่ใช้งาน EmguCV เป็นเครื่องมือช่วยทำงานในส่วนของการประมวลผลและวิเคราะห์รูปโครงสร้างฝ่าเท้า อีกทั้งยังใช้งานการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก HID (Human Interface Device) ผ่านพอร์ต USB อย่าง ชุดเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์ และบอร์ดควบคุมหลักของเครื่องที่สร้างจากไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์ ซึ่งการออกแบบสร้างซอฟต์แวร์ควบคุมในนาม FootCare V1.2 นี้จะรวบรวมความสามารถต่างๆ อาทิเช่น การควบคุมชุดเก็บบันทึกภาพของสแกนเนอร์ให้เก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า การวัดขนาดความกว้างความยาว และดัชนีฝ่าเท้าในแบบกำหนดเองและอัตโนมัติ อันจะบ่งบอกถึงสุขภาพเท้าของผู้ป่วย หน้าที่ต่างควบคุมการเลื่อนของชุดเก็บบันทึกภาพ การคาดคะเนขนาดรองเท้าของผู้ป่วย รวมไปถึงการใส่ข้อมูลรายละเอียดเพื่อแสดงผลการตรวจสอบความผิดปกติโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วยและทำนายความเสี่ยงที่จะเกิดความผิดปกติของเท้า ในรูปแบบข้อมูลแบบไฟล์ PDF



รูปที่ 3.12 ซอฟต์แวร์ Footcare V.12 ที่ใช้เก็บบันทึก ประมวลผล และวิเคราะห์ภาพโครงสร้างฝ่าเท้าแบบกำหนดเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ซอฟต์แวร์ Footcare V.12 ที่ใช้เก็บบันทึก ประมวลผล และวิเคราะห์ภาพโครงสร้างฝ่าเท้าแบบอัตโนมัติ

โดยหน้าต่างของซอฟต์แวร์ได้จัดแบ่งบริเวณเพื่อใช้งานดังนี้

Foot Analysis : เป็นส่วนที่ใช้งานในการควบคุมการเก็บบันทึกแล้วแสดงผลรูปพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า พร้อมทั้งแถบปรับระดับการตัดแสงรบกวนภายนอกออกเพื่อให้ได้ภาพที่ชัดเจน และการกำหนดจุดเพื่อวัดดัชนีฝ่าเท้าเพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าที่มีความเสี่ยงจะความผิดปกติของเท้า

Plantar Surface : เป็นส่วนการแสดงผลโครงสร้างฝ่าเท้าเพื่อตรวจสอบแผลหรือความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า พร้อมทั้งการกำหนดจุดเพื่อวัดขนาดความกว้างและยาวของเท้าเพื่อทำนายขนาดของรองเท้าที่จะสวมใส่

Patient Data : เป็นส่วนสำหรับใส่ข้อมูลรายละเอียดของผู้ป่วย เช่น ชื่อ-นามสกุล อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูง ตลอดจนช่องทางการติดต่อสื่อสารอย่าง เบอร์โทรศัพท์ และ อีเมล

Foot Type Data : เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลรายละเอียดในการวัดดัชนีฝ่าเท้าทั้งข้างซ้ายและข้างขวา โดยจะแสดงถึงแนวโน้มความเสี่ยงเป็นความผิดปกติของเท้า ประเภทใด

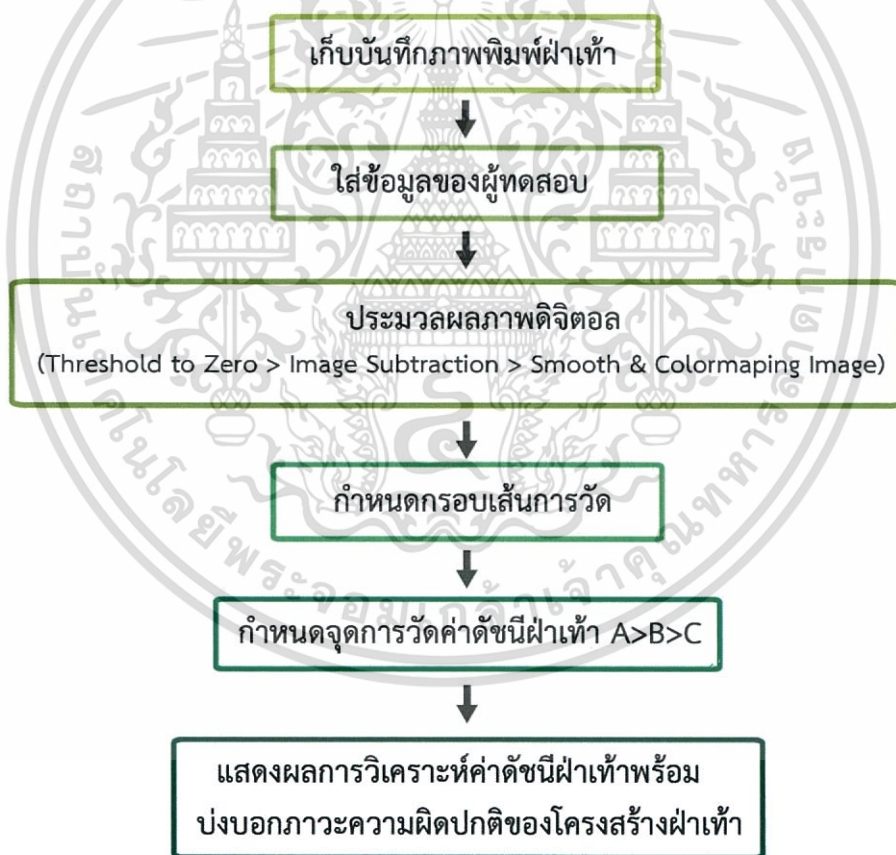
Foot Size Data : เป็นส่วนที่แสดงข้อมูลรายละเอียดการวัดความกว้าง-ยาวของโครงสร้างฝ่าเท้า และทำนายขนาดของรองเท้าที่สวมใส่ในแบบมาตรฐาน US

Status : เป็นส่วนที่แสดงถึงสถานะการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่อง Smart Digital Podoscope ผ่านพอร์ต USB

Motion Control : เป็นส่วนปุ่มควบคุมการทำงานเก็บบันทึกภาพโครงสร้างฝ่าเท้า

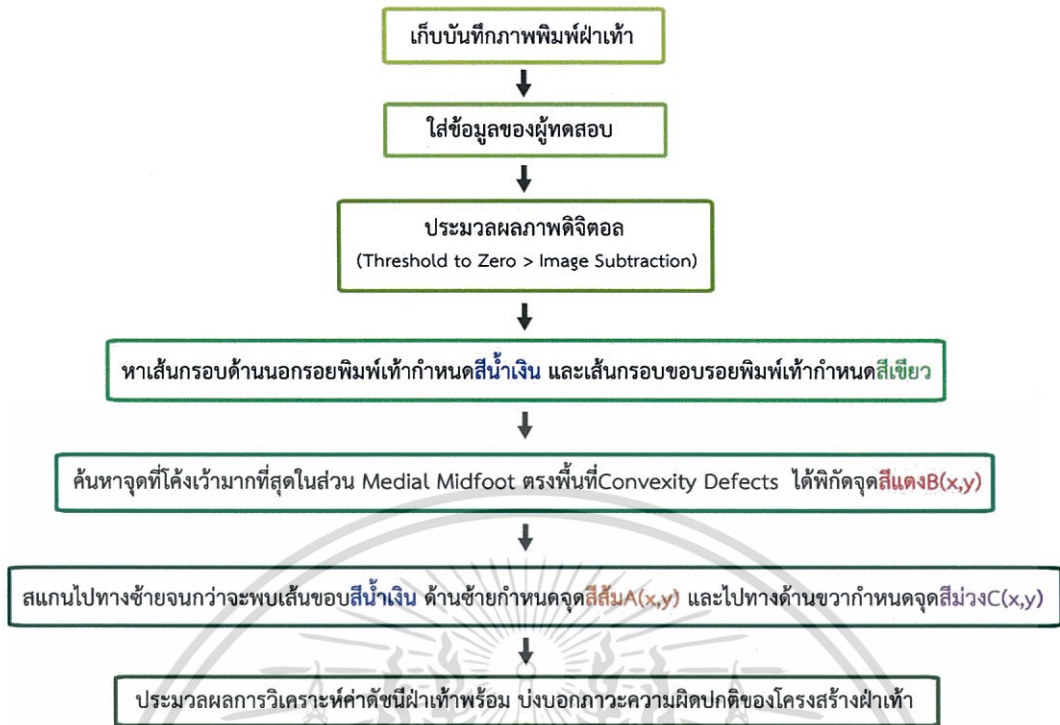
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในส่วนของการประมวลผลและวิเคราะห์รูปโครงสร้างฝ่าเท้านั้นได้ใช้ความสามารถของไลบรารี(Library) EmguCV ที่พอร์ต มาจาก OpenCV ซึ่งเป็นไลบรารีแบบเปิด (Open-Source Library) รองรับการพัฒนาด้วยแพลตฟอร์ม (Platform) ที่หลากหลาย ทำให้สะดวกในการพัฒนา โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกมาทำงานร่วมกับ GUI (Graphic User Interface) อย่างโปรแกรม FootCare V1.2 ซึ่งได้มีขั้นตอนในการดำเนินงานประมวลผลในส่วนแรก ที่สแกนเพื่อสร้างไฟล์รูปภาพแบบพิมพ์เท้าทั้งสองข้าง หรือเปิดไฟล์ที่ได้บันทึกไว้แล้ว จากนั้นแปรสภาพจากภาพสีเป็นภาพระดับความเข้มเทา แล้วตัดแสงรบกวนภายนอกออกด้วยวิธี Threshold to Zero จากนั้นปรับปรุงคุณภาพของภาพให้เนียนยิ่งขึ้น แล้วแยกโครงสร้างฝ่าเท้าออกมาภาพพื้นหลังด้วยกระบวนการ Mask-Background Subtraction ก็จะได้ภาพโครงสร้างฝ่าเท้าที่เตรียมพร้อมจะให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญ หรือนักกายภาพวิเคราะห์ โดยจะกำหนดจุดที่สัมพันธ์กับการวัดดัชนีฝ่าเท้าแล้วแสดงผลข้อมูลที่วัดได้แบบกำหนดเอง แสดงผังการทำงานในรูปที่ 3.14 ส่วนในแบบอัตโนมัติแสดงผังการทำงานในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 แพนผังการทำงานของระบบประมวลผลและวิเคราะห์ภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าแบบกำหนดเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของระบบประมวลผลและวิเคราะห์ภาพพิมพ์โครงสร้างฝาเท้าแบบอัตโนมัติ

บทที่ 4

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

ในบทที่ 3 ได้กล่าวถึง ระบบสแกนเนอร์เก็บบันทึกภาพ ระบบควบคุมการเคลื่อนที่เก็บบันทึกภาพโครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้าง และ การออกแบบซอฟต์แวร์เก็บบันทึกภาพและวิเคราะห์ผล ซึ่งระบบทั้งหมดนี้จำเป็นจะต้องมีการทดสอบเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การสอบเทียบวัดขนาดและการทดสอบประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้า ซึ่งในบทนี้ได้รวบรวมการทดสอบระบบสแกนด์เก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า การสอบเทียบการวัดขนาดภาพพิมพ์ฝ่าเท้า การทดสอบกระบวนการตัดแสงรบกวนจากสิ่งแวดล้อมภายนอก การทดสอบหาโครงสร้างฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง และ การทดสอบวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ระบบที่มีประสิทธิภาพเพียงพอที่จะนำไปใช้งานกับการทดสอบทางคลินิกต่อไป

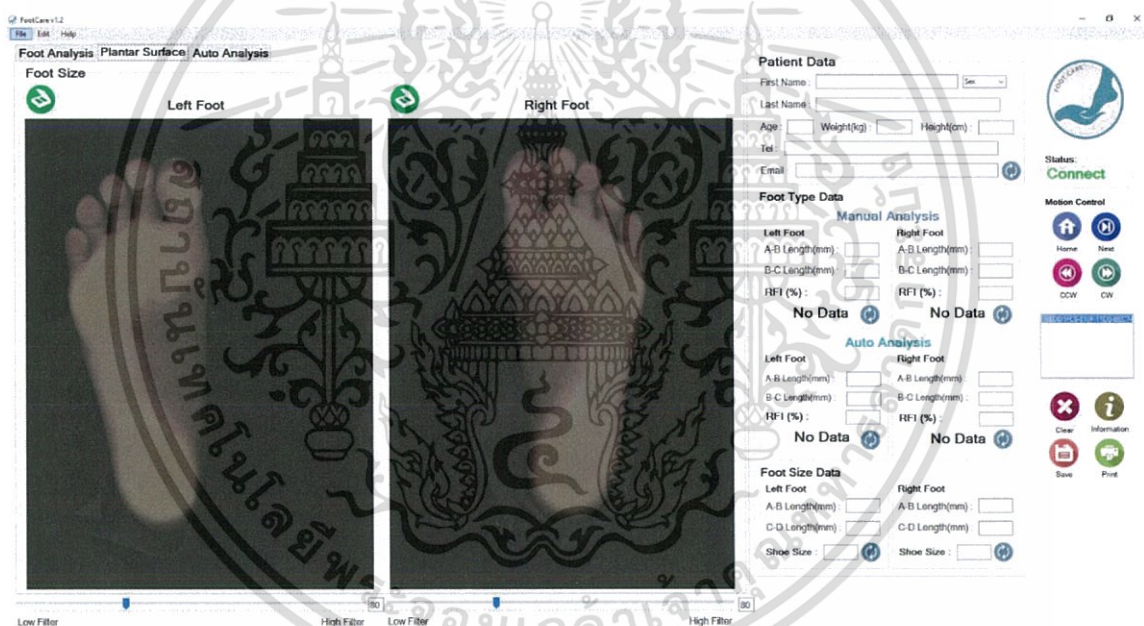
4.1 การทดสอบระบบสแกนเก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า

ภายหลังจากที่ได้ออกแบบและสร้างเครื่องเก็บบันทึกโครงสร้างฝ่าเท้าแล้ว ได้ทดสอบเก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าจริง เพื่อทดสอบกับสภาวะแสงในสภาพสิ่งแวดล้อมต่างๆโดยได้ทำเครื่องไปให้ผู้สนใจร่วมทดสอบที่งาน LifeScienceGarden โดยมีผู้ให้ความสนใจทดสอบเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าเป็นจำนวนมาก



รูปที่ 4.1 ทดสอบเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้ากับผู้สนใจที่งาน LifeScienceGarden เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยอันดับแรกเมื่อเชื่อมต่อระบบไฟและนำสาย USB มาเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่ได้ติดตั้งซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 แล้วเปิดใช้งานจะสังเกตเห็นว่า สถานะการเชื่อมต่อกับระบบเป็น “Connect” แล้วให้ผู้ทดสอบถอดรองเท้าทั้งสองข้างขึ้นยืนบนเครื่อง Smart Digital Podoscope แล้ว ผู้ควบคุมจะคลิกที่ปุ่มรูปร่างเนอร์ที่เท้าฝั่งซ้าย ตัวเครื่องจะเริ่มสแกนโดยจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที หลังจากนั้นจะปรากฏภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้านซ้ายขึ้นที่แถบหน้าต่าง Plantar Surface ฝั่งซ้าย หลังจากนั้นที่แถบ Motion Control ให้คลิกที่ปุ่ม Next ชุดสแกนจะเลื่อนไปยังเท้าด้านขวา จากนั้นคลิกที่ปุ่มรูปร่างเนอร์ที่เท้าฝั่งขวา ตัวเครื่องจะเริ่มสแกนโดยจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ก็จะปรากฏภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้านขวาขึ้นที่แถบหน้าต่าง Plantar Surface ฝั่งขวา เพียงเท่านี้ก็จะได้ภาพพิมพ์เท้าทั้งสองข้างพร้อมที่จะเข้าสู่ระบบการประมวลผลสุขภาพเท้าต่อไปได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างโดยสแกนจากซอฟต์แวร์ FootCare V1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสอบเทียบการวัดขนาดภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า

ในการใช้ระบบเก็บบันทึกภาพของเครื่องสแกนเนอร์ อันประกอบด้วยแถบเซนเซอร์ Matrix CCD และแผงวงจรควบคุม มาทำงานร่วมกับระบบเลื่อนเพื่อเก็บบันทึกภาพพิมพ์ฝ่าเท้านั้นจะกำหนดคุณลักษณะในการเก็บบันทึกภาพดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่เก็บบันทึก

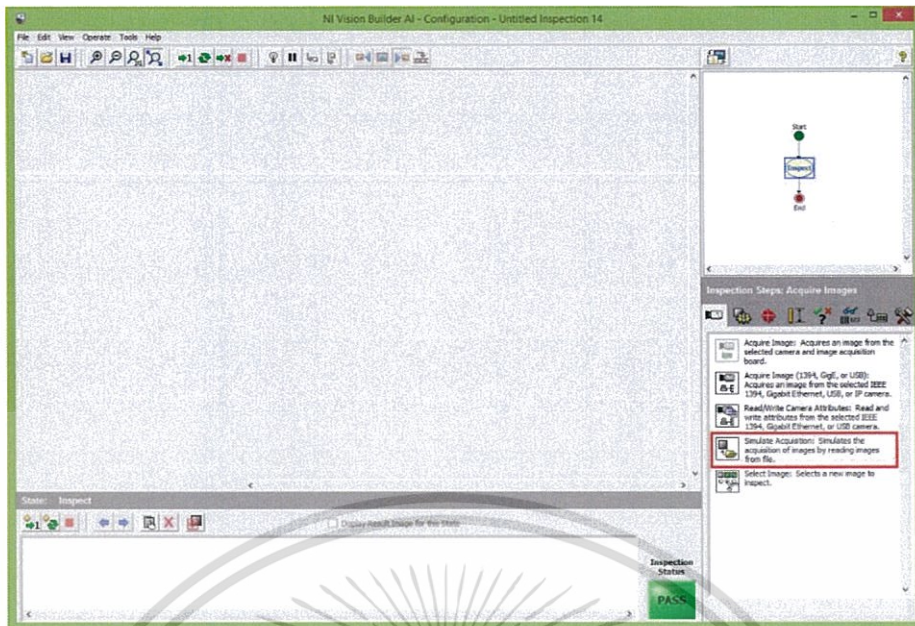
คุณสมบัติของรูปภาพ	ลักษณะของรูปภาพ
ขนาดของรูปภาพ	210 มม. X 297 มม. (850x1170พิกเซล)
ขนาดความกว้างของรูปภาพ	850 พิกเซล
ขนาดความยาวของรูปภาพ	1170 พิกเซล
ความละเอียดของภาพ	24 บิต
นามสกุลไฟล์ที่บันทึกภาพ	.jpg

โดยใช้ไดร์เวอร์ WIA (Window Image Acquisition) เพื่อควบคุมการเก็บบันทึกและจัดการภาพที่ได้จากซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ที่พัฒนาขึ้น โดยสำหรับการวัดขนาดของดัชนีฝ่าเท้า ความยาวและความกว้างของฝ่าเท้านั้นจำเป็นต้องมีการสอบเทียบระหว่างขนาดของการเรียงตัวของพิกเซลภาพที่สัมพันธ์กับขนาดของเท้าจริง แล้วนำไปสู่ระบบการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลดัชนีฝ่าเท้าที่วัดได้อย่างถูกต้องในการใช้งานตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วยที่ผิดปกติ

4.2.1 วิธีการสอบเทียบขนาดของรูปภาพ

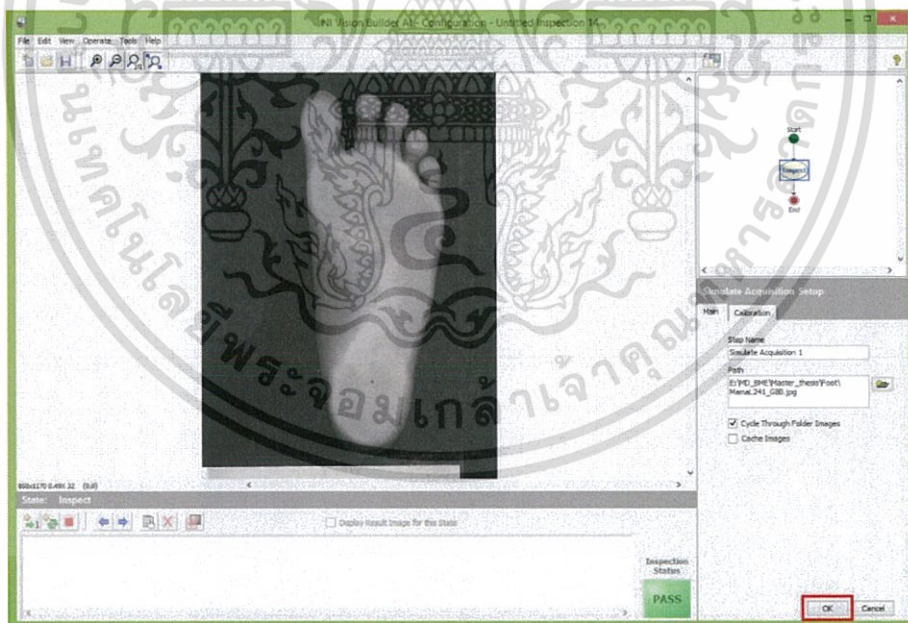
การสอบเทียบขนาดของรูปภาพในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ซอฟต์แวร์ NI Vision Builder for Automated Inspection [22] โดยได้เลือกใช้ความสามารถ Calibrate Image ในการสอบเทียบรูปภาพเพื่อวัดให้ได้ตรงตามขนาดจริง ซึ่งในการทำงานจะกำหนดตำแหน่งและวัดจำนวนของพิกเซลจากรูปภาพแล้วเปรียบเทียบเป็นขนาดความกว้างและความยาวจริงของรูปภาพซึ่งมีกระบวนการดังนี้

4.2.1.1 เก็บบันทึกภาพฝ่าเท้าพร้อมไม้บรรทัดวัดขนาดเพื่อการอ้างอิง โดยแปลงรูปภาพให้เป็นระดับเทาขนาด 8 บิต จากนั้นเปิดซอฟต์แวร์ NI Vision Builder for Automated Inspection แล้วเลือกหัวข้อ New Inspection จากนั้นไปที่แถบเมนู Acquire Image > Simulate Acquisition ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การเปิดใช้งานซอฟต์แวร์ NI Vision Builder for Automated Inspection

4.2.1.2 จากนั้นจะแสดงหน้าต่าง Simulate Acquisition Setup ที่แถบเมนู Main ให้ทำการเลือก path ของรูปภาพที่จะสอบเทียบแล้วกดปุ่ม OK ดังรูปที่ 4.4

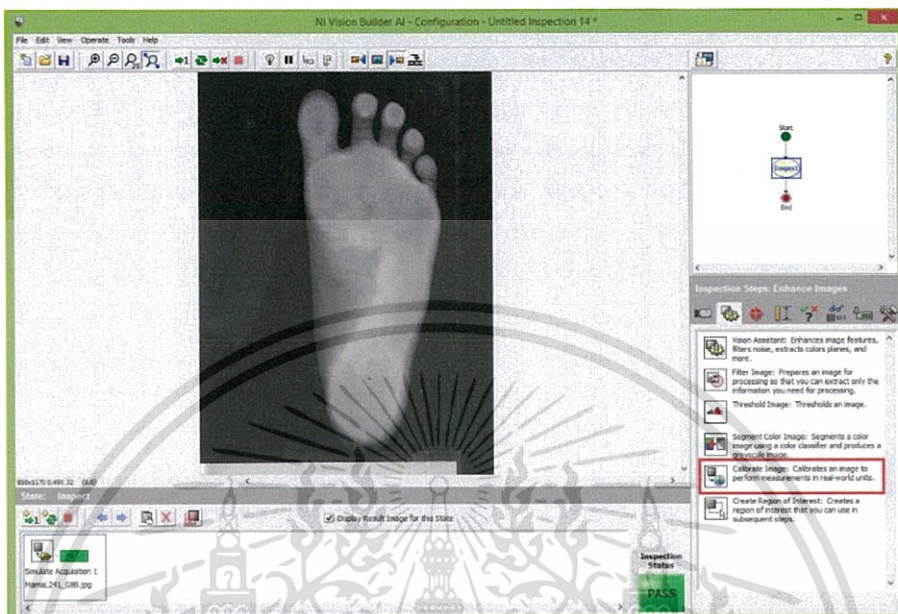


รูปที่ 4.4 การตั้งแหล่งที่อยู่ของรูปภาพที่จะใช้งานในการสอบเทียบขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

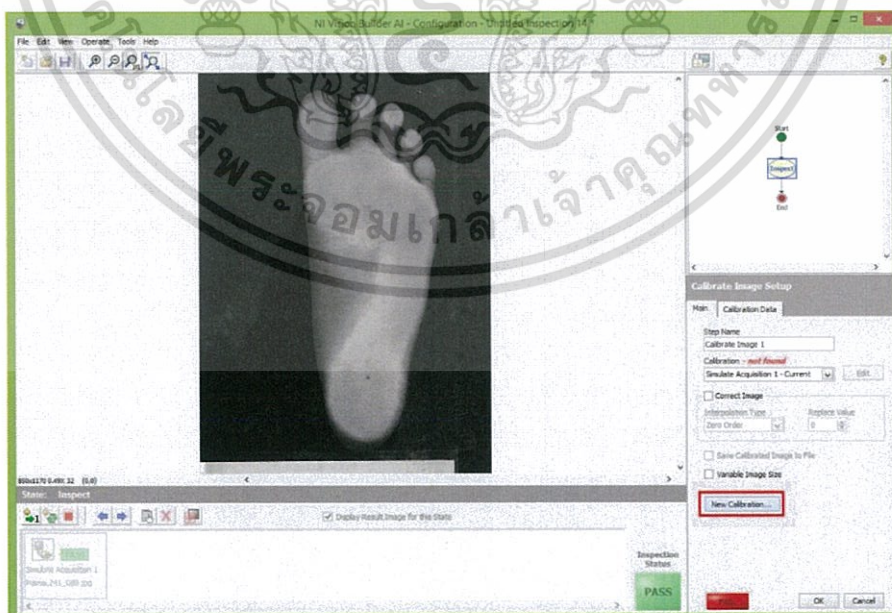
4.2.1.3 ไปที่แถบเมนู Enhance Images>Calibrate Image แล้วกดเลือก ดังรูปที่

4.5



รูปที่ 4.5 การเข้าแถบเมนู Inspection Steps : Enhance Images

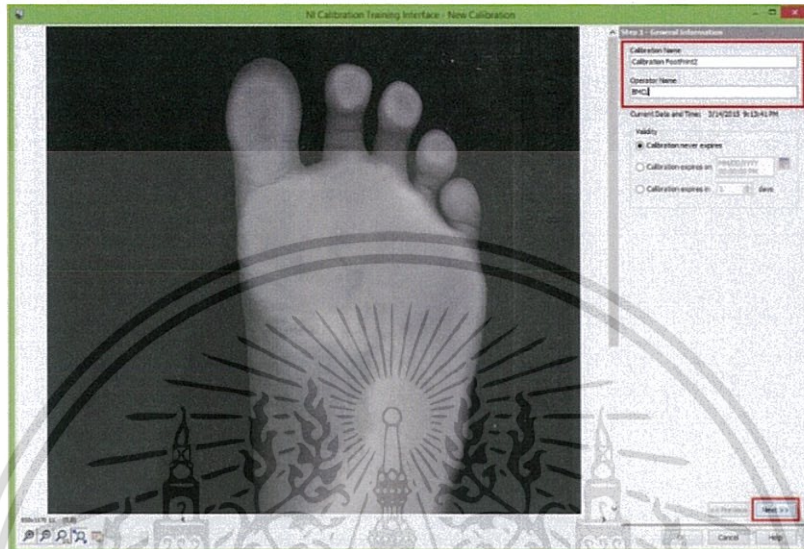
4.2.1.4 หน้าต่าง Calibrate Image Setup จะแสดงขึ้นมา ให้ตั้งชื่อการสอบเทียบ แล้วจากนั้นกดเลือกที่ปุ่ม New Calibration เพื่อเริ่มการตั้งค่าสอบเทียบรูปภาพ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 การสร้างโปรไฟล์ที่จะใช้สอบเทียบรูปภาพ

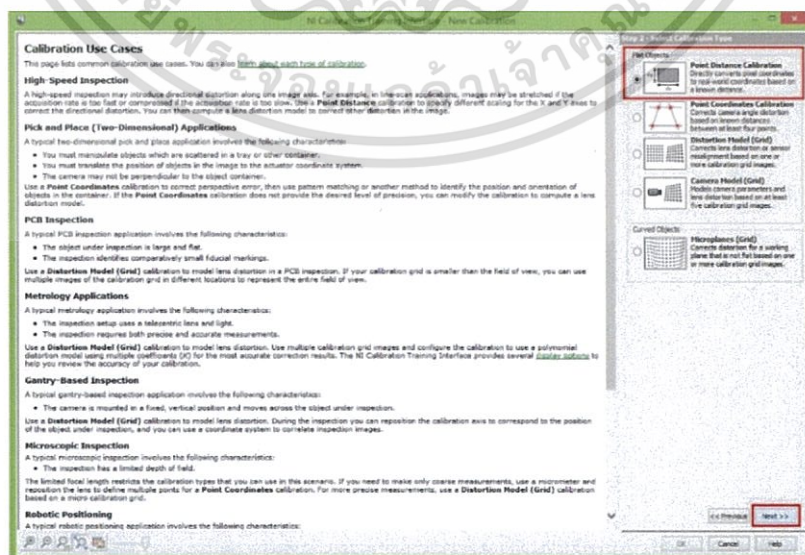
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.5 เข้าสู่ Step1 - General Information ให้ตั้งชื่อการสอบเทียบ และชื่อหน่วยงานในที่นี่ตั้งค่าเป็น Calibration Name : Calibration FootPrint2 , Operator Name : BMCL และเลือกหัวข้อ Validity : Calibration never expires แสดงดังรูปที่ 4.6 แล้วกดปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.7 การตั้งค่าชื่อและข้อมูลทั่วไปของการสอบเทียบขนาดรูปภาพ

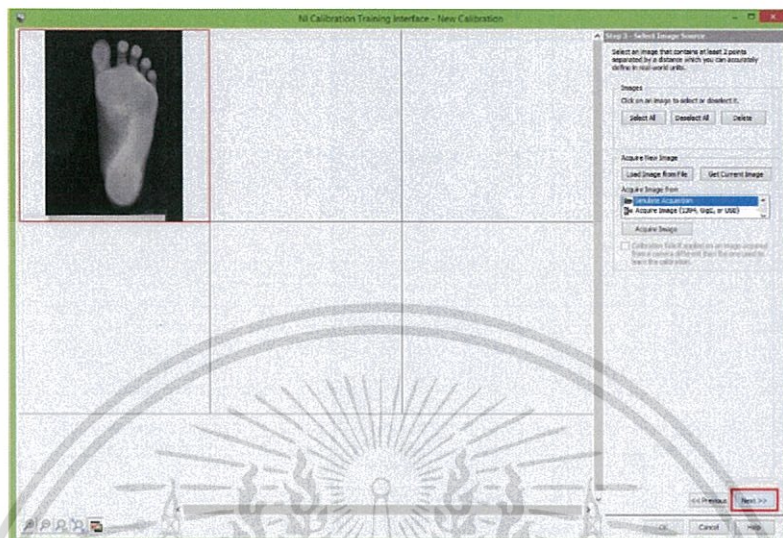
4.2.1.6 แล้วไปสู่ Step2 – Select Calibration Type โดยจะเลือกประเภทของการสอบเทียบรูปภาพซึ่งในที่นี่เลือกใช้งาน Flat Objects > Point Distance Calibration ซึ่งวัดขนาดการเรียงตัวกันของพิกเซลภาพในแนวแกน X และ Y ซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดความยาวจริงของวัตถุในรูปภาพ แสดงดังรูปที่ 4.8 แล้วกดปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.8 การตั้งค่าเลือกประเภทของการสอบเทียบขนาดรูปภาพ

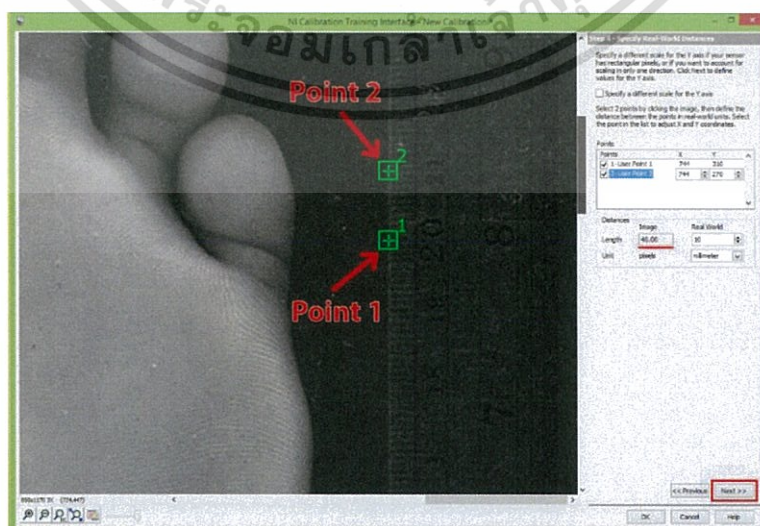
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.7 Step3 – Select Image Source โดยจะเลือกรูปภาพที่ต้องการจะสอบเทียบ ซึ่งได้ตั้งค่าไว้ก่อนหน้านี้แล้วจาก Simulate Acquisition แล้วจะแสดงรูปภาพที่เลือกไว้ในกรอบสี่แดงด้านขวา แสดงดังรูปที่ 4.9 แล้วกดปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.9 การเลือกรูปภาพที่ต้องการจะสอบเทียบขนาด

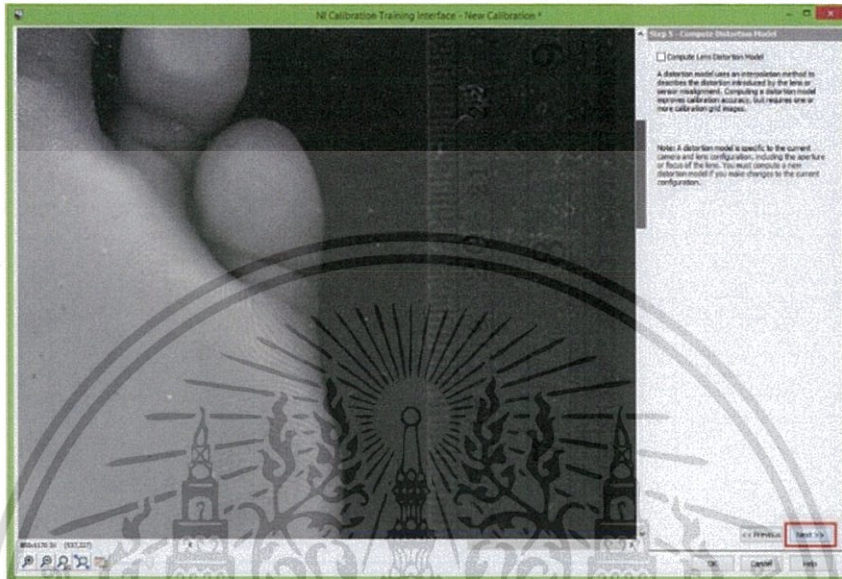
4.2.1.8 ไปที่ Step 4 – Specify Real-World Distances โดยจะเป็นการกำหนดจุดตำแหน่งของแต่ละพิกเซลบนรูปภาพเพื่อใช้ในการตั้งค่าสอบเทียบกับระยะการวัดจริง ซึ่งในที่นี้กำหนดจุด แรกที่ตำแหน่ง 20 ซม. และจุดที่สองที่ตำแหน่ง 21 ซม. ของรูปภาพไม้บรรทัด ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีขนาดความกว้างของระยะที่กำหนดอยู่ 39 พิกเซล ซึ่งจะกำหนดมีค่าเท่ากับ 10 มม. ในระยะจริง แสดงดังรูปที่ 4.10 จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.10 การกำหนดจุดตำแหน่งพิกเซลบนรูปภาพเพื่อใช้ในการตั้งค่าสอบเทียบระยะจริง

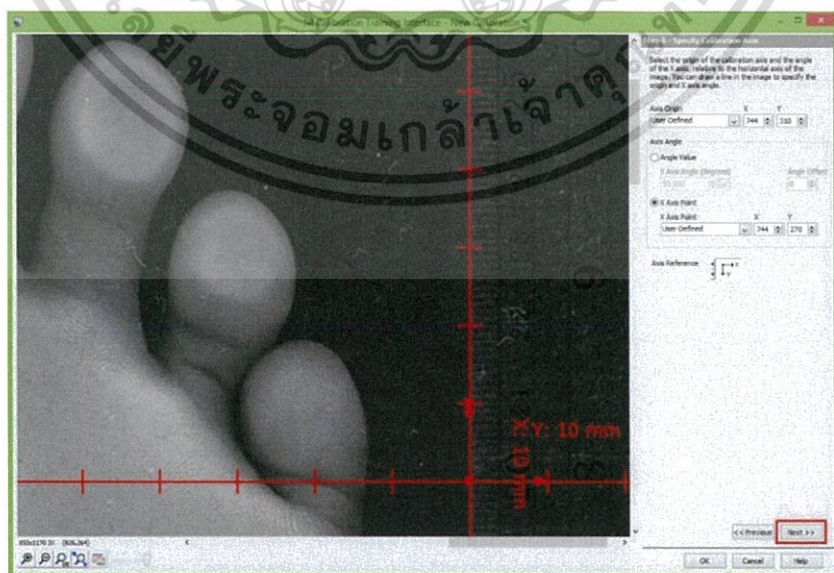
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าให้คำแนะนำเชิงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุมัติจากเจ้าของเอกสารอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

4.2.1.9 ที่ Step 5 – Compute Distortion Model เป็นการกำหนดชดเชยการบิดเบือนของรูปภาพ ที่เป็นผลมาจากเลนส์ของกล้องที่บันทึกภาพ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เก็บภาพเป็นขนาด 1:1 ซึ่งจะไม่ต้องเปิดใช้งานความสามารถในขั้นตอนนี้ ให้ข้ามไปกดปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การกำหนดการชดเชยอาการบิดเบือนของรูปภาพจากเลนส์กล้อง

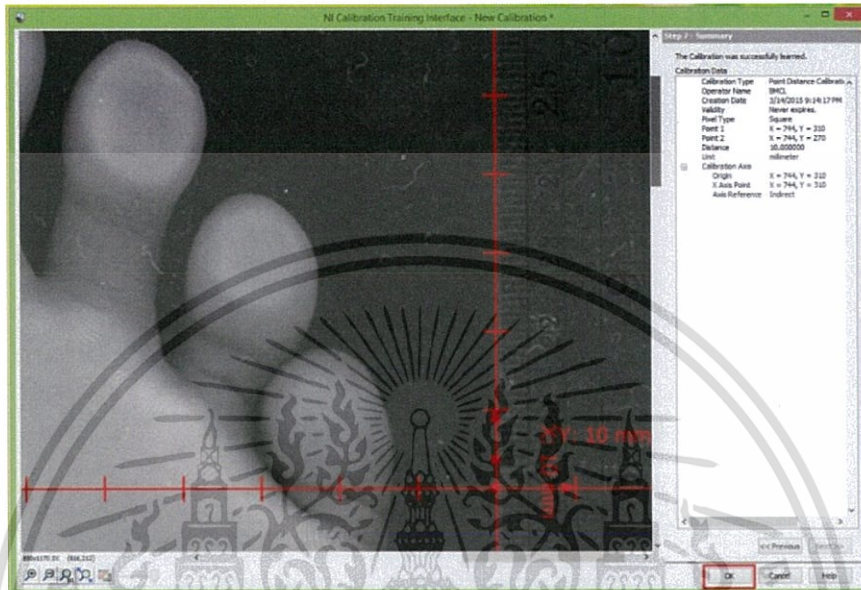
4.2.1.10 แล้วเข้าสู่ Step 6 – Specify Calibration Axis โดยจะกำหนดแกนที่ใช้อ้างอิงในการวาดเส้นที่ใช้สอบเทียบระยะตามที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งในที่นี้กำหนดให้เป็นไปตามแนวของไม้บรรทัดในรูปภาพ แสดงดังรูปที่ 4.12 จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อไปยังขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.12 การกำหนดตำแหน่งแกนที่ใช้อ้างอิงระยะที่สอบเทียบขนาด

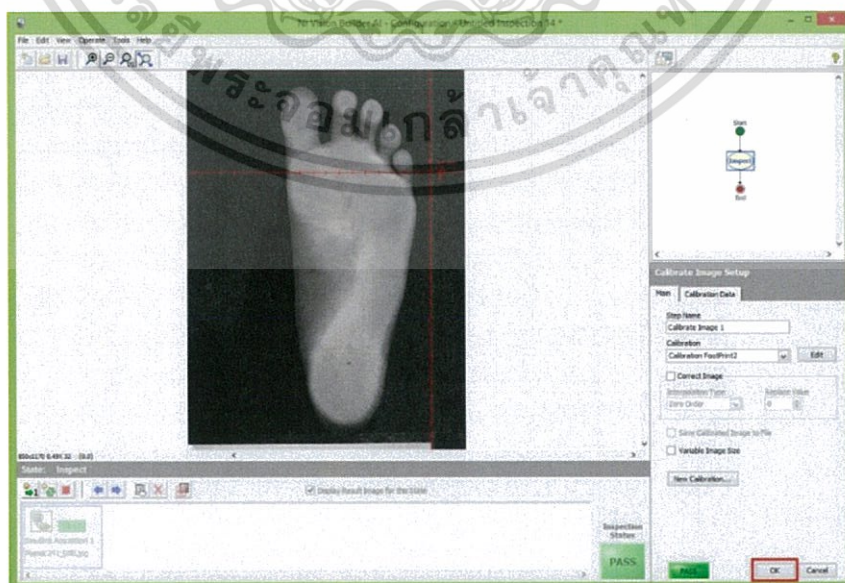
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.11 ที่ Step 7 – Summary จะเป็นการแสดงถึงรายละเอียดของการสอบเทียบขนาดของภาพ ตำแหน่งของพิกเซล ระยะที่สอบเทียบกับขนาดวัตถุจริง และหน่วยที่ใช้วัด แสดงดังรูปที่ 4.13 จากนั้นกดปุ่ม OK เพื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสอบเทียบขนาดจริงของวัตถุ



รูปที่ 4.13 รายละเอียดของการสอบเทียบขนาดจริงของวัตถุ

4.2.1.12 หลังจากการสอบเทียบขนาดพิกเซลเทียบเป็นขนาดจริงของวัตถุแล้วจะกลับมายังหน้าต่าง Calibration Image Setup เพื่อให้ได้โปรไฟล์ที่ใช้ในการกำหนดขนาดที่จะใช้งานในฟังก์ชันต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพต่อไป



รูปที่ 4.14 โปรไฟล์ของการสอบเทียบรูปภาพที่จะใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการสอบเทียบขนาดของรูปภาพ

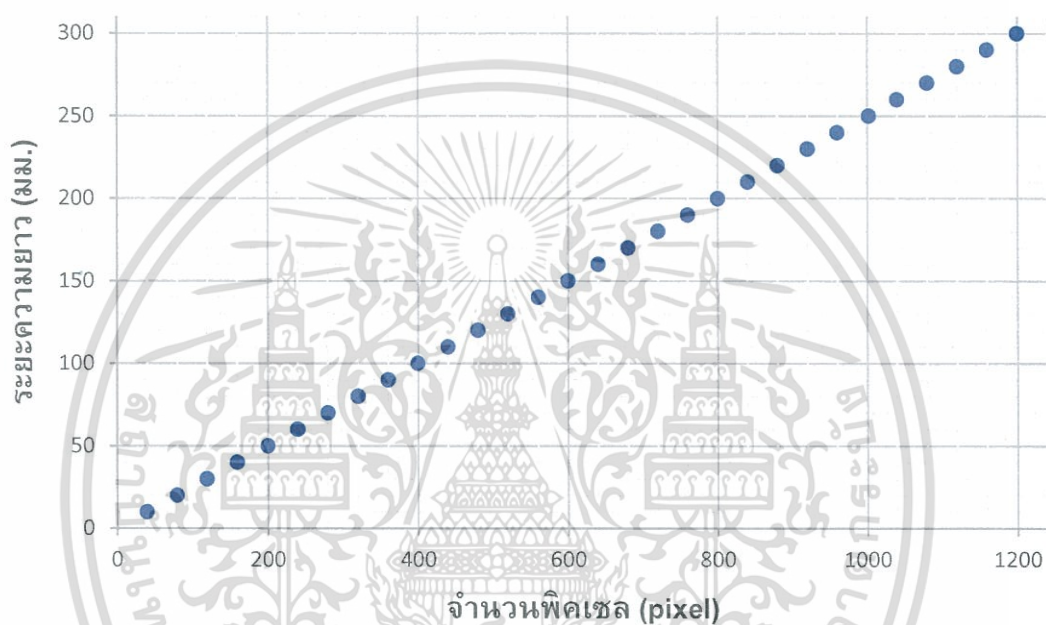
จากการทดสอบเพื่อวิเคราะห์และสอบเทียบขนาดของรูปภาพในงานวิจัยนี้ได้ แสดงผลของการวัดสอบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.3 และ รูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.2 แสดงผลข้อมูลการสอบเทียบจำนวนพิกเซลของรูปภาพกับขนาดความยาวจริง ในหน่วยมิลลิเมตร

ระยะความยาว (มม.)	จำนวนพิกเซล (pixel)	ผลต่างจำนวนพิกเซล (pixel)
10	40	40
20	80	40
30	120	40
40	160	40
50	200	40
60	240	40
70	280	40
80	320	40
90	360	40
100	400	40
110	440	40
120	480	40
130	520	40
140	560	40
150	600	40
160	640	40
170	680	40
180	720	40
190	760	40
200	800	40
210	840	40
220	880	40
230	920	40
240	960	40
250	1000	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะความยาว (มม.)	จำนวนพิกเซล (pixel)	ผลต่างจำนวนพิกเซล (pixel)
260	1040	40
270	1080	40
280	1120	40
290	1160	40



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลการสอบเทียบจำนวนพิกเซลของรูปภาพกับขนาดความยาวจริงในหน่วยมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 กราฟแสดงความเป็นเชิงเส้นของจำนวนพิกเซลของรูปภาพพิมพ์ผ้าเท้าเปรียบเทียบกับขนาดความยาวจริงในหน่วยมิลลิเมตรซึ่งคำนวณได้ ซึ่งจากตารางที่ 4.1 เห็นได้ว่าผลต่างของจำนวนพิกเซลที่ทดสอบในช่วง 10 มิลลิเมตร นั้นมีค่าอยู่ที่ 40 พิกเซล เท่ากันตลอดทุกช่วงของระยะทางการวัด เป็นไปตามสมการที่ 4.1

$$\text{Distance} = 0.25(\text{Pixel}) \quad (4.1)$$

ในการออกแบบซอฟต์แวร์ควบคุมและประมวลผล นั้นข้อมูลรูปภาพที่เก็บบันทึกมาได้จะแสดงผลยังกรอบรูปภาพที่ย่อขนาดเป็นสัดส่วนของภาพจริง ซึ่งได้นำสมการนี้ไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการคำนวณค่าความกว้าง-ยาวของภาพพิมพ์ผ้าเท้าเพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของโครงสร้างผ้าเท้าที่มีความเสี่ยงจะเกิดความผิดปกติของผ้าเท้า

โดยกำหนดให้ขนาดของภาพที่แสดงในซอฟต์แวร์เป็นขนาด 580x790 พิกเซล ซึ่งรูปภาพจริงนั้นขนาด 850x1170 พิกเซล(210 มม. X 297 มม.) ซึ่งจะได้สมการในการคำนวณค่าระยะจริงดังสมการที่ 4.2 และ 4.3

$$\text{Real Distance}(X) = [(\text{Pixel } X)1.465517]0.247059 \quad (4.2)$$

$$\text{Real Distance}(Y) = [(\text{Pixel } Y)1.481013] 0.253846 \quad (4.3)$$

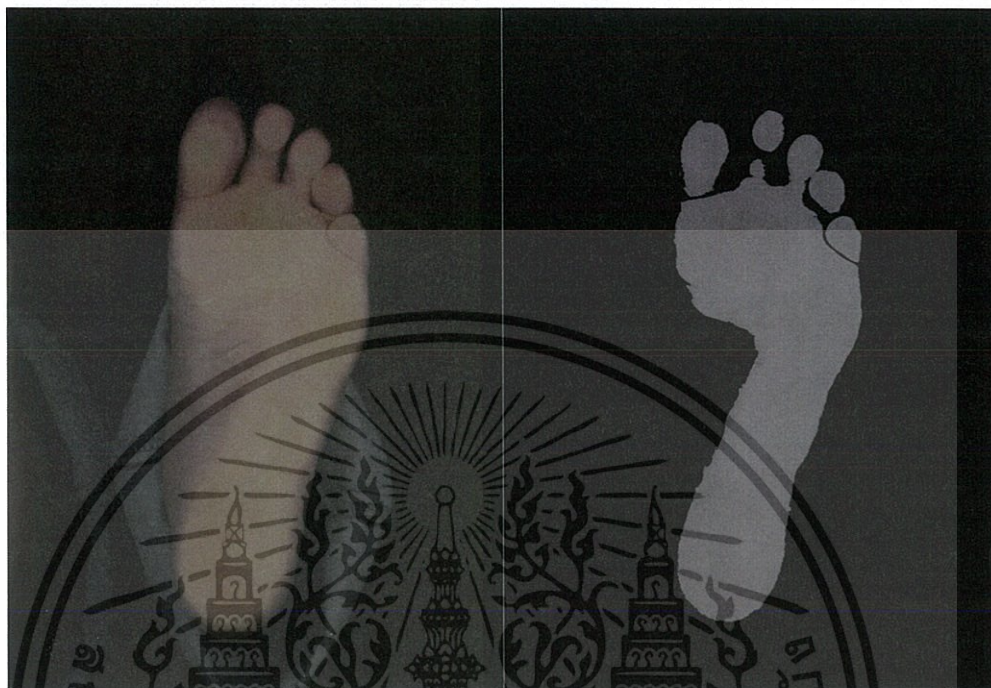
4.3 การทดสอบกระบวนการตัดแสงรบกวนของสิ่งแวดลอมภายนอก

ภายหลังจากที่ได้ทำการเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้าแล้วได้ทำการสอบเทียบขนาดของภาพไปเรียบร้อยแล้ว กระบวนการที่สำคัญถัดไปของระบบนั้นคือการ แบ่งแยกระหว่างภาพพิมพ์ผ้าเท้าที่แสดงไล่เป็นระดับความเข้มเทา กับภาพพื้นหลัง เพื่อการวิเคราะห์ตัดชิ้นผ้าเท้าและแสดงรูปโครงสร้างผ้าเท้าที่ชัดเจน โดยในกระบวนการนี้ได้ใช้เทคนิคการตัดระดับเทรตโฮลด์และการแยกภาพที่สนใจกับภาพพื้นหลัง เข้ามาช่วยในการเตรียมภาพพิมพ์ผ้าเท้าให้พร้อมที่จะวิเคราะห์ภาพในกระบวนการอื่นต่อไป

4.3.1 วิธีการทดสอบกระบวนการตัดแสงและภาพรบกวนของสิ่งแวดลอม

ในกระบวนการตัดระดับเทรตโฮลด์และการแยกภาพที่สนใจกับภาพพื้นหลังได้พัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมาเพื่อทดสอบวิธีการและหาค่าตั้งต้นที่เหมาะสมในการตัดแสงรบกวนภายนอกที่ถูกเก็บบันทึกเข้ามาพร้อมกับภาพพิมพ์เท้าโดยสามารถปรับแถบเลื่อนโดยมีความละเอียด 255 ระดับ เปรียบได้เป็นการปรับค่าตั้งต้นในการตัดระดับเทรตโฮลด์ตั้งแต่ 0-255 โดยจะปรับเพิ่มขึ้นทีละ 1 ระดับ แล้วปรับเพิ่มขึ้นจนเหลือแต่ขอบเขตของโครงสร้างผ้าเท้าส่วนที่กอดกับแผ่นอะครีลิก ซึ่งจะทดสอบขณะผู้ป่วยทั้ง 10 คนจะยืนในท่าตรงและน้ำหนักกระจายลงไปที่เท้าทั้งสองข้าง

4.3.2 ผลการทดสอบกระบวนการตัดแสงและภาพรบกวนของสิ่งแวดล้อม
จากการทดสอบเพื่อวิเคราะห์และสอบเทียบขนาดของรูปภาพในงานวิจัยนี้ ได้แสดงผลของ
การวัดสอบเทียบแสดงดังตารางที่ 4.3 และ รูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ผลการทดสอบตัวอย่างการตัดระดับเทรโดโฮลด์เพื่อแยกภาพฝ่าเท้าที่สนใจกับภาพพื้นหลัง

จากการทดสอบตัดระดับเทรโดโฮลด์เพื่อแยกภาพฝ่าเท้าที่สนใจกับภาพพื้นหลังของผู้ทดสอบ
จำนวน 20คน พบว่าช่วงระดับการตัดค่าเทรโดโฮลด์นั้นอยู่ในช่วง 76-82 ระดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยที่
80 ระดับ จึงเป็นค่าเริ่มต้นที่ใช้งานในการกำหนดระดับการเทรโดโฮลด์เพื่อแยกภาพฝ่าเท้าที่สนใจกับ
ภาพพื้นหลัง โดยผลการทดสอบแสดงค่าตามตารางที่ 4.3

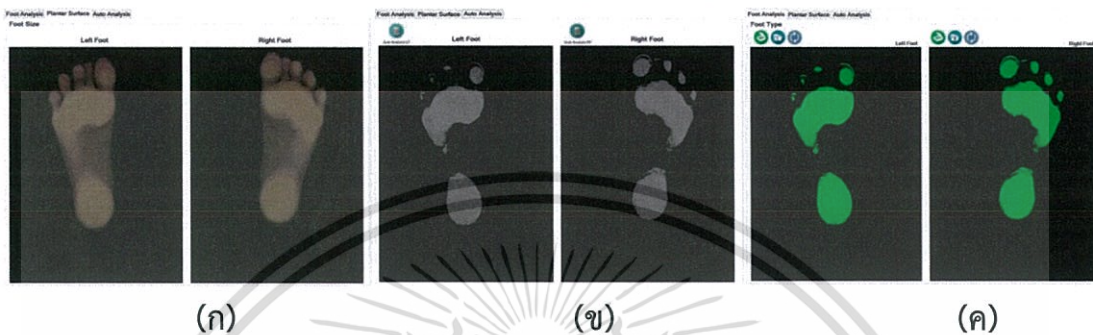
ตารางที่ 4.3 แสดงผลข้อมูลการทดลองปรับระดับเทรตโฮล์สเพื่อแยกภาพส่วนที่สนใจกับภาพ
สิ่งแวดล้อม

ผู้ทดสอบ	ระดับเทรตโฮล์ส
1	78
2	82
3	80
4	76
5	80
6	78
7	80
8	82
9	80
10	82
11	80
12	80
13	80
14	80
15	80
16	82
17	80
18	80
19	80
20	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดสอบหาโครงสร้างฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง

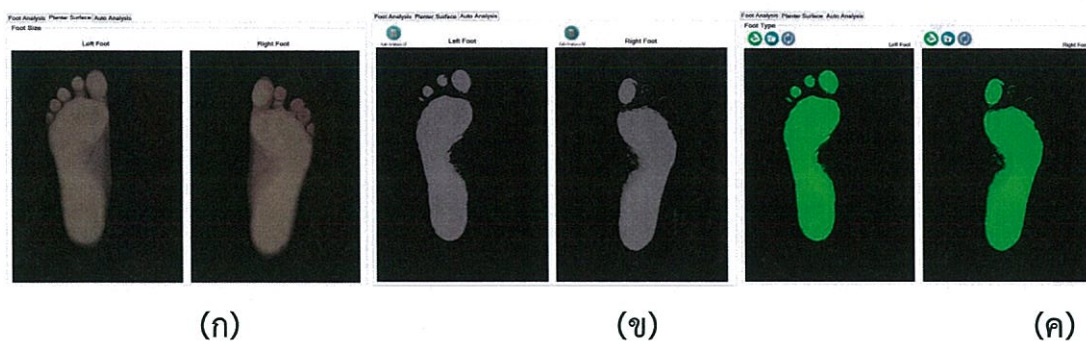
หลังจากที่ได้ทดสอบกระบวนการตัดแสงและภาพรบกวนของสิ่งแวดล้อม เพื่อกำจัดให้ภาพพิมพ์เท้าที่นําคงเหลือแต่รอยรูปพิมพ์เท้า กระบวนการถัดไปนั้นคือการจัดเตรียมการแสดงผลของรูปพิมพ์เท้าที่มีลักษณะที่แตกต่างกัน เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ สุขภาพ ดัชนีเท้าและความเสี่ยงเป็นโรคเท้าประเภทต่างๆ โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ ดังรูปที่ 4.17 ถึง 4.19



- รูปที่ 4.17 (ก) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบที่มีภาวะเสี่ยงเป็นโรคเท้าโก่ง
- (ข) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่ไล่ระดับความเข้มเทาในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติของผู้ทดสอบที่มีภาวะเสี่ยงเป็นโรคเท้าโก่ง
- (ค) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่แสดงโทนสีในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบกำหนดเองของผู้ทดสอบที่มีภาวะเสี่ยงเป็นโรคเท้าโก่ง



- รูปที่ 4.18 (ก) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบที่มีสุขภาพเท้าปกติ
- (ข) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่ไล่ระดับความเข้มเทาในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติของผู้ทดสอบที่มีสุขภาพเท้าปกติ
- (ค) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่แสดงโทนสีในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบกำหนดเองของผู้ทดสอบที่มีสุขภาพเท้าปกติ



- รูปที่ 4.19 (ก) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบที่มีสถานะเสี่ยงเป็นโรคเท้า แบน
- (ข) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่ไ้ระดับความเข้มเท่าในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติของผู้ทดสอบที่มีสถานะเสี่ยงเป็นโรคเท้าแบน
- (ค) แสดงรูปภาพพิมพ์เท้าที่แสดงโทนสีในโหมดวัดดัชนีเท้าแบบกำหนดเองของผู้ทดสอบที่มีสถานะเสี่ยงเป็นโรคเท้าแบน

โดยซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ได้มีการแสดงภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าอยู่ 3 รูปแบบดังนี้

แถบหน้าต่าง Plantar Surface แสดงรูปภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าจริงในโหมดวัดขนาดเท้าของผู้ทดสอบ ซึ่งเป็นภาพที่เก็บจากการสแกนรอยเท้าจริง และเก็บไว้เพื่อใช้งานในการวัดขนาดความกว้างและความยาวของฝ่าเท้า

แถบหน้าต่าง Foot Analysis แสดงรูปภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่ตัดสถานะแวดล้อมภายนอกออก แล้วไ้ระดับเทาเกิดเป็นขอบรอยพิมพ์ฝ่าเท้า และแปลงเป็นเฉดสีเขียวเพื่อง่ายต่อการกำหนดจุดวิเคราะห์ค่าดัชนีเท้าแบบกำหนดเอง

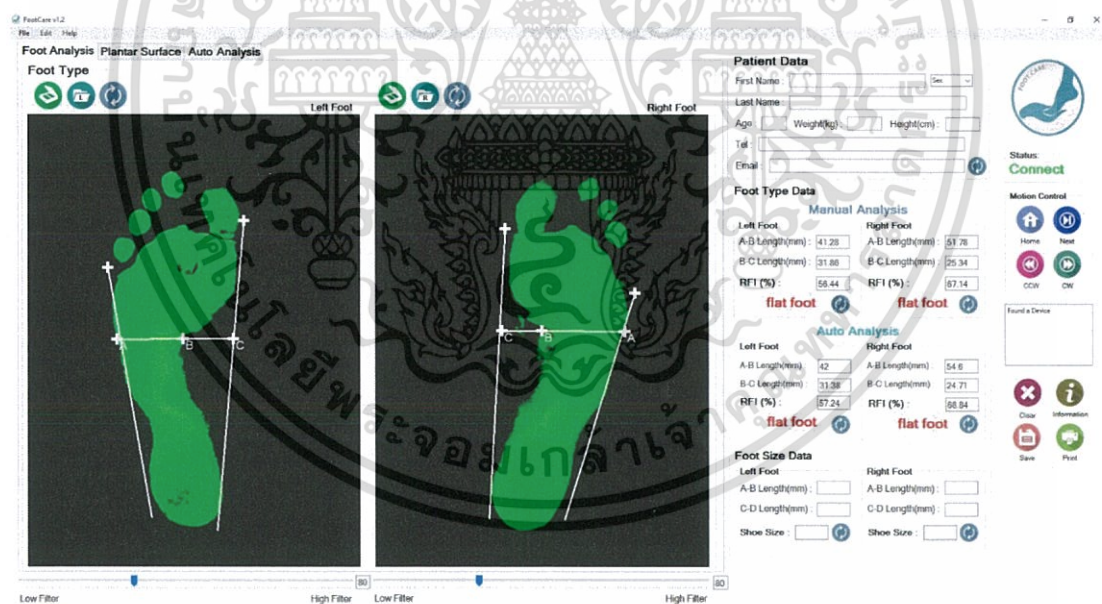
แถบหน้าต่าง Auto Analysis แสดงรูปภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่ตัดสถานะแวดล้อมภายนอกออก แล้วไ้ระดับคเทาเกิดเป็นขอบรอยพิมพ์ฝ่าเท้า เพื่อรอกการกำหนดจุดวิเคราะห์ค่าดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติ

4.5 การทดสอบวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง

สำหรับซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ได้ออกแบบให้สามารถวิเคราะห์ค่าดัชนีเท้าได้ในสองลักษณะคือ แบบกำหนดเองและแบบวัดอัตโนมัติ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งานของแพทย์ที่จะใช้ตรวจคัดกรองกลุ่มตัวอย่างหรือกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะเสี่ยงที่จะมีความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า

4.5.1 การทดสอบวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าในโหมดกำหนดเอง

เริ่มทำการทดสอบโดยคลิกที่ปุ่มสแกนด์เก็บรูปภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้าง ที่หน้าต่างFoot Analysis จากนั้นคลิกกำหนดเส้นร่างด้านข้างและลากจุดที่ฝ่าเท้าเว้ามากที่สุดตามทฤษฎีการวัดดัชนีเท้า โดยเท้าซ้ายจะวัดจากด้านซ้ายไปด้านขวา และเท้าขวาจะวัดจากด้านขวาไปด้านซ้าย (เริ่มวัดจากส่วนที่เป็นเนื้อฝ่าเท้าไปหาส่วนที่เว้าว่าง) เมื่อเสร็จแล้วโปรแกรมจะเก็บบันทึกค่าที่วัดได้แล้วประมวลผลเป็นค่าดัชนีเท้าที่บ่งบอกถึงสุขภาพเท้าปกติ หรืออัตราความเสี่ยงที่อาจมีความผิดปกติของเท้าได้

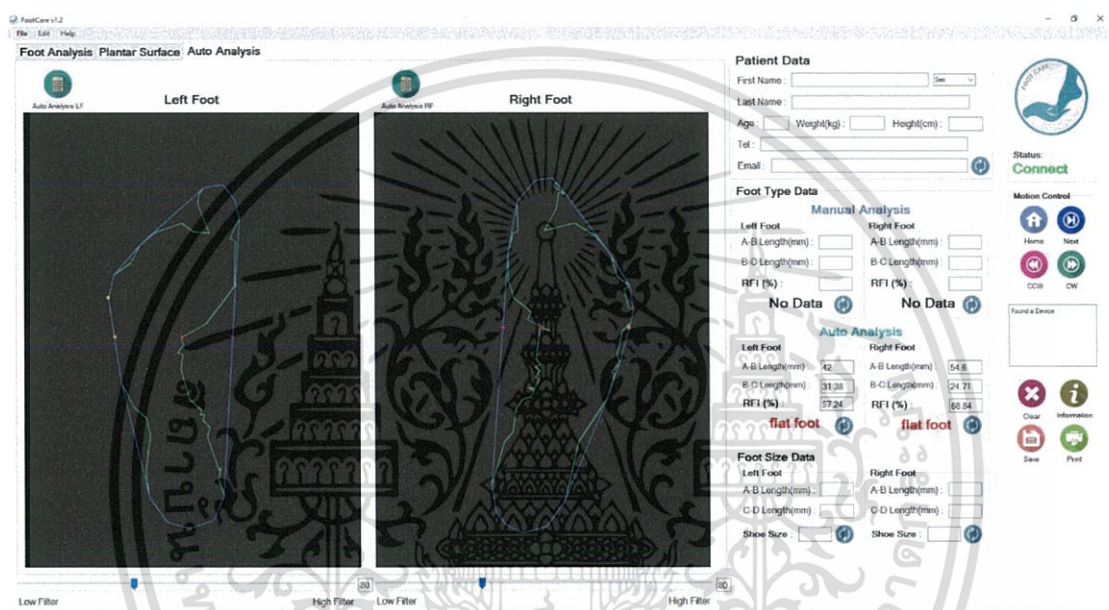


รูปที่ 4.20 แสดงผลการทดสอบระบบการวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าในโหมดกำหนดเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การทดสอบวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าในโหมดอัตโนมัติ

ทดสอบเปิดภาพเดิมที่ได้สแกนเก็บรูปภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างไว้แล้วขึ้นมาแสดงผลที่หน้าต่าง Auto Analysis ให้คลิกที่ปุ่ม Auto Analysis LF เพื่อเริ่มวิเคราะห์ดัชนีเท้าข้างซ้าย และคลิกที่ปุ่ม Auto Analysis RF เพื่อเริ่มวิเคราะห์ดัชนีเท้าข้างขวา เมื่อเสร็จแล้วโปรแกรมประมวลผลโครงสร้างฝ่าเท้าแบบอัตโนมัติแสดงเป็นเส้นขอบสีเขียวเป็นกรอบนอกสุด เส้นโครงสร้างเท้าสีฟ้า จุดต่างๆที่ใช้ในระบบประมวลผลวัดแล้วแสดงเป็นค่าดัชนีเท้าที่บ่งบอกถึงสุขภาพเท้าปกติ หรือ อัตราความเสี่ยงที่อาจจะเป็นโรคเท้าได้



รูปที่ 4.21 แสดงผลการทดสอบระบบการวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าในโหมดกำหนดอัตโนมัติ

4.6 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเบื้องต้น

จากทดสอบเก็บบันทึกโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้เข้าร่วมทดสอบจำนวนหนึ่งก็พบว่า ภาพโครงสร้างฝ่าเท้าที่เก็บบันทึกได้นั้นจะมีสิ่งอื่นที่เก็บบันทึกได้ปะปนมาด้วยในภาพ อาทิเช่น ขากางเกง ชายกระโปรง ตลอดจนแสงรบกวนจากสภาวะแวดล้อมในสถานที่นั้น ซึ่งจำเป็นต้องตัดส่วนนี้ออกก่อน โดยกระบวนการตัดแสงรบกวนของสิ่งแวดล้อมภายนอก ก่อนไปเข้าสู่ระบบการประมวลผลค่าดัชนีเท้าต่อไป

การสอบเทียบการวัดขนาดภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า เป็นการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นว่า ภาพที่ได้จากการสแกนเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้วยขนาดภาพ 850x1170พิกเซล (210มม.X297 มม.)โดยเลือกใช้ซอฟต์แวร์ NI Vision Builder for Automated Inspection ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สอบเทียบวัดจำนวนพิกเซลของรูปภาพเพื่อวัดให้ได้ตรงตามขนาดจริง ซึ่งในการทำงานจะกำหนดตำแหน่งและวัดจำนวนของพิกเซลจากรูปภาพแล้วเปรียบเทียบเป็นขนาดความกว้างและความยาวจริงของรูปภาพ ได้ผลการสอบเทียบพิกเซลเป็นตามสมการที่ 4.1 แต่ในซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 การแสดงภาพพิมพ์เท่านั้นได้มีการลดอัตราส่วนลงไปจากขนาดภาพจริงดังนั้นจำเป็นต้องสอบเทียบค่าจำนวนพิกเซลทำพินกับขนาดความยาวจริงใหม่ทั้งในแกน X และ Y จึงได้เป็นสมการที่ 4.2 และ 4.3 เพื่อนำไปใช้งานในระบบการวัดขนาดความกว้าง-ยาว และระบบการประมวลผลค่าดัชนีเท้าในส่วนถัดไปได้อย่างถูกต้อง

ในส่วนของการทดสอบกระบวนการตัดแสงรบกวนของสิ่งแวดล้อมภายนอก พบว่าภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่เก็บบันทึกได้นั้นมีการเก็บสภาวะแวดล้อมอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการเข้ามาอีกด้วย ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เทคนิคการตัดระดับเทรตโฮลด์ เพื่อแยกภาพโครงสร้างฝ่าเท้าเฉพาะส่วนที่สนใจกับภาพพื้นหลัง ซึ่งได้ค่าระดับอยู่ที่ 80 ระดับ เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดลอง แต่จากการสังเกตพบว่าลักษณะการยื่นเก็บรูปฝ่าเท้าของผู้ทดสอบ มีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน และการลงน้ำหนักก็แตกต่างกัน ดังนั้นในซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ที่พัฒนาขึ้นอีกจึงได้มีการเพิ่มแถบปรับระดับการตัดค่าเทรตโฮลด์เพื่อให้ได้ภาพขอบโครงสร้างฝ่าเท้าที่ชัดเจนที่สุด

สำหรับการทดสอบหาโครงสร้างฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์ฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง ซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 นั้นได้มีแถบหน้าต่าง Plantar Surface เพื่อแสดงรูปภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าจริงแล้ววัดขนาดความกว้างและยาวของเท้าได้ แถบหน้าต่าง Foot Analysis ที่แสดงขอบรอยพิมพ์ฝ่าเท้าในเฉดสีเขียวเพื่อง่ายต่อการกำหนดจุดวัดค่าดัชนีฝ่าเท้าแบบกำหนดเอง และ แถบหน้าต่าง Auto Analysis แสดงขอบรอยพิมพ์ฝ่าเท้าในแบบโล่ระดับเทา เพื่อรอการกำหนดจุดวิเคราะห์ค่าดัชนีดัชนีเท้าแบบอัตโนมัติจากระบบประมวลผลทางภาพที่ได้พัฒนาขึ้น

ในการทดสอบขั้นสุดท้าย เป็นการทดสอบวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง ในโหมดกำหนดเอง และในโหมดวัดอัตโนมัติ นั้น พบว่าระบบสามารถวัดและประมวลผลภาพขอบรอยพิมพ์ฝ่าเท้าได้เป็นอย่างดีมีประสิทธิภาพ มีการแสดงข้อมูลความยาวในแต่ละจุดที่สนใจวัดแล้วนำไปประมวลผลดัชนีฝ่าเท้าแล้วทำนายได้อย่างถูกต้อง โดยค่าดัชนีฝ่าเท้าที่คำนวณออกมาจากทั้งสองโหมดนั้นมีความใกล้เคียงกันมีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

บทที่ 5

การทดสอบทางคลินิก

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดสอบทางคลินิก โดยเก็บข้อมูลผู้สนใจทดสอบสุขภาพเท้า ณ คลินิกสุขภาพเท้า โรงพยาบาลกรุงเทพ จำนวนทั้งหมด 50 ราย โดยผลการทดสอบทางคลินิก จะเปรียบเทียบกระบวนการคัดกรองตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าที่ใช้งานในปัจจุบัน กับ กระบวนการคัดกรองตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าโดยใช้เครื่องมือที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น

5.1 กระบวนการทดสอบกับคลินิกสุขภาพเท้า

อันดับแรกที่แพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสุขภาพเท้า จะใช้กระบวนการให้ผู้ป่วยเดินเพื่อสังเกตลักษณะการเดิน ลงน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์อาการผิดปกติในเบื้องต้น ภายหลังจากการทดสอบแพทย์จะได้ทราบถึงอาการผิดปกติของผู้ป่วย เพื่อนำไปสู่กระบวนการรักษาต่อไป



รูปที่ 5.1 แพทย์ผู้เชี่ยวชาญสังเกตลักษณะการเดินและทดสอบลงน้ำหนักด้วยอุปกรณ์ Harris Mat

5.1.1 วิธีการตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติในปัจจุบัน

เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ของแพทย์หลากหลายรูปแบบ แพทย์มักจะเลือกทดสอบจากเครื่องมือที่ใช้งานง่ายและสะดวกก่อน Harris Mat (ในรูปที่ 5.2) เป็นอุปกรณ์มาตรฐานอย่างหนึ่งซึ่งนำมาใช้ก่อนที่จะใช้อุปกรณ์พิเศษเพื่อตรวจสอบเฉพาะในแต่ละความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า



รูปที่ 5.2 ผู้ป่วยเดินผ่านอุปกรณ์ Harris Mat เพื่อตรวจสอบหาตำแหน่งที่ลงน้ำหนักและโครงสร้างของฝ่าเท้า

ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจวัดในเบื้องต้นนี้จะได้เป็นภาพพิมพ์รอยโครงสร้างฝ่าเท้าที่มีการกระจายแรงกดในแต่ละจุดที่บริเวณใต้ฝ่าเท้าในขณะที่เดินโดยข้อมูลที่ได้จะเป็นเชิงคุณภาพหรือเชิงเปรียบเทียบ ซึ่งแพทย์จะใช้การวัดขนาดของโครงสร้างเท้าในแต่ละจุดเพื่อหาค่าดัชนีเท้าและวิเคราะห์ผลได้เป็นภาวะที่จะเกิดความผิดปกติของเท้าได้ แสดงดังรูปที่ 5.3 โดยบริเวณที่มีความเข้มของน้ำหมึกเป็นจำนวนมาก แสดงถึงปริมาณแรงกดทับที่มีค่ามากกว่าในบริเวณที่มีความเข้มของน้ำหมึกน้อยที่แสดงว่ามีแรงกดทับที่มีค่าน้อย ซึ่งความเข้มมาก-น้อย จะสร้างเป็นโครงสร้างฝ่าเท้าได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 5.3 แสดงภาพพิมพ์โครงสร้างของผู้ป่วยที่มีการกระจายแรงกดได้ฝ่าเท้าเกิดเป็นรอยขอบฝ่าเท้า
ในขณะที่เดิน

โดยภายใต้แผ่นยางของอุปกรณ์ Harris Mat จะมีรูปแบบเป็นเส้นกริดที่สานกันไปมา
อย่างละเอียดโดยจะต้องมีการเพิ่มน้ำหมึกที่จะหยดลงบนลูกกลิ้งไปให้ทั่วๆทั้งแผ่น ซึ่งจะอยู่ด้านล่าง
ติดกับแผ่นกระดาษ เมื่อผู้ป่วยเดินผ่านกดลงบนอุปกรณ์ Harris Mat จะถ่ายทอดแรงกดไปยังกระดาษ
โดยไม่ทำให้น้ำหมึกเลอะเท้า แสดงดังรูปที่ 5.4

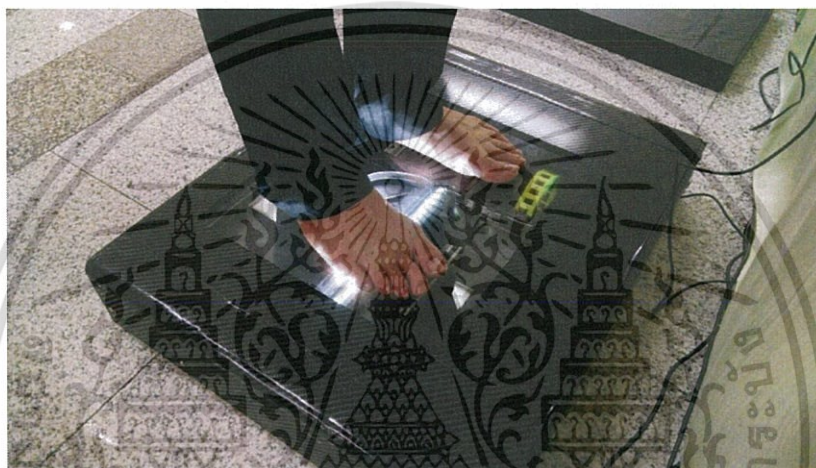


รูปที่ 5.4 แสดงแผ่นยางใต้อุปกรณ์ Harris Mat และการกลิ้งน้ำหมึกเพื่อความชัดเจนในการพิมพ์รอย
ฝ่าเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 วิธีการตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope

ภายหลังจากการพัฒนาทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์จนลงตัวเป็นเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อเป็นเครื่องมือที่ใช้งานในการช่วยแพทย์ตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าที่จะแสดงผลเป็นภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าได้ 2 ประเภท คือ ภาวะเท้าโก่ง(High arch) และ ภาวะเท้าแบน(Flat foot) ซึ่งจะแยกออกกลุ่มที่มีสุขภาพเท้าปกติ

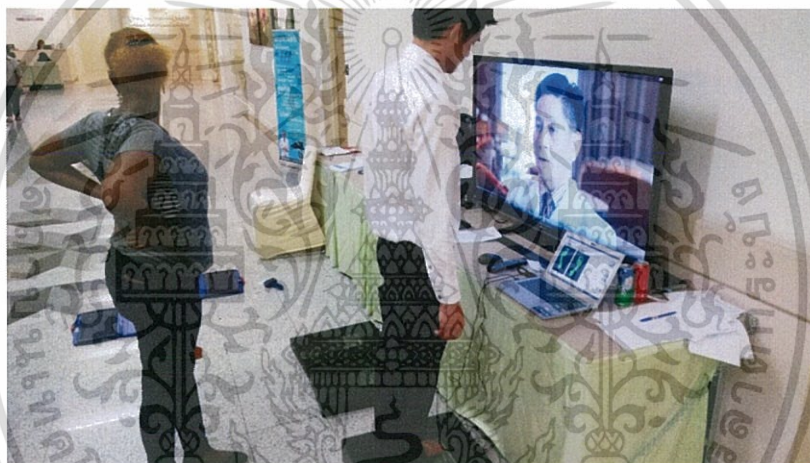


รูปที่ 5.5 ผู้ป่วยยืนบนเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อตรวจวัดสุขภาพเท้า

ในขั้นตอนแรกผู้ทดสอบจะต้องถอดรองเท้าแล้วขึ้นไปเหยียบที่ด้านบนของเครื่องตรงจุดที่มีวงกลมสีเขียวและส้มที่จะอยู่กึ่งกลางของเท้า จากนั้นใส่ข้อมูล ชื่อ-สกุล เพศ อายุ น้ำหนัก และเบอร์โทรศัพท์ และคลิกที่ปุ่ม Scan ตัวเครื่องจะเริ่มสแกนเท้าข้างซ้ายก่อนเมื่อเสร็จแล้วชุดเก็บบันทึกภาพจะเลื่อนไปสแกนเท้าด้านขวาและแสดงให้เห็นโครงสร้างฝ่าเท้าที่จอภาพแสดงผล จากนั้นแพทย์จะกำหนดเอง(Manual mode) หรือ ให้ระบบประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้าแบบอัตโนมัติ(Auto mode) ที่แสดงผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่มีภาวะเท้าแบน ภาวะเท้าโก่ง หรือสุขภาพเท้าปกติ ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะดำเนินการเสร็จได้ในเวลา 2 นาที

5.2 ผลการทดสอบทางคลินิกที่มีผลเปรียบเทียบข้อมูลการตรวจวัดเบื้องต้น

จากกลุ่มที่สนใจเข้าร่วมงาน วันเบาหวานโลก เมื่อวันที่ 12-14 พฤศจิกายน 2557 ณ ศูนย์เบาหวาน ไทรอยด์และต่อมไร้ท่อ โรงพยาบาลกรุงเทพ ได้สุ่มผู้ทดสอบชายและหญิงช่วงอายุระหว่าง 25-60 ปี จำนวน 50 คน เพื่อตรวจวัดสุขภาพเท้าและภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าประเภทต่างๆ ที่สถานีสสุขภาพเท้า โดยจะทดสอบด้วยอุปกรณ์ Harris Mat ในทำยืนอยู่กับที่เปรียบเทียบกับเครื่อง Smart Digital Podoscope ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งจะแสดงผลเป็นภาพพิมพ์เท้าและค่าดัชนีเท้าที่บ่งบอกถึงภาวะที่เกิดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าได้ ประกอบกับการดูคลิปอธิบายความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า สาเหตุและประเภทของภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าได้ โดย นายแพทย์เชิดพงศ์ หังสสูตร แพทย์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านสุขภาพเท้า



รูปที่ 5.6 ผู้ทดสอบเข้าตรวจวัดที่สถานีสสุขภาพเท้า โดยจะใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมดประมาณ 3 นาที

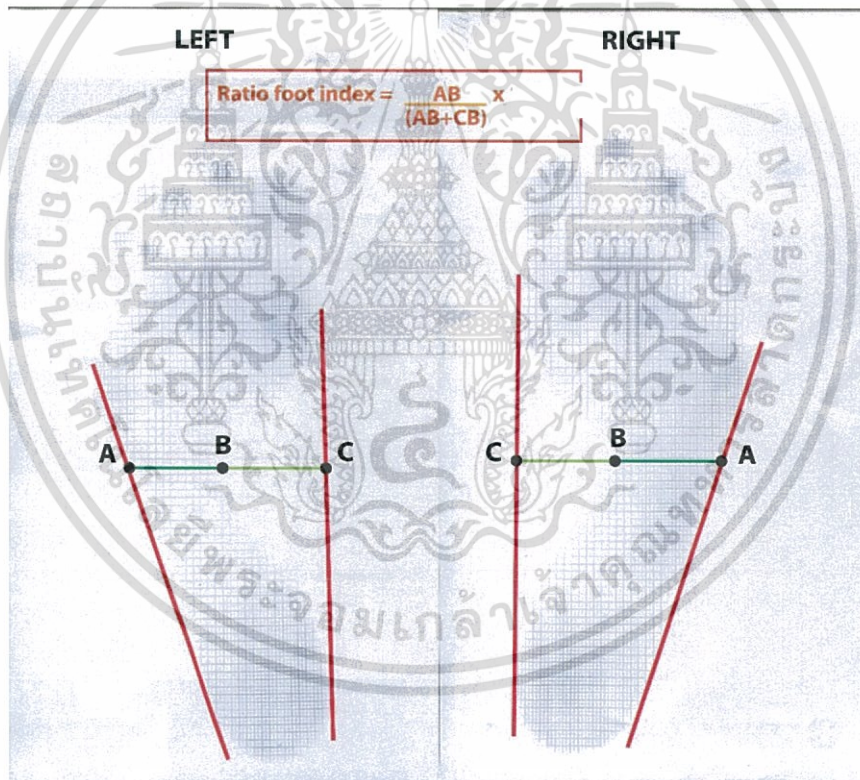
5.2.1 ผลการวิเคราะห์จากแพทย์โดยใช้อุปกรณ์ Harris Mat

จากรูปที่ 5.6 จะเป็นการทดสอบพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างในรูปแบบยืนอยู่กับที่ (Static) ซึ่งผู้ทดสอบจะยืนอยู่บนอุปกรณ์ Harris Mat เพื่อใช้เป็นผลมาตรฐานหลัก (Gold Standard) ในการทดสอบวัดโครงสร้างภาพพิมพ์ฝ่าเท้า ซึ่งจะได้ภาพพิมพ์ฝ่าเท้าที่มีน้ำหนักของร่างกายกดลงไปกระทำกับพื้นผ่านโครงสร้างฝ่าเท้าโดยที่แพทย์จะวัดค่าดัชนีฝ่าเท้าทั้งสองข้าง ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 การพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้วยอุปกรณ์ Harris Mat ในรูปแบบเท้ายืนอยู่กับที่ทั้งสองข้าง



รูปที่ 5.8 แสดงวิธีการวัดค่าดัชนีฝ่าเท้า(Ratio foot index) กับเท้าทั้งสองข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้าโดยอุปกรณ์ Harris Mat

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า					
	เท้าข้างซ้าย			เท้าข้างขวา		
	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio
1	48.00	14.00	0.7742	37.00	36.00	0.5068
2	35.00	45.00	0.4375	36.00	41.00	0.4675
3	40.00	35.00	0.5333	42.00	36.00	0.5385
4	17.00	53.00	0.2429	22.00	53.00	0.2933
5	35.00	44.00	0.4430	31.00	44.00	0.4133
6	36.00	39.00	0.4800	41.00	30.50	0.5734
7	37.00	39.00	0.4868	45.00	39.00	0.5357
8	39.00	34.00	0.5343	43.00	34.00	0.5584
9	26.00	43.00	0.3768	32.00	40.00	0.4444
10	34.00	44.00	0.4359	36.00	42.00	0.4615
11	27.00	45.00	0.3750	36.00	42.00	0.4615
12	35.00	34.00	0.5073	34.00	33.00	0.5075
13	41.00	39.00	0.5125	42.00	35.50	0.5419
14	21.00	48.00	0.3044	34.00	41.00	0.4533
15	35.50	39.00	0.4765	40.00	33.00	0.5479
16	34.00	30.00	0.5313	33.00	27.00	0.5500
17	34.00	37.00	0.4789	34.00	42.00	0.4474
18	31.00	39.00	0.4429	37.00	36.50	0.5034
19	31.00	37.00	0.4559	32.50	32.50	0.5000
20	42.00	34.00	0.5526	40.00	36.00	0.5263
21	25.00	39.00	0.3906	25.00	38.50	0.3937
22	38.00	35.00	0.5206	35.00	36.00	0.4930
23	33.00	37.00	0.4714	23.00	41.00	0.3594
24	38.00	41.00	0.4810	33.00	37.00	0.4714
25	53.00	29.00	0.6463	53.00	31.00	0.6310
26	40.00	36.50	0.5229	41.00	37.00	0.5256
27	28.50	38.00	0.4286	30.00	34.00	0.4688
28	34.00	40.00	0.4595	34.00	36.00	0.4857
29	38.00	43.00	0.4691	47.00	37.50	0.5562
30	30.00	37.00	0.4478	34.00	39.00	0.4658

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า					
	เท้าข้างซ้าย			เท้าข้างขวา		
	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio
31	30.00	35.00	0.4615	30.50	32.00	0.4880
32	29.00	38.00	0.4328	35.00	40.00	0.4667
33	17.00	50.00	0.2537	32.00	40.50	0.4414
34	33.00	42.00	0.4400	35.00	37.00	0.4861
35	36.00	38.00	0.4865	35.00	38.00	0.4795
36	35.00	36.00	0.4930	31.00	39.00	0.4429
37	41.00	35.00	0.5395	47.00	38.00	0.5529
38	31.00	48.00	0.3924	38.00	41.00	0.4810
39	32.00	40.00	0.4444	33.00	41.50	0.4430
40	38.50	44.00	0.4667	35.50	46.00	0.4356
41	28.00	37.00	0.4308	35.00	41.00	0.4605
42	43.00	33.00	0.5658	33.00	34.00	0.4925
43	39.00	30.00	0.5652	40.00	39.00	0.5063
44	37.00	38.00	0.4933	39.00	34.00	0.5342
45	39.00	29.50	0.5693	47.50	27.00	0.6419
46	31.00	37.00	0.4559	34.50	33.00	0.5111
47	34.00	35.00	0.4928	33.00	34.00	0.4925
48	44.00	38.00	0.5366	45.00	35.00	0.5625
49	41.50	38.00	0.5220	46.00	29.00	0.6133
50	31.00	45.50	0.4052	35.00	42.00	0.4545

ผลการวัดค่าดัชนีฝ่าเท้าที่คำนวณได้นั้นจะถูกแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 ประเภทคือ

- ค่าอยู่ในช่วง 0.2500 – 0.3999 จะมีภาวะเท้าโก่ง
- ค่าอยู่ในช่วง 0.4000 – 0.4999 จะมีสุขภาพเท้าปกติ
- ค่าอยู่ในช่วง 0.5000 – 1.0000 จะมีภาวะเท้าแบน

จากตารางที่ 5.1 แสดงตารางสรุปผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้าโดยอุปกรณ์ Harris Mat จากผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย พบว่ามีค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7742 และมีค่าน้อยสุด 0.2429 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6419 และมีค่าน้อยสุด 0.2933

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ผลการวิเคราะห์จากเครื่อง Smart Digital Podoscope

จากรูปที่ 5.8 จะเป็นการทดสอบเก็บรูปพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างในรูปแบบยืนอยู่กับที่ (Static) ซึ่งผู้ทดสอบจะยืนอยู่บนเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อใช้เป็นผลเปรียบเทียบกับภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างที่ได้จากอุปกรณ์ Harris Mat ซึ่งจะได้ภาพพิมพ์ฝ่าเท้าที่มีน้ำหนักของร่างกายกดลงไปกระทำกับพื้นผ่านโครงสร้างฝ่าเท้า โดยในส่วนของผลการวิเคราะห์ผลค่าดัชนีเท้าจะวัดใน 2 โหมด คือ การวัดแบบกำหนดเอง (Manual mode) และการวัดแบบอัตโนมัติ (Auto mode) ที่แสดงผลดังตารางที่ 5.2



รูปที่ 5.8 การเก็บรูปพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope ในรูปแบบยืนอยู่กับที่ทั้งสองข้าง

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้าโดยเครื่อง Smart Digital Podoscope

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Manual)					
	เท้าข้างซ้าย			เท้าข้างขวา		
	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio
1	53.95	15.21	0.7801	36.57	35.12	0.5101
2	35.48	40.55	0.4667	33.67	39.1	0.4627
3	39.47	28.97	0.5767	39.10	35.12	0.5268
4	18.83	49.97	0.2737	19.55	48.88	0.2857
5	34.03	42.36	0.4455	33.31	42.00	0.4423
6	34.40	36.57	0.4847	41.28	30.41	0.5758
7	38.38	41.28	0.4818	42.72	40.55	0.5130
8	38.74	32.95	0.5404	41.28	34.03	0.5481
9	23.53	38.38	0.3801	24.16	34.40	0.4412
10	33.31	43.09	0.4360	31.86	38.38	0.4536
11	29.69	40.19	0.4249	34.03	38.74	0.4676
12	36.57	34.40	0.5153	34.4	32.22	0.5164
13	39.1	38.38	0.5046	44.9	37.29	0.5463
14	27.16	43.09	0.3866	27.52	37.66	0.4222
15	32.59	35.59	0.5000	40.55	31.86	0.5600
16	36.57	29.33	0.5549	38.74	30.05	0.5632
17	34.03	37.66	0.4747	33.31	42.36	0.4402
18	33.31	38.38	0.4646	34.76	35.84	0.4924
19	28.97	37.29	0.4372	29.33	34.03	0.4629
20	39.1	32.95	0.5427	41.28	37.29	0.5254
21	23.53	38.02	0.3823	24.26	39.47	0.3807
22	36.21	35.48	0.5051	34.76	35.48	0.4949
23	34.03	31.86	0.5165	25.71	34.76	0.4252
24	35.48	36.57	0.4924	28.24	33.31	0.4588
25	51.41	25.71	0.6666	45.26	26.43	0.6313
26	42.72	32.95	0.5646	45.62	35.12	0.5650
27	28.97	34.76	0.4546	28.97	34.76	0.4546
28	33.31	41.28	0.4466	36.93	40.19	0.4789
29	37.29	42.72	0.4661	45.62	36.57	0.5551
30	36.21	42.72	0.4588	31.5	38.74	0.4485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การใช้งานที่อนุญาตให้ใช้ซ้ำโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย
 ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Manual)					
	เท้าข้างซ้าย			เท้าข้างขวา		
	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio
31	30.78	36.21	0.4595	31.14	33.67	0.4805
32	30.78	38.02	0.4474	31.86	35.12	0.4757
33	21.72	37.66	0.3658	32.95	36.93	0.4715
34	31.86	37.29	0.4607	33.31	36.93	0.4742
35	33.31	36.21	0.4791	30.41	34.4	0.4692
36	33.31	34.4	0.4920	33.67	37.29	0.4745
37	42.00	34.03	0.5524	51.41	36.57	0.5843
38	29.69	47.07	0.3868	38.74	40.55	0.4886
39	33.31	39.47	0.4577	33.31	38.02	0.4670
40	34.03	44.9	0.4311	37.29	46.34	0.4459
41	31.50	39.10	0.4462	36.93	41.64	0.4700
42	40.91	32.95	0.5539	36.93	38.02	0.4927
43	41.64	31.86	0.5665	41.28	38.38	0.5182
44	37.66	36.93	0.5049	42.36	33.31	0.5598
45	39.1	27.52	0.5869	55.40	26.43	0.6770
46	35.48	37.66	0.4851	36.57	34.76	0.5128
47	37.66	38.02	0.4976	34.03	34.47	0.4947
48	41.28	36.21	0.5327	43.09	33.67	0.5614
49	36.21	34.03	0.5155	50.69	29.69	0.6306
50	25.71	36.93	0.4104	30.05	36.93	0.4486

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Manual)					
	เท้าข้างซ้าย			เท้าข้างขวา		
	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio
1	52.62	14.82	0.7802	38.79	36.81	0.5131
2	36.07	40.52	0.4709	36.07	40.52	0.4709
3	41.75	31.38	0.5709	38.79	32.86	0.5414
4	18.28	51.39	0.2624	20.26	50.40	0.2867
5	42.25	42.74	0.4971	34.34	43.73	0.4399
6	32.22	35.84	0.4734	39.28	29.89	0.5679
7	36.93	39.1	0.4857	44.47	38.79	0.5341
8	38.02	33.67	0.5303	41.51	34.59	0.5455
9	21.36	34.03	0.3856	30.88	39.04	0.4416
10	34.59	41.26	0.4560	34.09	42.25	0.4466
11	31.86	42.36	0.4293	36.07	41.01	0.4680
12	34.03	33.31	0.5053	35.82	34.34	0.5105
13	40.19	37.66	0.5162	44.47	35.33	0.5573
14	24.98	42.36	0.3710	31.38	42.99	0.4219
15	37.66	39.47	0.4883	41.26	31.38	0.5680
16	39.28	28.16	0.5824	37.31	28.41	0.5677
17	32.95	36.57	0.4740	32.86	41.26	0.4433
18	35.12	42.36	0.4533	36.56	40.76	0.4728
19	30.41	39.10	0.4375	32.36	38.05	0.4596
20	43.45	36.57	0.5430	41.01	38.05	0.5187
21	24.26	38.38	0.3873	26.68	40.76	0.3956
22	40.27	35.82	0.5292	36.32	37.31	0.4933
23	37.8	31.62	0.5445	27.18	37.55	0.4199
24	33.67	36.21	0.4818	31.38	34.84	0.4739
25	49.24	25.34	0.6602	49.16	30.14	0.6199
26	46.34	39.83	0.5378	46.2	34.59	0.5719
27	30.41	38.02	0.4444	31.13	35.82	0.4650
28	32.95	38.38	0.4619	41.75	42.74	0.4941
29	36.21	38.02	0.4878	46.20	36.07	0.5616
30	35.48	43.09	0.4516	32.88	42.49	0.4209

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Manual)					
	เท้าข้างซ้าย			เท้าข้างขวา		
	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio	AB(มม.)	BC(มม.)	Ratio
31	29.33	35.48	0.4526	33.11	34.84	0.4873
32	30.05	38.74	0.4368	34.09	38.29	0.4710
33	21.72	34.76	0.3846	34.84	40.27	0.4639
34	30.05	36.57	0.4511	35.58	37.31	0.4881
35	28.60	29.69	0.4907	35.58	37.06	0.4898
36	34.76	35.84	0.4924	34.09	37.31	0.4775
37	42.36	35.48	0.5442	49.66	35.82	0.5810
38	29.69	45.26	0.3961	38.05	41.26	0.4798
39	28.6	35.48	0.4463	32.36	37.31	0.4645
40	34.84	49.91	0.4111	37.55	46.94	0.4444
41	28.24	36.21	0.4382	34.34	39.78	0.4633
42	38.38	31.86	0.5464	36.07	36.81	0.4949
43	40.55	32.59	0.5544	36.32	34.59	0.5122
44	35.84	33.31	0.5183	41.01	32.61	0.5570
45	40.91	30.05	0.5765	53.36	25.20	0.6792
46	33.67	35.12	0.4895	37.31	36.32	0.5067
47	36.21	37.66	0.4902	35.08	36.07	0.4930
48	44.72	37.31	0.5452	29.41	37.31	0.5698
49	39.10	35.48	0.5243	48.92	26.68	0.6471
50	29.33	42.36	0.4091	33.11	39.04	0.4589

จากตารางที่ 5.2 แสดงตารางสรุปผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้าโดยเครื่อง Smart Digital Podoscope จากผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย พบว่าในโหมตกำหนดเองค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7801 และมีค่าน้อยสุด 0.2737 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6770 และมีค่าน้อยสุด 0.2857 ในโหมตอัตโนมัติที่วัดค่าได้ ค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7802 และมีค่าน้อยสุด 0.2624 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6792 และมีค่าน้อยสุด 0.2867

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การเปรียบเทียบผลการตรวจสอบจากแพทย์กับเครื่อง Smart Digital Podoscope

ตารางที่ 5.3 แสดงผลวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้าจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ Smart Digital

Podoscope ในโหมด Manual

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Harris Mat)				ค่าดัชนีเท้า (Manual)			
	เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา		เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา	
	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity
1	0.7742	Flat foot	0.5068	Flat foot	0.7801	Flat foot	0.5101	Flat foot
2	0.4375	Normal foot	0.4675	Normal foot	0.4667	Normal foot	0.4627	Normal foot
3	0.5333	Flat foot	0.5385	Flat foot	0.5767	Flat foot	0.5268	Flat foot
4	0.2429	High arch	0.2933	High arch	0.2737	High arch	0.2857	High arch
5	0.4430	Normal foot	0.4133	Normal foot	0.4455	Normal foot	0.4423	Normal foot
6	0.4800	Normal foot	0.5734	Flat foot	0.4847	Normal foot	0.5758	Flat foot
7	0.4868	Normal foot	0.5357	Flat foot	0.4818	Normal foot	0.5130	Flat foot
8	0.5343	Flat foot	0.5584	Flat foot	0.5404	Flat foot	0.5481	Flat foot
9	0.3768	High arch	0.4444	Normal foot	0.3801	High arch	0.4412	High arch
10	0.4359	Normal foot	0.4615	Normal foot	0.4360	Normal foot	0.4536	Normal foot
11	0.3750	High arch	0.4615	Normal foot	0.4249	Normal foot	0.4676	Normal foot
12	0.5073	Flat foot	0.5075	Flat foot	0.5153	Flat foot	0.5164	Flat foot
13	0.5125	Flat foot	0.5419	Flat foot	0.5046	Flat foot	0.5463	Flat foot
14	0.3044	High arch	0.4533	Normal foot	0.3866	High arch	0.4222	Normal foot
15	0.4765	Normal foot	0.5479	Flat foot	0.5000	Flat foot	0.5600	Flat foot
16	0.5313	Flat foot	0.5500	Flat foot	0.5549	Flat foot	0.5632	Flat foot
17	0.4789	Normal foot	0.4474	Normal foot	0.4747	Normal foot	0.4402	Normal foot
18	0.4429	Normal foot	0.5034	Flat foot	0.4646	Normal foot	0.4924	Normal foot
19	0.4559	Normal foot	0.5000	Flat foot	0.4372	Normal foot	0.4629	Normal foot
20	0.5526	Flat foot	0.5263	Flat foot	0.5427	Flat foot	0.5254	Flat foot
21	0.3906	High arch	0.3937	High arch	0.3823	High arch	0.3807	High arch
22	0.5206	Flat foot	0.4930	Normal foot	0.5051	Flat foot	0.4949	Normal foot
23	0.4714	Normal foot	0.3594	High arch	0.5165	Flat foot	0.4252	Normal foot
24	0.4810	Normal foot	0.4714	Normal foot	0.4924	Normal foot	0.4588	Normal foot
25	0.6463	Flat foot	0.6310	Flat foot	0.6666	Flat foot	0.6313	Flat foot
26	0.5229	Flat foot	0.5256	Flat foot	0.5646	Flat foot	0.5650	Flat foot
27	0.4286	Normal foot	0.4688	Normal foot	0.4546	Normal foot	0.4546	Normal foot
28	0.4595	Normal foot	0.4857	Normal foot	0.4466	Normal foot	0.4789	Normal foot
29	0.4691	Normal foot	0.5562	Flat foot	0.4661	Normal foot	0.5551	Flat foot
30	0.4478	Normal foot	0.4658	Normal foot	0.4588	Normal foot	0.4485	Normal foot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Harris Mat)				ค่าดัชนีเท้า (Manual)			
	เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา		เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา	
	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity
31	0.4615	Normal foot	0.4880	Normal foot	0.4595	Normal foot	0.4805	Normal foot
32	0.4328	Normal foot	0.4667	Normal foot	0.4474	Normal foot	0.4757	Normal foot
33	0.2537	High arch	0.4414	Normal foot	0.3658	High arch	0.4715	Normal foot
34	0.4400	Normal foot	0.4861	Normal foot	0.4607	Normal foot	0.4742	Normal foot
35	0.4865	Normal foot	0.4795	Normal foot	0.4791	Normal foot	0.4692	Normal foot
36	0.4930	Normal foot	0.4429	Normal foot	0.4920	Normal foot	0.4745	Normal foot
37	0.5395	Flat foot	0.5529	Flat foot	0.5524	Flat foot	0.5843	Flat foot
38	0.3924	High arch	0.4810	Normal foot	0.3868	High arch	0.4886	Normal foot
39	0.4444	Normal foot	0.4430	Normal foot	0.4577	Normal foot	0.4670	Normal foot
40	0.4667	Normal foot	0.4356	Normal foot	0.4311	Normal foot	0.4459	Normal foot
41	0.4308	Normal foot	0.4605	Normal foot	0.4462	Normal foot	0.4700	Normal foot
42	0.5658	Flat foot	0.4925	Normal foot	0.5539	Flat foot	0.4927	Normal foot
43	0.5652	Flat foot	0.5063	Flat foot	0.5665	Flat foot	0.5182	Flat foot
44	0.4933	Flat foot	0.5342	Flat foot	0.5049	Flat foot	0.5598	Flat foot
45	0.5693	Flat foot	0.6419	Flat foot	0.5869	Flat foot	0.6770	Flat foot
46	0.4559	Normal foot	0.5111	Flat foot	0.4851	Normal foot	0.5128	Flat foot
47	0.4928	Normal foot	0.4925	Normal foot	0.4976	Normal foot	0.4947	Normal foot
48	0.5366	Flat foot	0.5625	Flat foot	0.5327	Flat foot	0.5614	Flat foot
49	0.5220	Flat foot	0.6133	Flat foot	0.5155	Flat foot	0.6306	Flat foot
50	0.4052	Normal foot	0.4545	Normal foot	0.4104	Normal foot	0.4486	Normal foot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.4 แสดงผลวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ่าเท้าจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ Smart Digital

Podoscope ในโหมด Auto

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Harris Mat)				ค่าดัชนีเท้า (auto)			
	เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา		เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา	
	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity
1	0.7742	Flat foot	0.5068	Flat foot	0.7802	Flat foot	0.5131	Flat foot
2	0.4375	Normal foot	0.4675	Normal foot	0.4709	Normal foot	0.4709	Normal foot
3	0.5333	Flat foot	0.5385	Flat foot	0.5709	Flat foot	0.5414	Flat foot
4	0.2429	High arch	0.2933	High arch	0.2624	High arch	0.2867	High arch
5	0.4430	Normal foot	0.4133	Normal foot	0.4971	Normal foot	0.4399	Normal foot
6	0.4800	Normal foot	0.5734	Flat foot	0.4734	Normal foot	0.5679	Flat foot
7	0.4868	Normal foot	0.5357	Flat foot	0.4857	Normal foot	0.5341	Flat foot
8	0.5343	Flat foot	0.5584	Flat foot	0.5303	Flat foot	0.5455	Flat foot
9	0.3768	High arch	0.4444	Normal foot	0.3856	High arch	0.4416	Normal foot
10	0.4359	Normal foot	0.4615	Normal foot	0.4560	Normal foot	0.4466	Normal foot
11	0.3750	High arch	0.4615	Normal foot	0.4293	Normal foot	0.4680	Normal foot
12	0.5073	Flat foot	0.5075	Flat foot	0.5053	Flat foot	0.5105	Flat foot
13	0.5125	Flat foot	0.5419	Flat foot	0.5162	Flat foot	0.5573	Flat foot
14	0.3044	High arch	0.4533	Normal foot	0.3710	High arch	0.4219	Normal foot
15	0.4765	Normal foot	0.5479	Flat foot	0.4883	Normal foot	0.5680	Flat foot
16	0.5313	Flat foot	0.5500	Flat foot	0.5824	Flat foot	0.5677	Flat foot
17	0.4789	Normal foot	0.4474	Normal foot	0.4740	Normal foot	0.4433	Normal foot
18	0.4429	Normal foot	0.5034	Flat foot	0.4533	Normal foot	0.4728	Normal foot
19	0.4559	Normal foot	0.5000	Flat foot	0.4375	Normal foot	0.4596	Normal foot
20	0.5526	Flat foot	0.5263	Flat foot	0.5430	Flat foot	0.5187	Flat foot
21	0.3906	High arch	0.3937	High arch	0.3873	High arch	0.3956	High arch
22	0.5206	Flat foot	0.4930	Normal foot	0.5292	Flat foot	0.4933	Normal foot
23	0.4714	Normal foot	0.3594	High arch	0.5445	Flat foot	0.4199	Normal foot
24	0.4810	Normal foot	0.4714	Normal foot	0.4818	Normal foot	0.4739	Normal foot
25	0.6463	Flat foot	0.6310	Flat foot	0.6602	Flat foot	0.6199	Flat foot
26	0.5229	Flat foot	0.5256	Flat foot	0.5378	Flat foot	0.5719	Flat foot
27	0.4286	Normal foot	0.4688	Normal foot	0.4444	Normal foot	0.4650	Normal foot
28	0.4595	Normal foot	0.4857	Normal foot	0.4619	Normal foot	0.4941	Normal foot
29	0.4691	Normal foot	0.5562	Flat foot	0.4878	Normal foot	0.5616	Flat foot
30	0.4478	Normal foot	0.4658	Normal foot	0.4516	Normal foot	0.4209	Normal foot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า (Harris Mat)				ค่าดัชนีเท้า (auto)			
	เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา		เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างขวา	
	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity	Ratio	Foot deformity
31	0.4615	Normal foot	0.4880	Normal foot	0.4526	Normal foot	0.4873	Normal foot
32	0.4328	Normal foot	0.4667	Normal foot	0.4368	Normal foot	0.4710	Normal foot
33	0.2537	High arch	0.4414	Normal foot	0.3846	High arch	0.4639	Normal foot
34	0.4400	Normal foot	0.4861	Normal foot	0.4511	Normal foot	0.4881	Normal foot
35	0.4865	Normal foot	0.4795	Normal foot	0.4907	Normal foot	0.4898	Normal foot
36	0.4930	Normal foot	0.4429	Normal foot	0.4924	Normal foot	0.4775	Normal foot
37	0.5395	Flat foot	0.5529	Flat foot	0.5442	Flat foot	0.5810	Flat foot
38	0.3924	High arch	0.4810	Normal foot	0.3961	High arch	0.4798	Normal foot
39	0.4444	Normal foot	0.4430	Normal foot	0.4463	Normal foot	0.4645	Normal foot
40	0.4667	Normal foot	0.4356	Normal foot	0.4111	Normal foot	0.4444	Normal foot
41	0.4308	Normal foot	0.4605	Normal foot	0.4382	Normal foot	0.4633	Normal foot
42	0.5658	Flat foot	0.4925	Normal foot	0.5464	Flat foot	0.4949	Normal foot
43	0.5652	Flat foot	0.5063	Flat foot	0.5544	Flat foot	0.5122	Flat foot
44	0.4933	Normal foot	0.5342	Flat foot	0.5183	Flat foot	0.5570	Flat foot
45	0.5693	Flat foot	0.6419	Flat foot	0.5765	Flat foot	0.6792	Flat foot
46	0.4559	Normal foot	0.5111	Flat foot	0.4895	Normal foot	0.5067	Flat foot
47	0.4928	Normal foot	0.4925	Normal foot	0.4902	Normal foot	0.4930	Normal foot
48	0.5366	Flat foot	0.5625	Flat foot	0.5452	Flat foot	0.5698	Flat foot
49	0.5220	Flat foot	0.6133	Flat foot	0.5243	Flat foot	0.6471	Flat foot
50	0.4052	Normal foot	0.4545	Normal foot	0.4091	Normal foot	0.4589	Normal foot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงผลค่าผลต่างของดัชนีฝ่าเท้าที่เปรียบเทียบจากอุปกรณ์ Harris Mat กับการวัดด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดManual และAuto

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า									
	Harris Mat		Manual				Auto			
	เท้าซ้าย	เท้าขวา	เท้าซ้าย		เท้าขวา		เท้าข้างซ้าย		เท้าข้างซ้าย	
	Ratio	Ratio	Ratio	H&M	Ratio	H&M	Ratio	H&A	Ratio	H&A
1	0.7742	0.5068	0.7801	0.0059	0.5101	0.0033	0.7802	0.0060	0.5131	0.0063
2	0.4375	0.4675	0.4667	0.0292	0.4627	0.0048	0.4709	0.0334	0.4709	0.0034
3	0.5333	0.5385	0.5767	0.0434	0.5268	0.0117	0.5709	0.0376	0.5414	0.0029
4	0.2429	0.2933	0.2737	0.0308	0.2857	0.0076	0.2624	0.0195	0.2867	0.0066
5	0.4430	0.4133	0.4455	0.0025	0.4423	0.0290	0.4971	0.0541	0.4399	0.0266
6	0.4800	0.5734	0.4847	0.0047	0.5758	0.0024	0.4734	0.0066	0.5679	0.0055
7	0.4868	0.5357	0.4818	0.0050	0.5130	0.0227	0.4857	0.0011	0.5341	0.0016
8	0.5343	0.5584	0.5404	0.0061	0.5481	0.0103	0.5303	0.0040	0.5455	0.0129
9	0.3768	0.4444	0.3801	0.0033	0.4412	0.0032	0.3856	0.0088	0.4416	0.0028
10	0.4359	0.4615	0.4360	0.00001	0.4536	0.0079	0.4560	0.0201	0.4466	0.0149
11	0.3750	0.4615	0.4249	0.0499	0.4676	0.0061	0.4293	0.0543	0.4680	0.0065
12	0.5073	0.5075	0.5153	0.008	0.5164	0.0089	0.5053	0.0020	0.5105	0.0030
13	0.5125	0.5419	0.5046	0.0079	0.5463	0.0044	0.5162	0.0037	0.5573	0.0154
14	0.3044	0.4533	0.3866	0.0822	0.4222	0.0311	0.3710	0.0666	0.4219	0.0314
15	0.4765	0.5479	0.5000	0.0235	0.5600	0.0121	0.4883	0.0118	0.5680	0.0201
16	0.5313	0.5500	0.5549	0.0236	0.5632	0.0132	0.5824	0.0511	0.5677	0.0177
17	0.4789	0.4474	0.4747	0.0042	0.4402	0.0072	0.4740	0.0049	0.4433	0.0041
18	0.4429	0.5034	0.4646	0.0217	0.4924	0.0110	0.4533	0.0104	0.4728	0.0306
19	0.4559	0.5000	0.4372	0.0187	0.4629	0.0371	0.4375	0.0184	0.4596	0.0404
20	0.5526	0.5263	0.5427	0.0099	0.5254	0.0009	0.5430	0.0096	0.5187	0.0076
21	0.3906	0.3937	0.3823	0.0083	0.3807	0.0130	0.3873	0.0033	0.3956	0.0019
22	0.5206	0.4930	0.5051	0.0155	0.4949	0.0019	0.5292	0.0086	0.4933	0.0003
23	0.4714	0.3594	0.5165	0.0451	0.4252	0.0658	0.5445	0.0731	0.4199	0.0605
24	0.4810	0.4714	0.4924	0.0114	0.4588	0.0126	0.4818	0.0008	0.4739	0.0025
25	0.6463	0.6310	0.6666	0.0203	0.6313	0.0003	0.6602	0.0139	0.6199	0.0111
26	0.5229	0.5256	0.5646	0.0417	0.5650	0.0394	0.5378	0.0149	0.5719	0.0463
27	0.4286	0.4688	0.4546	0.0260	0.4546	0.0142	0.4444	0.0158	0.4650	0.0038
28	0.4595	0.4857	0.4466	0.0129	0.4789	0.0068	0.4619	0.0024	0.4941	0.0084
29	0.4691	0.5562	0.4661	0.0030	0.5551	0.0011	0.4878	0.0187	0.5616	0.0054
30	0.4478	0.4658	0.4588	0.0110	0.4485	0.0173	0.4516	0.0038	0.4209	0.0449

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	ค่าดัชนีเท้า									
	Harris Mat		Manual				Auto			
	เท้าซ้าย	เท้าขวา	เท้าซ้าย		เท้าขวา		เท้าซ้าย		เท้าข้างซ้าย	
	Ratio	Ratio	Ratio	H&M	Ratio	H&M	Ratio	H&A	Ratio	H&A
31	0.4615	0.4880	0.4595	0.0020	0.4805	0.0075	0.4526	0.0089	0.4873	0.0007
32	0.4328	0.4667	0.4474	0.0146	0.4757	0.0090	0.4368	0.0040	0.4710	0.0043
33	0.2537	0.4414	0.3658	0.1121	0.4715	0.0301	0.3846	0.1309	0.4639	0.0225
34	0.4400	0.4861	0.4607	0.0207	0.4742	0.0119	0.4511	0.0111	0.4881	0.002
35	0.4865	0.4795	0.4791	0.0074	0.4692	0.0103	0.4907	0.0042	0.4898	0.0103
36	0.4930	0.4429	0.4920	0.0010	0.4745	0.0316	0.4924	0.0006	0.4775	0.0346
37	0.5395	0.5529	0.5524	0.0129	0.5843	0.0314	0.5442	0.0047	0.5810	0.0281
38	0.3924	0.4810	0.3868	0.0056	0.4886	0.0076	0.3961	0.0037	0.4798	0.0012
39	0.4444	0.4430	0.4577	0.0133	0.4670	0.0240	0.4463	0.0019	0.4645	0.0215
40	0.4667	0.4356	0.4311	0.0356	0.4459	0.0103	0.4111	0.0556	0.4444	0.0088
41	0.4308	0.4605	0.4462	0.0154	0.4700	0.0095	0.4382	0.0074	0.4633	0.0028
42	0.5658	0.4925	0.5539	0.0119	0.4927	0.0002	0.5464	0.0194	0.4949	0.0024
43	0.5652	0.5063	0.5665	0.0013	0.5182	0.0119	0.5544	0.0108	0.5122	0.0059
44	0.4933	0.5342	0.5049	0.0116	0.5598	0.0256	0.5183	0.0250	0.5570	0.0228
45	0.5693	0.6419	0.5869	0.0176	0.6770	0.0351	0.5765	0.0072	0.6792	0.0373
46	0.4559	0.5111	0.4851	0.0292	0.5128	0.0017	0.4895	0.0336	0.5067	0.0044
47	0.4928	0.4925	0.4976	0.0048	0.4947	0.0022	0.4902	0.0026	0.4930	0.0005
48	0.5366	0.5625	0.5327	0.0039	0.5614	0.0011	0.5452	0.0086	0.5698	0.0073
49	0.5220	0.6133	0.5155	0.0065	0.6306	0.0173	0.5243	0.0023	0.6471	0.0338
50	0.4052	0.4545	0.4104	0.0052	0.4486	0.0059	0.4091	0.0039	0.4589	0.0007
	ค่าเฉลี่ยผลต่าง			0.0182		0.0138		0.0185		0.0139

จากตารางที่ 5.5 แสดงให้เห็นถึงผลค่าผลต่างของดัชนีฝ่าเท้าที่คำนวณได้เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ Harris Mat กับการวัดด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดManual และAuto ที่แสดงค่าผลต่างในช่อง H&M คือ ผลต่างของค่าดัชนีฝ่าเท้าที่เปรียบเทียบระหว่าง Harris Mat กับ Smart Digital Podoscope ในโหมดManual และ H&A คือ ผลต่างของค่าดัชนีฝ่าเท้าที่เปรียบเทียบระหว่าง Harris Mat กับ Smart Digital Podoscope ในโหมดAuto ซึ่งมีค่าเฉลี่ยผลต่างของค่าดัชนีฝ่าเท้าข้างซ้ายที่เปรียบเทียบระหว่าง Harris Mat กับ Smart Digital Podoscope ในโหมดManual มีค่า 0.0182 ส่วนค่าเฉลี่ยผลต่างของค่าดัชนีฝ่าเท้าข้างขวาที่เปรียบเทียบระหว่าง Harris Mat กับ Smart Digital Podoscope ในโหมดManual มีค่า 0.0138 และ ค่าเฉลี่ยผลต่างของค่าดัชนีฝ่าเท้าข้างซ้ายที่เปรียบเทียบระหว่าง Harris Mat กับ Smart Digital Podoscope ในโหมดAuto มีค่า 0.0185 ส่วนค่าเฉลี่ยผลต่างของค่าดัชนีฝ่าเท้าข้างขวาที่เปรียบเทียบระหว่าง Harris Mat กับ Smart Digital Podoscope ในโหมดAuto มีค่า 0.0139

เอกสารตารางที่ 5.6 แสดงผลการวัดดัชนีฝ่าเท้าจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดManual ค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	Smart Digital Podoscope (Manual)					
	การวัดครั้งที่ 1		การวัดครั้งที่ 2		การวัดครั้งที่ 3	
	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา
1	0.7801	0.5101	0.7756	0.5205	0.7852	0.5156
2	0.4667	0.4627	0.4685	0.4689	0.4689	0.4652
3	0.5767	0.5268	0.5852	0.5335	0.5789	0.5322
4	0.2737	0.2857	0.2802	0.2899	0.2752	0.2865
5	0.4455	0.4423	0.4522	0.4426	0.4485	0.4421
6	0.4847	0.5758	0.4885	0.5723	0.4856	0.5701
7	0.4818	0.5130	0.4756	0.5255	0.4899	0.5156
8	0.5404	0.5481	0.5407	0.5489	0.5478	0.5468
9	0.3801	0.4412	0.3825	0.4458	0.3856	0.4452
10	0.436	0.4536	0.4355	0.4538	0.4358	0.4545
11	0.4249	0.4676	0.4236	0.4685	0.4256	0.4688
12	0.5153	0.5164	0.5136	0.5184	0.5186	0.5188
13	0.5046	0.5463	0.5048	0.5455	0.5152	0.5428
14	0.3866	0.4222	0.3885	0.4256	0.3826	0.4264
15	0.5000	0.5600	0.5120	0.5682	0.5080	0.5548
16	0.5549	0.5632	0.5585	0.5455	0.5398	0.5596
17	0.4747	0.4402	0.4825	0.4525	0.4683	0.4415
18	0.4646	0.4924	0.4678	0.4920	0.4688	0.4915
19	0.4372	0.4629	0.4325	0.4655	0.4385	0.4642
20	0.5427	0.5254	0.5444	0.5215	0.5469	0.5285
21	0.3823	0.3807	0.3855	0.3825	0.3842	0.3825
22	0.5051	0.4949	0.5088	0.4912	0.5023	0.4925
23	0.5165	0.4252	0.5166	0.4262	0.5174	0.4212
24	0.4924	0.4588	0.4952	0.4566	0.4975	0.4522
25	0.6666	0.6313	0.6755	0.6456	0.6899	0.6565
26	0.5646	0.5650	0.5741	0.5620	0.5612	0.5688
27	0.4546	0.4546	0.4589	0.4521	0.4455	0.4459
28	0.4466	0.4789	0.4485	0.4755	0.4581	0.4765
29	0.4661	0.5551	0.4655	0.5584	0.4668	0.5422
30	0.4588	0.4485	0.4566	0.4489	0.4526	0.4512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	Smart Digital Podoscope (Manual)					
	การวัดครั้งที่ 1		การวัดครั้งที่ 2		การวัดครั้งที่ 3	
	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา
31	0.4595	0.4805	0.4585	0.4789	0.4668	0.4896
32	0.4474	0.4757	0.4589	0.4651	0.4412	0.4752
33	0.3658	0.4715	0.3642	0.4756	0.3675	0.4759
34	0.4607	0.4742	0.4601	0.4785	0.4655	0.4725
35	0.4791	0.4692	0.4766	0.4689	0.4756	0.4625
36	0.492	0.4745	0.4955	0.4756	0.4926	0.4812
37	0.5524	0.5843	0.5526	0.5874	0.5528	0.5841
38	0.3868	0.4886	0.3859	0.4855	0.3815	0.4828
39	0.4577	0.4670	0.4566	0.4589	0.4511	0.4223
40	0.4311	0.4459	0.4425	0.4455	0.4266	0.4356
41	0.4462	0.4700	0.4556	0.4856	0.4455	0.4788
42	0.5539	0.4927	0.5569	0.4921	0.5548	0.4922
43	0.5665	0.5182	0.5658	0.5144	0.5699	0.5122
44	0.5049	0.5598	0.5125	0.5423	0.5086	0.5546
45	0.5869	0.677	0.5815	0.6789	0.5933	0.6853
46	0.4851	0.5128	0.4853	0.5147	0.4855	0.5126
47	0.4976	0.4947	0.4955	0.4889	0.4926	0.4966
48	0.5327	0.5614	0.5456	0.5826	0.5402	0.5756
49	0.5155	0.6306	0.5125	0.6325	0.5166	0.6325
50	0.4104	0.4486	0.4108	0.4456	0.4156	0.4599

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

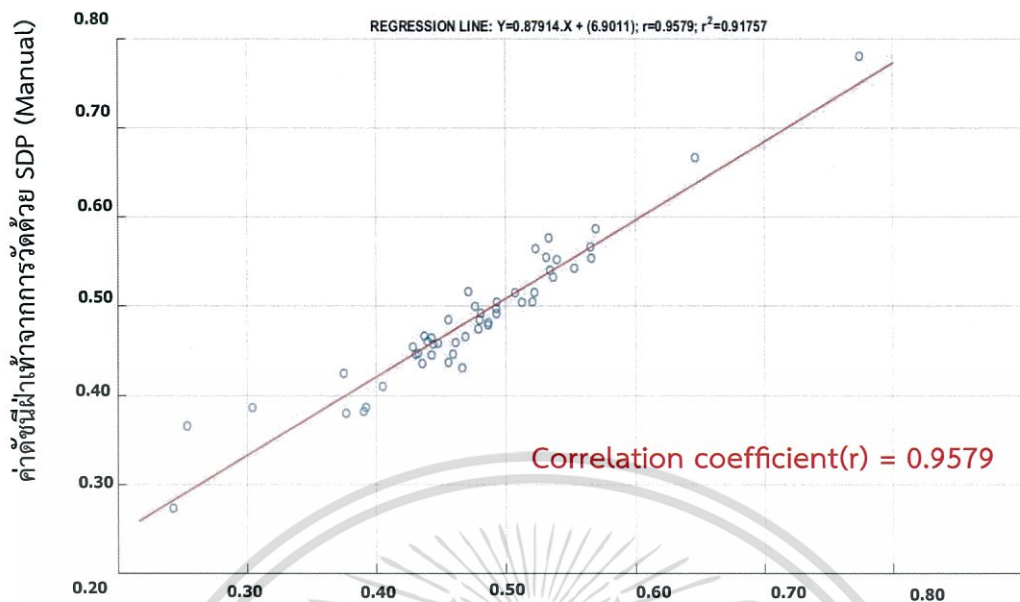
ตารางที่ 5.7 แสดงผลการวัดดัชนีฝ่าเท้าซ้ายจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดAuto

ลำดับ	Smart Digital Podoscope (Auto)					
	การวัดครั้งที่ 1		การวัดครั้งที่ 2		การวัดครั้งที่ 3	
	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา
1	0.7802	0.5131	0.7815	0.514	0.7855	0.5148
2	0.4709	0.4709	0.4712	0.471	0.4788	0.4756
3	0.5709	0.5414	0.5712	0.5418	0.5735	0.5425
4	0.2624	0.2867	0.2658	0.2869	0.2655	0.2874
5	0.4971	0.4399	0.4955	0.4455	0.4988	0.4412
6	0.4734	0.5679	0.4855	0.5682	0.4756	0.5698
7	0.4857	0.5341	0.4858	0.5356	0.4882	0.5362
8	0.5303	0.5455	0.5348	0.5521	0.5326	0.5482
9	0.3856	0.4416	0.3845	0.4455	0.3812	0.4455
10	0.456	0.4466	0.4589	0.4459	0.4855	0.4485
11	0.4293	0.468	0.4285	0.4688	0.4366	0.4566
12	0.5053	0.5105	0.5082	0.5126	0.5125	0.5155
13	0.5162	0.5573	0.5136	0.5586	0.5585	0.5541
14	0.371	0.4219	0.3855	0.4285	0.3825	0.4256
15	0.4883	0.568	0.4856	0.5688	0.4852	0.5682
16	0.5824	0.5677	0.5862	0.5692	0.5814	0.5685
17	0.474	0.4433	0.4755	0.4485	0.4752	0.4426
18	0.4533	0.4728	0.4585	0.4788	0.4522	0.4759
19	0.4375	0.4596	0.4389	0.4585	0.4388	0.4525
20	0.543	0.5187	0.545	0.5128	0.5485	0.512
21	0.3873	0.3956	0.3852	0.394	0.3885	0.3962
22	0.5292	0.4933	0.5285	0.4955	0.5269	0.4985
23	0.5445	0.4199	0.5426	0.4158	0.5482	0.4255
24	0.4818	0.4739	0.4856	0.4855	0.4825	0.4756
25	0.6602	0.6199	0.6652	0.6125	0.6685	0.6233
26	0.5378	0.5719	0.5366	0.5844	0.5256	0.5752
27	0.4444	0.465	0.4456	0.4685	0.4452	0.4689
28	0.4619	0.4941	0.4658	0.4955	0.4525	0.4982
29	0.4878	0.5616	0.4855	0.5699	0.4852	0.5684
30	0.4516	0.4209	0.4526	0.4625	0.4622	0.4259

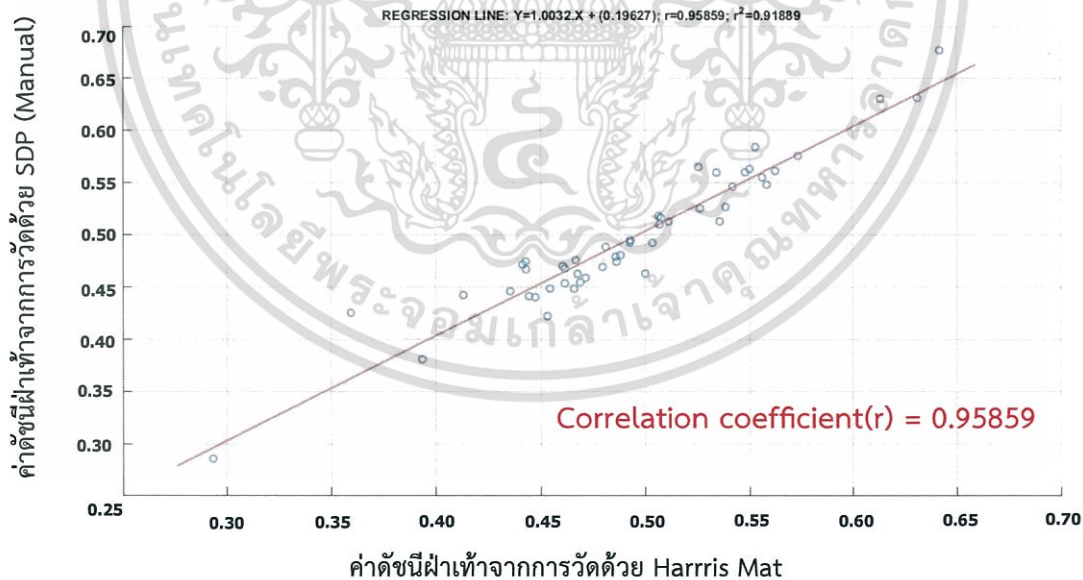
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	Smart Digital Podoscope (Auto)					
	การวัดครั้งที่ 1		การวัดครั้งที่ 2		การวัดครั้งที่ 3	
	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา	Ratioซ้าย	Ratioขวา
31	0.4526	0.4873	0.4588	0.4874	0.4596	0.4855
32	0.4368	0.471	0.4359	0.4758	0.4366	0.4758
33	0.3846	0.4639	0.3859	0.4625	0.3899	0.4638
34	0.4511	0.4881	0.4585	0.4826	0.4526	0.4853
35	0.4907	0.4898	0.4925	0.4866	0.4936	0.4876
36	0.4924	0.4775	0.4925	0.4756	0.4966	0.4752
37	0.5442	0.581	0.5422	0.5892	0.5428	0.5866
38	0.3961	0.4798	0.3966	0.4852	0.4016	0.4852
39	0.4463	0.4645	0.4568	0.4688	0.4566	0.4622
40	0.4111	0.4444	0.4155	0.4429	0.4224	0.4455
41	0.4382	0.4633	0.4369	0.4685	0.4378	0.4625
42	0.5464	0.4949	0.5466	0.4921	0.5426	0.4952
43	0.5544	0.5122	0.5566	0.5128	0.5569	0.5128
44	0.5183	0.557	0.5269	0.5528	0.5148	0.5526
45	0.5765	0.6792	0.5785	0.6785	0.5726	0.6728
46	0.4895	0.5067	0.4868	0.5025	0.4825	0.5012
47	0.4902	0.493	0.4925	0.4936	0.4915	0.4923
48	0.5452	0.5698	0.5486	0.5675	0.5526	0.5585
49	0.5243	0.6471	0.5255	0.6482	0.5321	0.6524
50	0.4091	0.4589	0.4085	0.4585	0.4022	0.4582

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

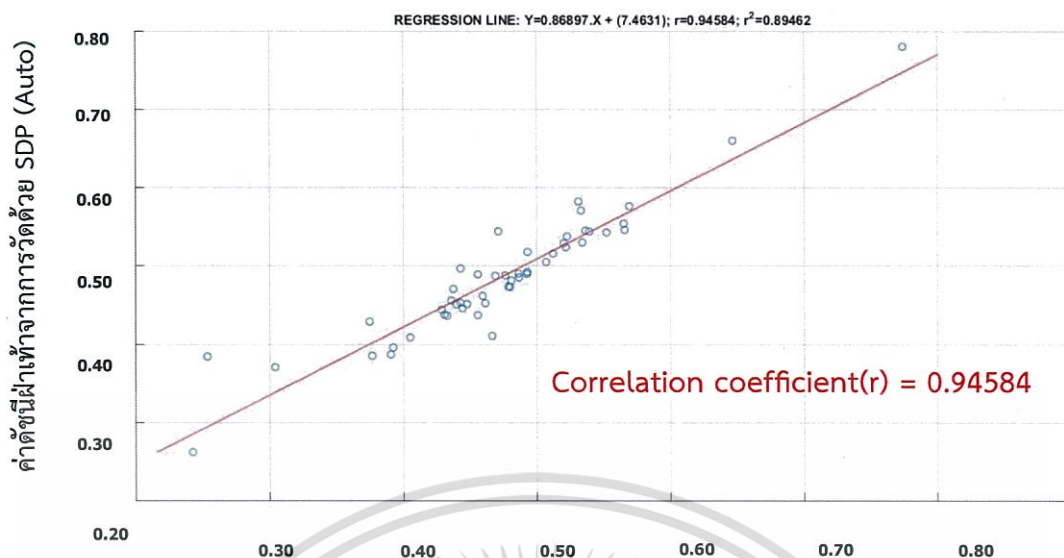


รูปที่ 5.9 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีผ้าเท้าด้านซ้ายจาก Harris Mat กับ SDP(Manual)

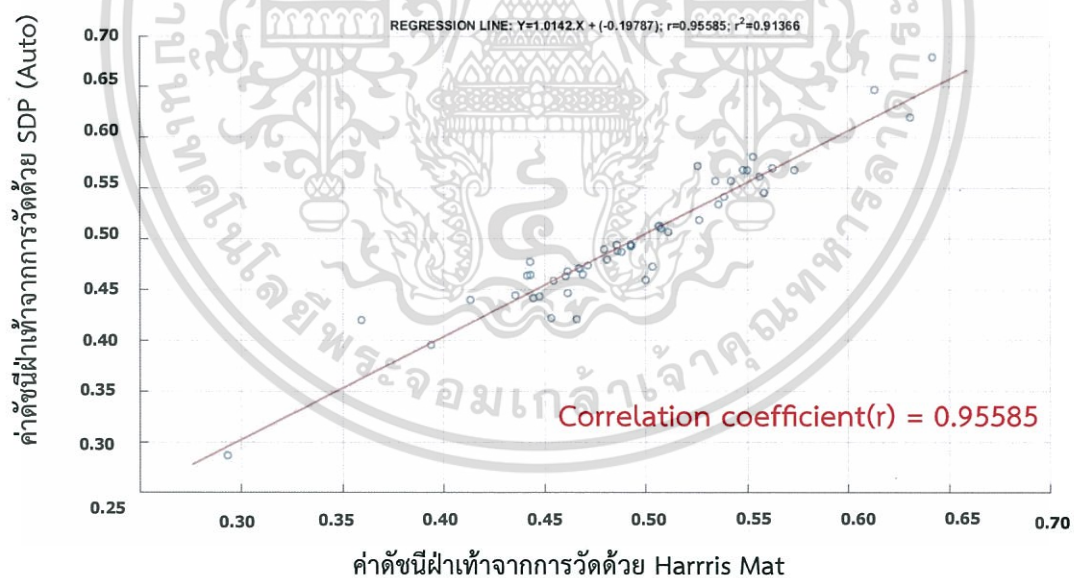


รูปที่ 5.10 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีผ้าเท้าด้านขวาจาก Harris Mat กับ SDP(Manual)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจาก Harris Mat กับ SDP(Auto)



รูปที่ 5.12 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจาก Harris Mat กับ SDP(Auto)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 สรุปผลการทดสอบใช้งานกับคลินิกสุขภาพเท้า

กระบวนการตรวจสอบสุขภาพเท้าของผู้ป่วยในเบื้องต้น แพทย์ผู้เชี่ยวชาญจะให้ผู้ป่วยเดินเพื่อสังเกตลักษณะและพฤติกรรมการเดินและการลงน้ำหนักเท้า จากนั้นจะใช้อุปกรณ์ Harris Mat ในการตรวจวัดการลงน้ำหนักบริเวณใต้ฝ่าเท้า ซึ่งปรากฏเป็นภาพพิมพ์ฝ่าเท้าด้วยหมึก บริเวณที่มีความเข้มมากแสดงว่าบริเวณนั้นมีการกระจายน้ำหนักตัวลงที่ฝ่าเท้ามากกว่าในบริเวณที่ภาพพิมพ์ปรากฏสีอ่อน เพื่อเป็นผลประกอบการวิเคราะห์แบ่งแยกถึงกลุ่มอาการผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าอันนำไปสู่สภาวะความเสี่ยงที่จะความผิดปกติของเท้าได้

เครื่อง Smart Digital Podoscope ได้รับการพัฒนาขึ้นมาให้เป็นเครื่องมือที่ช่วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ที่จะแสดงผลเป็นภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าได้ 2 ประเภท คือ ภาวะเท้าโก่ง(High arch) และ ภาวะเท้าแบน(Flat foot) ซึ่งจะแยกออกกลุ่มที่มีสุขภาพเท้าปกติ โดยผู้ทดสอบจะขึ้นไปยืนบนเครื่องด้วยเท้าเปล่าที่จุดวัด จากนั้นใส่ข้อมูลของตนเองแล้วกดปุ่ม Scan ตัวเครื่องจะเริ่มสแกนเก็บบันทึกภาพพิมพ์เท้าทั้งสองข้างและแสดงเป็นโครงสร้างภาพพิมพ์ฝ่าเท้า จากนั้นแพทย์จะกำหนดจุดบนภาพฝ่าเท้าดิจิทัลเอง(Manual mode) เพื่อประเมินขนาดหรือสัดส่วนโครงสร้างของเท้า หรือให้ระบบประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้าโดยอัตโนมัติ(Auto mode) แล้วแสดงผลออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ที่มีภาวะเท้าแบน ภาวะเท้าโก่ง หรือสุขภาพเท้าปกติ ซึ่งขั้นตอนนี้จะดำเนินการเสร็จได้ในเวลา 1 นาที

จากการทดสอบตรวจวัดสุขภาพเท้าและความเสี่ยงที่เป็นสภาวะโรคเท้าประเภทต่างๆในอาสาสมัครจำนวน 50 ราย (ในหัวข้อ 5.2) ในทำยืนอยู่กับที่ด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดการวัดทั้งสองแบบ เปรียบเทียบกับการทดสอบด้วยอุปกรณ์ Harris Mat จากผลการทดสอบพบว่า การตรวจด้วยอุปกรณ์ Harris Mat ค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7801 และ มีค่าน้อยสุด 0.2737 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6770 และ มีค่าน้อยสุด 0.2857 ในโหมดอัตโนมัติ ค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7802 และ มีค่าน้อยสุด 0.2624 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6792 และ มีค่าน้อยสุด 0.2867 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบทั้งสองเครื่องมือพบว่ามีค่าเฉลี่ยผลต่างสูงสุดอยู่ที่ 0.0185

โดยจากการทดสอบเท้าซ้ายจากอุปกรณ์ Harris Mat สามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 7 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 17 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 26 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย และทดสอบเท้าขวา สามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 3 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 22 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 25 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบเท้าซ้ายจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดกำหนดเองสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 6 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 19 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 25 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย และทดสอบเท้าขวาสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 3 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 27 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 20 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย

จากการทดสอบเท้าซ้ายจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดอัตโนมัติสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 6 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 19 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 25 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย และทดสอบเท้าขวาสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 3 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 28 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 20 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย

ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดกำหนดเองได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.9579 แล้วค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดกำหนดเองได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.95859 และ ค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดอัตโนมัติได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.94584 แล้วค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดอัตโนมัติได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.95585 โดยจากผลการทดสอบเปรียบเทียบนี้มีค่าที่เป็นไปทางแนวโน้วเดียวกัน

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปผลงานการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างเครื่องโพลีโคปสำหรับตรวจวัดหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยคัดกรองและจำแนกเบื้องต้นสำหรับผู้ที่มีความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ว่ามีภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าประเภทใด ได้แก่ ภาวะเท้าแบน ภาวะเท้าโก่ง หรือมีสุขภาพเท้าที่เป็นปกติ โพลีโคปที่ได้ออกแบบและพัฒนาสามารถเก็บรูปฝ่าเท้าทั้งสองข้างของผู้ป่วยในขณะที่ยืนตรงอยู่กับที่ คัดแปลงจากอุปกรณ์สแกนเนอร์เอกสารขนาด A4 ที่ทำงานร่วมกับระบบเคลื่อนที่โดยเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F2550 ทำหน้าที่รับชุดคำสั่งจากซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 มาควบคุมสแต็ปเปอร์มอเตอร์ที่ติดกับระบบสายพานและรางเลื่อน เพื่อเลื่อนกำหนดตำแหน่งเพื่อเก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างของผู้ทดสอบ ซึ่งซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 จะใช้งานในการสแกนเก็บบันทึก ประมวลผลภาพดิจิทัล และประมวลผลภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าจากดัชนีฝ่าเท้าในแบบกำหนดตำแหน่งวัดสัดส่วนของภาพดิจิทัลของเท้าเอง และแบบกำหนดอัตโนมัติ แล้วแสดงผลเป็นภาพโครงสร้างฝ่าเท้าที่เป็นสีชัดเจนรวมถึงค่าชี้วัดลักษณะโครงสร้างของฝ่าเท้า

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์แสดงผลและวิเคราะห์ตรวจวัดหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าในชื่อ FootCare V1.2 สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ภาษาC#.NET ในการเขียนสร้าง GUI (Graphic User Interface) โดยทำงานร่วมกับ ไลบรารี USB HID ในการเชื่อมต่อกับ ชุดสแกนเนอร์ และระบบการควบคุมเลื่อนเก็บภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้าง และไลบรารี EmguCV ที่ใช้งานในการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพดิจิทัล โดยจะแสดงผลภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างบนจอคอมพิวเตอร์ในรูปแบบสีสันชัดเจน

ซึ่งสำหรับการวัดค่าดัชนีเท้าในซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 นี้จะมีการวัดอยู่ 2 โหมดคือ กำหนดเอง(Manual mode) หรือ ให้ระบบประมวลผลโดยอัตโนมัติ(Auto mode) อีกทั้งยังนำค่าที่ดัชนีฝ่าเท้าที่วัดได้นำมาจัดแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 ประเภท ภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าได้

โดย ค่าอยู่ในช่วง 0.2500 – 0.3999 จะมีภาวะเท้าโก่ง ถ้าหากค่าอยู่ในช่วง 0.4000 – 0.4999 จะมีสุขภาพเท้าปกติ และ ค่าอยู่ในช่วง 0.5000 – 1.0000 จะมีภาวะเท้าแบน

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพของระบบในเชิงเทคนิค โดยทดสอบการสแกนเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าแบบดิจิทัล การสอบเทียบการวัดขนาดภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้า ซึ่งจะได้สมการความสัมพันธ์ของจำนวนพิกเซลกับขนาดวัดจริงดังสมการที่ 4.2 และ 4.3 ที่จะใช้งานในการคำนวณค่าดัชนีฝ่าเท้าทั้งสองข้าง การทดสอบกระบวนการตัดแสงรบกวนของสิ่งแวดล้อมภายนอกเพื่อแบ่งแยกภาพฝ่าเท้าระดับเท่ากับภาพสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง ซึ่งจะได้ภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่เตรียมพร้อมไปสู่กระบวนการวิเคราะห์หาดัชนีฝ่าเท้าจากภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าของกลุ่มตัวอย่าง โดยวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าในโหมดกำหนดเอง และทดสอบการวิเคราะห์ดัชนีฝ่าเท้าในโหมดอัตโนมัติ ว่ามีความสามารถในการตรวจวัดรูปทรงภาพโครงสร้างฝ่าเท้าในหลากหลายรูปแบบ

ในการทดสอบทางคลินิก ได้เก็บข้อมูลอาสาสมัครทดสอบสุขภาพเท้า ที่คลินิกสุขภาพเท้า โรงพยาบาลกรุงเทพ จำนวนทั้งหมด 50 ราย โดยผลการทดสอบทางคลินิก จะเปรียบเทียบกระบวนการคัดกรองตรวจสอบภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่ใช้งานในปัจจุบันด้วยเครื่อง Harris Mat ในทำนองอยู่กับที่ กับ กระบวนการคัดกรองตรวจสอบโครงสร้างฝ่าเท้าโดยใช้เครื่องมือ Smart Digital Podoscope ที่ออกแบบสร้างขึ้น ในโหมดการวัดทั้งสองแบบคือ Manual mode และ Auto mode ผลการทดสอบพบว่า การตรวจด้วยอุปกรณ์ Harris Mat พบว่ามีค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7742 และ มีค่าน้อยสุด 0.2429 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6419 และ มีค่าน้อยสุด 0.2933 การตรวจด้วยเครื่อง Smart Digital Podoscope โหมดกำหนดเองค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7801 และ มีค่าน้อยสุด 0.2737 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6770 และ มีค่าน้อยสุด 0.2857 ในโหมดอัตโนมัติที่วัดค่าได้ ค่าดัชนีเท้าซ้ายมีค่าสูงสุด 0.7802 และ มีค่าน้อยสุด 0.2624 ค่าดัชนีเท้าขวามีค่าสูงสุด 0.6792 และ มีค่าน้อยสุด 0.2867 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบทั้งสองเครื่องมือพบว่ามีค่าเฉลี่ยผลต่างมากที่สุดอยู่ที่ 0.0185 แล้วยังแยก แบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 3 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 22 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 25 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบเท้าซ้ายจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดกำหนดเองสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 6 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 19 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 25 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย และทดสอบเท้าขวาสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 3 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 27 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 20 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย

จากการทดสอบเท้าซ้ายจากเครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดอัตโนมัติสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 6 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 19 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 25 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย และทดสอบเท้าขวาสามารถแบ่งแยกผู้ทดสอบที่ภาวะเท้าโก่ง(High arch) จำนวน 3 ราย ภาวะเท้าแบน(Flat foot) จำนวน 28 ราย และสุขภาพเท้าปกติ จำนวน 20 ราย จากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 50 ราย

ซึ่งจากผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดกำหนดเองได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.9579 แล้วค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดกำหนดเองได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.95859 และ ค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านซ้ายจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดอัตโนมัติได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.94584 แล้วค่าดัชนีฝ่าเท้าด้านขวาจากอุปกรณ์ Harris Mat เทียบกับ เครื่อง Smart Digital Podoscope ในโหมดอัตโนมัติได้ค่า Correlation coefficient(r) มีค่า 0.95585 โดยจากผลการทดสอบเปรียบเทียบนี้มีค่าที่เป็นไปทางแนวโน้วเดียวกัน

6.2 วิจารณ์ ปัญหา และข้อเสนอแนะ

การสร้างเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อใช้งานในตรวจสอบหาความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วย ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ แสดงให้เห็นว่ามีประสิทธิภาพในการใช้งานช่วยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในด้านสุขภาพเท้า คัดกรองผู้ป่วยอันดับแรกในการทดสอบก่อนที่จะนำผลมาวิเคราะห์และวินิจฉัยว่ามีภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าประเภทหรือรูปแบบใด อีกทั้งยังใช้แสดงผลเป็นภาพพิมพ์ทำให้ผู้ป่วยมีความเข้าใจถึงภาวะโครงสร้างฝ่าเท้าของตนเองที่ผิดปกติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของตัวเครื่องและซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 ที่ใช้งานในการควบคุมการสแกนเก็บรูปดิจิทัลโครงสร้างฝ่าเท้า วิเคราะห์และประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้าทั้งในแบบกำหนดเองและแบบอัตโนมัติ จำเป็นจะต้องใช้เวลาในการเก็บบันทึกและประมวลผลซึ่งในการทดสอบระบบดังกล่าว ได้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

6.2.1 การสแกนเก็บรูปพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าในแต่ละข้างจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาที แล้วจะต้องยืนตรงถ่ายน้ำหนักไปที่พื้นอย่างเต็มที่ ซึ่งมีผู้ทดสอบจำนวน 2-4 คน ยืนไม่อยู่กับที่ส่งผลให้เกิดการเก็บรูปพิมพ์ฝ่าเท้าที่คลาดเคลื่อนไป

6.2.2 ที่ด้านบนของตัวเครื่องติดตั้งแผ่นอะคริลิกใสจำเป็นจะต้องมีการดูแลรักษาไม่ให้เกิดรอยขีดข่วน หรือกระแทกจนแตกหัก ซึ่งความใสของแผ่นนี้ก็ส่งผลให้ผู้ทดสอบบางราย มีการเกร็ง ไม่กล้า ที่จะยืนด้วยน้ำหนักตัวที่เต็มที่ ส่งผลต่อการกดน้ำหนักภายใต้โครงสร้างฝ่าเท้าที่ไม่คงที่ ทำให้เห็นโครงสร้างฝ่าเท้าที่ไม่ชัดเจน ส่งผลต่อทำให้ระบบวัดประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้า และจำแนกกลุ่มภาวะโครงสร้างฝ่าเท้าแสดงผลผิดพลาดไป

6.2.3 เนื่องจากการเก็บภาพรูปพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าจะเก็บด้วยขนาด 850x1170 พิกเซลที่มีขนาดจริงเป็น 210 มม. X 297 มม.(โดยขนาดความกว้างของเท้าจริงไม่เกิน 300 มม.) แล้วด้วยหน้าจอคอมพิวเตอร์ ที่ขนาด 1920x1080 พิกเซล ทำให้ไม่สามารถแสดงผลภาพเป็นอัตราส่วนจริงได้ จึงจำเป็นต้องมีการ ย่อขนาดเป็นสัดส่วนของภาพจริง ที่อธิบายเป็นสมการที่ 4.2 และ 4.3 ซึ่งเมื่อคำนวณกลับแสดงเป็นค่าระยะความกว้างจริงส่งผลให้เกิดค่าที่ผิดพลาดไปเล็กน้อย

6.2.4 ระบบการกำหนดวัดค่าดัชนีฝ่าเท้าแบบกำหนดเองมีความยืดหยุ่นในการกำหนดจุดวัด ส่งผลให้ผู้วัดอาจจะไม่ได้กดลงไป ในจุดที่ต้องการวัด ซึ่งส่งผลให้ได้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปที่สังเกตได้จากการวัดภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน ซึ่งการวัดนี้ก็จำเป็นจะต้องใช้ทักษะและประสบการณ์ของแพทย์ช่วยแนะนำในการกำหนดวัดที่จะส่งผลให้ได้ความคลาดเคลื่อนที่น้อยลง

6.2.5 ระบบการกำหนดวัดค่าดัชนีฝ่าเท้าแบบอัตโนมัติได้มีการใช้ไลบรารีคอนเว็กซ์ฮัลล์ในการตรวจสอบหากรอบโครงสร้างฝ่าเท้า และค้นหาจุดที่คอเว้าที่สุดของอุ้งเท้า ซึ่งก็พบว่าในกรณีนี้โครงสร้างเท้ามีสถานะแบนมากกว่า 85% หรือมีโครงสร้างฝ่าเท้าที่บิดเบี้ยวกว่าปกติ จะสร้างเส้นล้อมรอบรอยพิมพ์ฝ่าเท้าทั้งหมดได้แต่ไม่สามารถสร้างเส้นที่ล้อมรอยคอดของอุ้งเท้าที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งในการประมวลผล ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณค่าดัชนีฝ่าเท้าได้

6.2.6 ในกระบวนการจัดแบ่งกลุ่มแยกประเภทความเสี่ยงของโรคเท้า นั้นถ้าหากตรวจวัดได้ค่าดัชนีอยู่ในช่วงขอบบนและขอบล่างของค่าที่ใช้แบ่งแยก อาจจะส่งผลให้มีการแบ่งแยกผิดกลุ่มได้ จึงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นจะต้องมีการตรวจสอบเทียบกันทั้งสองโหมตการวัดอีกครั้งเพื่อดูแนวโน้มการตัดสินใจแบ่งกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

สำหรับในส่วนของระบบการตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าดัชนีฝ้าเท้าแบบอัตโนมัติเพื่อที่จะพัฒนาเป็น จุดตรวจวัดอัจฉริยะจำเป็นจะต้องมีการพัฒนาให้สามารถทำงาน ประมวลผลแล้วแสดงผลได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถคัดกรองโครงสร้างฝ้าเท้าที่ไม่เป็นปกติได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะต้องมีการพัฒนาระบบเรียนรู้และจดจำรูปแบบของโครงสร้างฝ้าเท้าเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น ประกอบกับข้อมูลใหม่ที่เก็บบันทึกได้ที่จะทำได้ความแม่นยำและคัดกรองได้อย่างเต็มประสิทธิภาพสูงสุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] โครงสร้างทางกายวิภาคของเท้า [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.myankle.com/Patient-Education/Anatomy-of-the-Foot-Ankle>
- [2] กระดูกและข้อต่อเท้าแต่ละส่วน ที่ประกบกันกลายเป็นโครงสร้างเท้า[Online] เข้าได้จาก :
<http://healthfavo.com/foot-bone-anatomy-on-healthfavo-com.html>
- [3] การเคลื่อยไหวเท้าในรูปแบบ Inversion และ Eversion [Online] เข้าได้จาก :
<http://morphopedics.wikidot.com/medial-ankle-complex-strain>
- [4] อารี ตनावลี. เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชา ออร์โธปิดิกส์ 2 เรื่อง ความผิดปกติของเท้าและข้อเท้าที่ควรทราบ. คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552: 1.
- [5] โครงสร้างทางกายวิภาคของข้อเท้า ในส่วนที่เป็นกระดูกและเส้นเอ็น [Online] เข้าได้จาก :
http://www.easynotecards.com/print_list/14698
- [6] กาญจนา หาญศิริวัฒนกิจ. เอกสารประกอบการสอบระบวณวิชา พ.วพ 208 เรื่อง Plantar of foot, Arches of the foot and Joints of the Lower Limb. คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, 2557:6.
- [7] ลักษณะส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวาง กับ ตามแนวยาว ด้านในและด้านนอกเท้า [Online] เข้าได้จาก : <http://www.alphaorthotics.com/pages/dr-kevin-m-wong-bunion-aid-foot-problem-expert>
- [8] Physical Examination: Gait [Online] เข้าได้จาก :
<http://epomedicine.com/clinical-medicine/physical-examination-gait/>
- [9] ข้อกระดูกที่เกิดอาการอักเสบและภาพถ่ายรังสีโครงสร้างกระดูกที่เอียงผิดปกติ [Online] เข้าได้จาก : <https://www.pinterest.com/explore/FR:oignon-pied/>
- [10] Academy Foot and Ankle . Bunions (Hallux Valgus) [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.texasfootdoctor.org/bunion.html>
- [11] นิ้วหัวแม่เท้าเอียง ผิดรูป (Hallux Valgus หรือ Bunion) [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.footfriends.co.th/Webpages/article13.html>
- [12] อุปกรณ์ฝึกอ่อนช่วยบังคับให้ถ่างนิ้วหัวแม่เท้าออกจากนิ้วชี้ [Online] เข้าได้จาก :
<https://www.alldealsasia.com/daily-deal/ada/singapore/hallux-valgus-correction-silicone-prevents-uncomfortable-friction-and-relea>
- [13] กระดุกนิ้วก้อยเท้าที่อักเสบและบวมบุดออกมา [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.footsurgeryatlas.com/bunionette-03.htm>

- [14] ภาพถ่ายรังสีที่แสดงโครงสร้างกระดูกที่เอียงผิดปกติทั้งส่วนนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วก้อยของผู้ป่วย [Online] เข้าได้จาก :
- [15] Tailor’s Bunion (Bunionette) [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.foothealthfacts.org/footankleinfo/tailors-bunion.html>
- [16] อุปกรณ์ฝีก่อนช่วยบังคับให้รั้งนิ้วก้อยเท้าออกห่างนิ้วเท้าอื่น [Online] เข้าได้จาก :
<https://jocam.securicom.ca/en/products/info.cfm?ProduitID=633>
- [17] เท้าของผู้ป่วยเท้าแบน ที่อุ้งเท้ามีลักษณะแบนราบ [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.feetinfo.com/what-hurts-concerns-you/flat-feet-fallen-arches/>
- [18] โครงสร้างของกระดูกเท้าบิดตัวเข้า ในขณะที่ยืนเป็นผลทำให้เกิดสภาวะเท้าแบน [Online] เข้าได้จาก : <http://teamdoctorsblog.com/2012/03/video-tutorial-157a-what-is-foot-pronation-and-foot-supination-is-it-good-or-bad/>
- [19] แผ่นรองเท้า(insole) ที่ช่วยกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้าและพุงให้เกิดขึ้นเท้า [Online] เข้าได้จาก : <http://navaljourney.com/flat-foot-problem-explained-in-detail-for-indian-armed-forces-aspirants/>
- [20] เท้าของผู้ป่วยที่โก่งตัวขึ้นและปลายนิ้วเท้าจิกจุ่มลง [Online] เข้าได้จาก :
http://www.hss.edu/conditions_pediatic-foot-deformities-overview.asp
- [21] ภาพฉายรังสีแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างกระดูกเท้าที่โก่งตัวขึ้นผิดปกติ [Online] เข้าได้จาก :
http://uwmsk.org/footalignment/doku.php?id=pes_cavus
- [22] แผ่นรองเท้าที่รองรับการกระจายน้ำหนักที่สันเท้า เท้าส่วนกลางและปลายนิ้วเท้า [Online] เข้าได้จาก : <http://lermagazine.com/article/orthotic-management-of-the-pes-cavus-foot>
- [23] กล้ามเนื้อ และเอ็นร้อยหวาย ที่ผิดปกติทำให้เกิดอาการเท้าเขย่ง [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.ginamccafferty.massagetherapy.com/-foot-pain>
- [24] การใส่โครงเหล็กเพื่อปรับและจัดโครงสร้างกระดูกในผู้ป่วยที่เป็นเด็ก [Online] เข้าได้จาก :
<http://truelok.net/project/acute-correction-of-equinus-deformity-after-soft-tissue-distraction-for-congenital-tibial-deficiency/>
- [25] Temporal spatial data, the gait cycle and gait graphs [Online] เข้าได้จาก :
http://www.salford.ac.uk/_data/assets/pdf_file/0019/131059/Temporal-spatial-data,-the-gait-cycle-and-gait-graphs-Introductory.pdf
- [26] Mohsen Razeghi, Mark Edward Batt. 2002 ." Foot type classification: a critical review of current methods” in Gait and Posture VOL.15 , 2002 ,282-291
- [27] Kun-Chung Chen,Chih-Jung Yeh. “Footprint analysis of flatfoot in pre school-aged children”. In Springer-Verlag 170, 611-617 , October 2010.

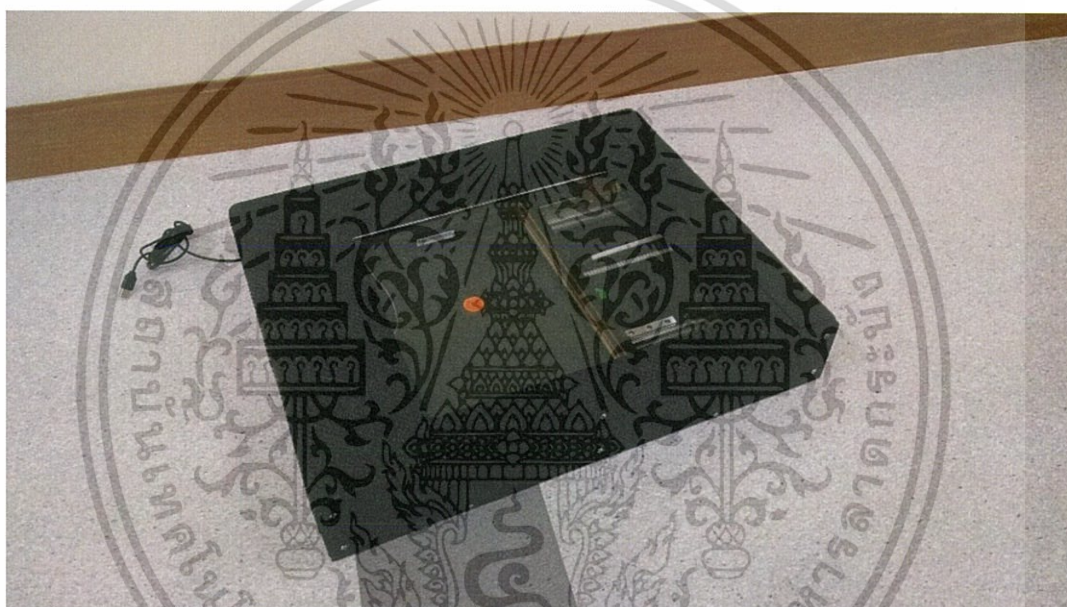
- [28] Cenk Murat Ozer. 2012 Evaluation of the sole morphology of professional football players. in International SportMed Journal, Vol.13 No.1, March 2012
- [29] Abdul Hadi Abdul Razak “Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review”. In Sensor2012, 12, 9884-9912, July 2012.
- [30] Harris Mat foot imprinter (2014, May,16). [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.alimed.com/aetrex-harris-mat.html>
- [31] Foot Types (2014, July 29). [Online]. เข้าได้จาก :
<http://www.footeducation.com/foot-and-ankle-basics/biomechanics-of-foot-and-ankle/foot-types/>
- [32] S.Crisan, V.D.Zaharia. “Computer Assisted Optical Podoscope for Orthostatic Measurements” IFMBE 29th, Vol. 36 ,2011, pp 226-229 , Cluj-Napoca, Romania , September 2011.
- [33] A.A.Morsy, A.Hosny, “A New System for the Assessment of Diabetic Foot Planter Pressure”, IEEE EMBS 26th, San Francisco, USA , September 1-5, 2004.
- [34] พิกเซลของภาพที่มีการแบ่งระดับความเข้ม และองค์ประกอบของแมสทีทั้ง 3 [Online]
เข้าได้จาก : <https://www.packtpub.com/books/content/quick-start-%E2%80%93-opencv-fundamentals>
- [35] แสดงตัวอย่างภาพไบนารี [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.bloggang.com/viewblog.php?id=hin-kmitnb&date=24-04-2010&group=1&gblog=4>
- [36] Activity 3 - Image type and Format. (26th June 2012). [Online] เข้าได้จาก :
<http://lifeandprejudice.blogspot.com/2012/06/activity-3-image-types-and-formats.html>
- [37] แสดงตำแหน่งของพิกเซลในภาพที่บ่งบอกถึงค่าอัตราส่วนของแสงแมสทีทั้ง 3 [Online]
เข้าได้จาก : <http://stackoverflow.com/questions//25853320how-to-obtain-the-index-value-from-an-indexed-image-in-matlab>
- [38] Wavelets : Working with Images . (1994) [Online] เข้าได้จาก :
<https://www.mathworks.com/help/wavelet/gs/wavelets-working-with-images.html>

- [39] ตัวอย่างภาพถ่ายเอกซเรย์กระดูกที่แปลงเป็นภาพระดับเฉดสีเทียม [Online] เข้าได้จาก :
<https://mycarta.wordpress.com//12/05/2012the-rainbow-is-dead-long-live-the-rainbow-part-/1>
- [40] ชนิดของการเปรียบเทียบเฉดสีของภาพระดับเทา [Online] เข้าได้จาก :
<http://docs.opencv.org/modules/contrib/doc/facerec/colormaps.html?highlight=colormaps>
- [41] C# Pseudo color processing . (April 13, 2014) [Online] เข้าได้จาก :
<http://www.programering.com/a/MTM0ljMwATA.html>
- [42] รูปถ่ายภาคตัดขวางของสมองแบบต้นฉบับและแบบตัดระดับเทรตโฮลด์ [Online]
 เข้าได้จาก : <http://www.ijser.org/paper/Artefact-Removal-and-Skull-Elimination-from-MRI-of-Brain-Image.html>
- [43] Basic Thresholding Operation (2015, february,25). [Online] เข้าได้จาก :
<http://docs.opencv.org/doc/tutorials/imgproc/threshold/threshold.html>
- [44] Gary Bradski, Adriaen Kaehler . (2008) . Learning OpenCV Computer Vision With the OpenCV Library. O'Reilly Media.
- [45] NI Vision Builder for Automated Inspection Tutorial (September 2011). [Online] เข้าได้จาก : <http://www.ni.com/pdf/manuals/373379h.pdf>

ภาคผนวก ก

การใช้งานเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อตรวจสอบหาความผิดปกติของ โครงสร้างฝ่าเท้า

เครื่อง Smart Digital Podoscope ที่พัฒนาขึ้นมีการปรับปรุงโครงสร้างดังรูปที่ 1 ซึ่งด้านบนจะมีแผ่นอะคริลิกใสหนา 15 มม. แล้วด้านติดสติ๊กเกอร์ดำคงเหลือด้านบนเพื่อให้ผู้ทดสอบขึ้นไปยืนเพื่อตรวจวัดสุขภาพเท้า โดยมีสติ๊กเกอร์สีส้มเป็นจุดวางเท้าข้างซ้ายและสติ๊กเกอร์สีเขียวเป็นจุดวางเท้าข้างขวา



รูปที่ 1 แสดงเครื่อง Smart Digital Podoscope

ในการใช้งานเครื่อง Smart Digital Podoscope อันดับแรกจะต้องเชื่อมต่อสาย Power ที่ด้านหลังของตัวเครื่องจากนั้นเชื่อมต่อสาย USB ที่คอมพิวเตอร์ที่ได้ติดตั้งซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 และ Driver ไว้แล้วจากนั้นกดปุ่มสีเงินเพื่อเริ่มการใช้งานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



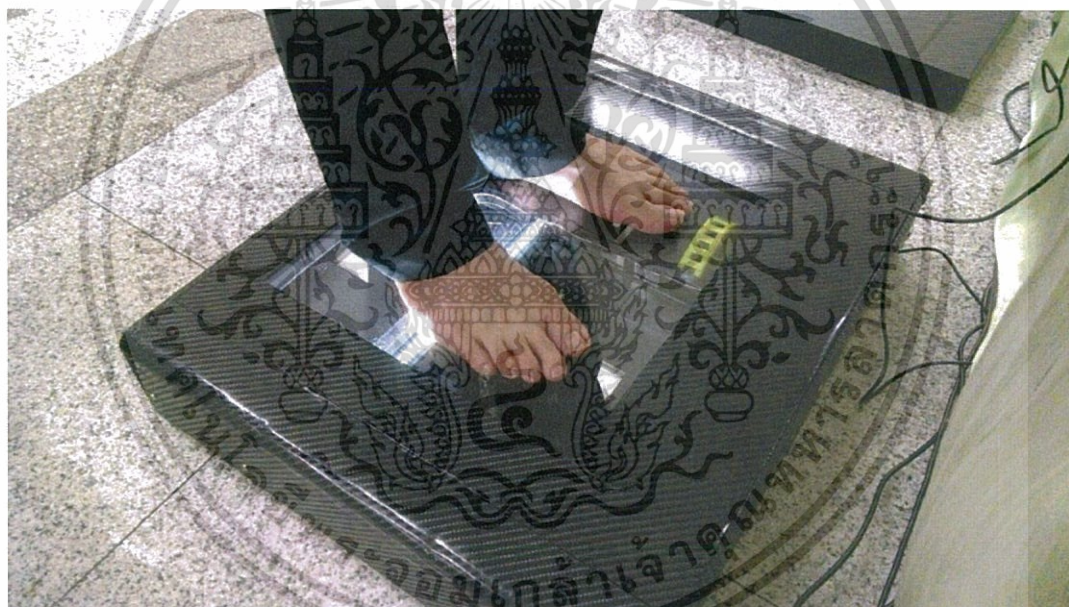
รูปที่ 2 ผู้ทดสอบยืนที่ด้านบนของเครื่อง Smart Digital Podoscope เพื่อการตรวจวัดและวิเคราะห์ผล

จากนั้นผู้ทดสอบจะขึ้นไปยืนด้วยเท้าเปล่า แล้วคลิกปุ่ม Scan ชุดเก็บบันทึกภาพจะเริ่มเก็บบันทึกภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าข้างซ้าย ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 30 วินาทีแล้วแสดงผลโครงสร้างฝ่าเท้าที่หน้าจอแสดงผล จากนั้นชุดเก็บบันทึกภาพพิมพ์จะเลื่อนไปเก็บบันทึกโครงสร้างฝ่าเท้าด้านขวา แล้วเริ่มการสแกนเก็บบันทึก โดยจะใช้เวลาอีกประมาณ 30 วินาที แล้วแสดงผลโครงสร้างฝ่าเท้าที่หน้าจอของคอมพิวเตอร์ เพื่อการประมวลผลสุขภาพเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 เครื่อง Smart Digital Podoscope เริ่มสแกนเท้าข้างซ้าย



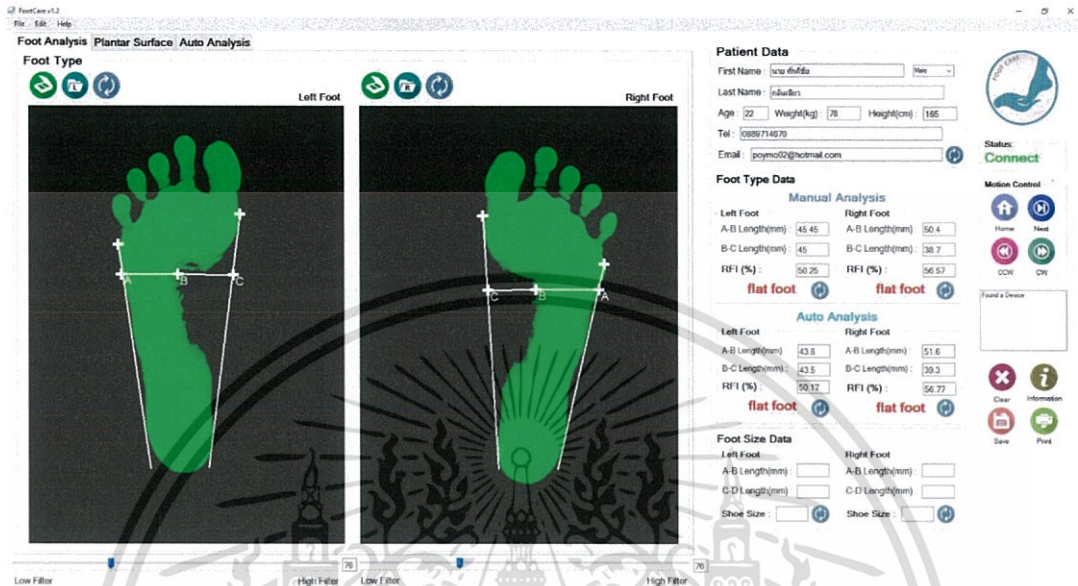
รูปที่ 4 เครื่อง Smart Digital Podoscope เริ่มสแกนเท้าข้างขวา

หลังจากนั้นเครื่องจะเลื่อนชุดเก็บบันทึกภาพกลับไปทางด้านซ้ายอันเสร็จกระบวนการทดสอบ ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้จะใช้เวลาในการเก็บบันทึกต่อท่านไม่เกิน 2 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

การใช้งานซอฟต์แวร์ FootCare V1.2 เพื่อบันทึก วิเคราะห์และแสดงผล



รูปที่ 5 หน้าจอแสดงผลซอฟต์แวร์ FootCare V1.2

1. หลังจากปิดซอฟต์แวร์ให้สังเกตการเชื่อมต่อของคอมพิวเตอร์กับเครื่อง Smart Digital Podoscope ถ้ามีการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์จะขึ้นสถานะ Connect แต่ในกรณีที่ขึ้นว่า Disconnect ให้ตรวจสอบการเชื่อมต่อของสาย USB และการติดตั้งไดรเวอร์ว่าสมบูรณ์หรือไม่

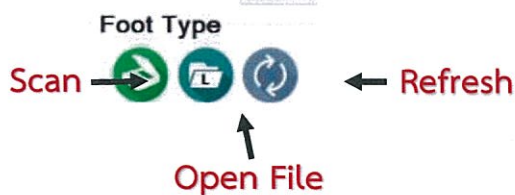


รูปที่ 6 (ก) สถานะ Connect แสดงการเชื่อมต่อสมบูรณ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ กับเครื่อง Smart Digital Podoscope

(ข) สถานะ Disconnect แสดงการเชื่อมต่อสมบูรณ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ กับเครื่อง Smart Digital Podoscope

2. เริ่มต้นการเก็บบันทึกโครงสร้างฝ่าเท้าโดยการคลิกปุ่ม Scan แล้วตัวเครื่องจะเริ่มต้นเก็บบันทึกภาพและแสดงผล ถ้าหากคลิกปุ่ม Open File เพื่อเปิดภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่ได้เก็บบันทึกไว้แล้วแสดงผลหรือ คลิกที่ปุ่ม Refresh เพื่อลบหน้าจอแสดงผลภาพพิมพ์โครงสร้างฝ่าเท้าที่แสดงอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 แสดงแถบเมนูบันทึกและจัดการภาพพิมพ์โครงสร้างฟ้าเท้า

3. ในแถบเมนู Motion Control ที่ปุ่ม Home คือ ปรับให้ชุดเก็บบันทึกภาพกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้น ปุ่ม Next คือ เลื่อนชุดเก็บบันทึกภาพไปยังเท้าข้างขวา ปุ่ม CCW คือ เลื่อนชุดเก็บบันทึกภาพไปทางซ้าย 2 มม. ปุ่ม CW คือ เลื่อนชุดเก็บบันทึกภาพไปทางขวา 2 มม.



รูปที่ 8 แสดงแถบเมนู Motion Control ที่ใช้ในการเลื่อนตำแหน่งชุดเก็บบันทึกภาพที่กำหนดตำแหน่งเอง

4. ในแถบเมนู Information ที่ปุ่ม Clear จะล้างการแสดงผลของสถานะ USB ปุ่ม Information จะแสดงวิธีการวัดค่าดัชนีฟ้าเท้าในโหมดกำหนดเอง ปุ่ม Save จะบันทึกข้อมูลผลการวัดและค่าดัชนีฟ้าเท้า ปุ่ม Print จะสำเนาผลการวัดและประมวลผลที่ได้พิมพ์ออกมาที่เครื่องพิมพ์ (กรณีคอมพิวเตอร์ติดตั้งเครื่องพิมพ์ไว้แล้ว)



รูปที่ 9 แสดงแถบเมนู Information ที่ใช้งานในการจัดการด้านเอกสารแสดงผล

5. หลังจากที่ได้ภาพพิมพ์ฟ้าเท้าทั้งสองข้างแล้วจะสามารถวิเคราะห์ผลค่าดัชนีเท้าจะวัดใน 2 โหมด คือ การวัดแบบกำหนดเอง (Manual mode) และการวัดแบบอัตโนมัติ (Auto mode) โดยที่แถบหน้าต่าง Foot Type จะใช้งานในโหมดกำหนดเอง โดยขั้นตอนแรกจะกำหนดเส้นขอบเพื่อใช้วัดเป็นเส้น 1A และ 2A โดยใช้เมาส์คลิกไปที่ภาพ จากนั้นคลิกที่ขอบโครงสร้างฟ้าเท้าด้านซ้ายเข้าไปหาจุดที่คอดที่สุดได้เป็นเส้น A-B(3A) และลากไปยังสุดอีกด้านที่เส้น 2A จะได้เส้น B-C ซึ่งจะแสดงค่าดัชนีฟ้าเท้าข้างซ้ายที่วัดได้ที่แถบเมนู Manual Analysis และ แบ่งกลุ่มภาวะความผิดปกติของ

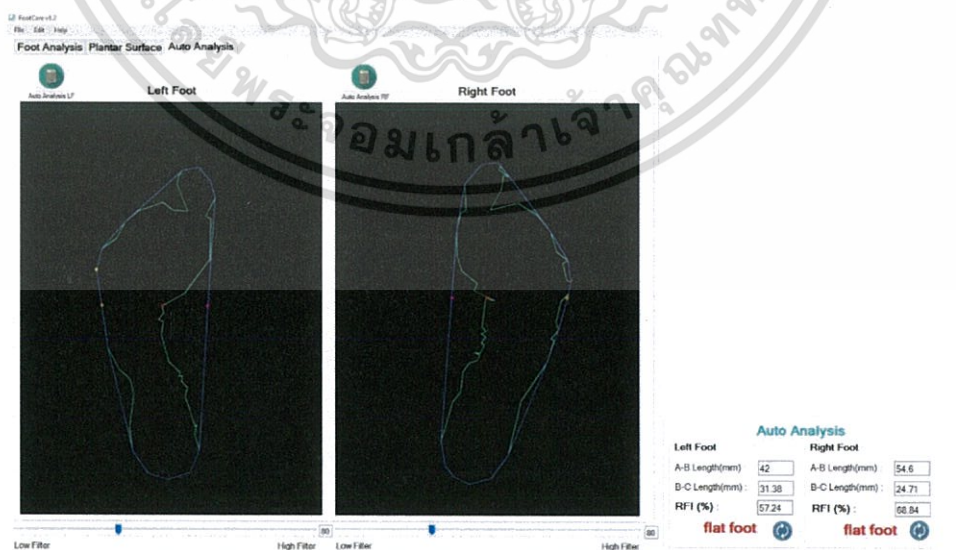
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างฝ่าเท้า โดยวิธีการวัดของเท้าข้างขวาจะคล้ายกันแต่มีขั้นตอนการวัดจากขวาไปซ้าย $1B > 2B > 3B > 4B$ แล้วจะแสดงผลที่ได้บนแถบเมนู Manual Analysis เหมือนกัน



รูปที่ 10 วิธีการวัดและประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้าในโหมดกำหนดเอง

6.ที่แถบหน้าต่าง Auto Analysis จะเป็นการใช้งานในโหมดการวัดแบบอัตโนมัติ โดยหลังจากที่แสดงผลภาพโครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างแล้วให้คลิกที่ปุ่ม Auto Analysis LF เพื่อทำการวัดและประมวลผลเท้าข้างซ้าย และคลิกที่ปุ่ม Auto Analysis RF เพื่อทำการวัดและประมวลผลเท้าข้างขวา ซึ่งซอฟต์แวร์จะทำการวัดและประมวลผลอัตโนมัติแล้วแสดงเส้นขอบเค้าโครงสร้างฝ่าเท้าทั้งหมด เส้นอ้างอิง จุดวัดต่างๆ แล้วที่แถบ Auto Analysis จะแสดงผลค่าดัชนีฝ่าเท้าและการแบ่งกลุ่มภาวะความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้าง



รูปที่ 11 วิธีการวัดและประมวลผลค่าดัชนีฝ่าเท้าในโหมดอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หนังสือรับรองการใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์จากหน่วยงานภายนอก
ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. ข้าพเจ้า นายวิชา นวลสาร วิศวกร/ วิศวกร

ตำแหน่ง วิศวกร

ชื่อหน่วยงาน

สถานที่ตั้ง

เบอร์ติดต่อ 081-804-6892

ขอรับรองว่าได้นำผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์/งานวิชาการ หรือ งานวิจัยด้านวิศวกรรมโยธา
งานวิจัยด้านเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มาใช้ประโยชน์

จึงเป็นผลงานของ โครงการ/ทีม/ครู อ.วิชา นวลสาร

สังกัดสถานศึกษา 2746 บึงบัววิทยาคาร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มาใช้ประโยชน์ของโครงการ/หน่วยงาน/กลุ่มของ
ข้าพเจ้า ทางด้านต่อไปนี้ (โปรดเลือกรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์และสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

() การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ ระบุ
โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ เดือน พ.ศ.
ถึงวันที่ เดือน พ.ศ.

() การใช้ประโยชน์ในเชิงสาธารณะ ระบุ
โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ 10 เดือน 11 พ.ศ. 2557
ถึงวันที่ 16 เดือน 11 พ.ศ. 2558

() การใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบาย ระบุ
โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ เดือน พ.ศ.
ถึงวันที่ เดือน พ.ศ.

() การใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ ระบุ
โดยเริ่มนำมาใช้ประโยชน์ ตั้งแต่วันที่ เดือน พ.ศ.
ถึงวันที่ เดือน พ.ศ.

ทั้งนี้ ผลจากการที่องค์กร/หน่วยงาน/กลุ่ม ได้นำผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์/งานวิชาการ
ดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในองค์กร/หน่วยงาน/กลุ่ม พอสรุปได้คือ
ศึกษาใหม่ (เตรียมงาน) ใช้ประโยชน์ได้จริง

ข้าพเจ้าขอลงนามในหนังสือรับรองการนำไปใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ของ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อเป็นหลักฐานการนำ
ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ มาใช้ประโยชน์ดังกล่าว

ลงลายมือชื่อ
(.....)

ตำแหน่ง
วันที่ 3 / 11 / 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

1. นวพร เหล่าวัฒนธรรม, กิตติพล ชิตสกุล, และ เชิดพงศ์ หังสสุต. ระบบตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าเพื่อสร้างแผนรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ . The 37th Electrical Engineering Conference (EECON-37) ;19-21 พฤศจิกายน 2557 ขอนแก่น

2. Navaporn Laowattanatham, Kittipol Chitsakul, Suradej Tretriluxana and Cherdpong Hansasuta Bangkok Podiatry Center “Smart Digital Podoscope for Foot Deformity Assessment” The 7th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON2014), pp100 November 26-28, 2014 at fukuoka , Japan.



ระบบตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าเพื่อสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

Measurement system for foot deformity to create a custom insoles using 3D printer

นวพร เหล่าวัฒนธรรม¹ กิตติพล ชิตสกุล¹ และ เชิดพงศ์ หังสสุต²

¹สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขที่1 ซอยฉลองกรุง 1 แขวงลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520 โทรศัพท์: 084-976-2666 E-mail:

navaporn1296@gmail.com

²คลินิกสุขภาพเท้า โรงพยาบาลกรุงเทพ

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอการออกแบบระบบตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยของแพทย์สำหรับผู้ป่วยที่มีการกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้าหรือโครงสร้างฝ่าเท้าผิดปกติ เนื่องจาก กรรมพันธุ์ พยาธิสภาพ หรือการเกิดอุบัติเหตุ แล้วใช้เครื่องเก็บรูปฝ่าเท้า และแผ่นรองเท้า เพื่อสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ โดยแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลเมื่อนำไปใส่ในรองเท้า และสวมใส่จะช่วยกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้าอย่างสม่ำเสมอในขณะที่เดิน ส่งผลให้บรรเทาอาการเจ็บจากน้ำหนักที่กดทับไม่สม่ำเสมอหรือการผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ทำให้ผู้ป่วยมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

คำสำคัญ: แผ่นรองเท้า แรงกดใต้ฝ่าเท้า ความผิดปกติของเท้า เครื่องพิมพ์ 3 มิติ

Abstract

This article presents a measurement system structure of the foot deformity. For the establishment of a medical diagnosis for patients with plantar pressure or foot deformity due to heredity, disease or accidents. Then using IFUS machine and insole to create a custom insoles by 3D printer. Using a specific insole to put in shoes and wear to help evenly distribute plantar pressure under the foot while walking. Resulting in pain relief from plantar pressure on uneven or abnormal foot structure. Giving patients a better quality of life.

Keywords: Insole, Plantar pressure, Foot deformity, 3D Printer

1. บทนำ

ในปัจจุบันผู้คนส่วนใหญ่เริ่มปรับเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้ชีวิตเพื่อการรักษาสุขภาพมากยิ่งขึ้น มีการใส่ใจในการดูแลสุขภาพของตัวเอง ไม่ให้เสี่ยงต่อการเกิดโรคภัย เลือกคัดสรรสิ่งของเครื่องใช้ที่ช่วยให้การดำเนินชีวิตได้ดียิ่งขึ้น สิ่งหนึ่งที่สำคัญซึ่งเราอาจจะมองข้ามหรืออาจจะไม่ให้ความสำคัญไปนั้นคือ รองเท้า ซึ่งทำหน้าที่รองรับเท้าถือว่าเป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ ไม่อย่างกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อวัยวะที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะเป็นอวัยวะที่รับน้ำหนักตัวของเราให้กระจายสู่พื้นผ่านเท้าทั้งสองข้าง ถ้าหากว่าเท้ามีสภาวะที่ผิดปกติไป ก็จะส่งผลกระทบต่ออาการดำเนินชีวิต ซึ่งโดยทั่วไปแล้วคนไข้ที่มีสภาวะเสี่ยงนี้อาจจะยังไม่ไปพบแพทย์โดยทันทีต้องรอจนกว่ามีอาการเจ็บขณะเดิน เคลื่อนไหว การกระจายน้ำหนักใต้ฝ่าเท้าที่ไม่สม่ำเสมอก็เป็นสาเหตุหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกรรมพันธุ์ ที่โครงสร้างของกระดูกมีการจัดเรียงตัวกันที่ผิดปกติ พยาธิสภาพที่มีความเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรค เช่น โรคเบาหวาน ที่อาจมีภาวะแทรกซ้อนเกิดขึ้นที่บริเวณใต้ฝ่าเท้า (การเกิดแผลกดทับ) หรือการเกิดอุบัติเหตุร้ายแรง ที่ทำให้โครงสร้างทางชีวกลศาสตร์ของกระดูก กล้ามเนื้อ และเส้นเอ็นทำงานผิดปกติระหว่างการเดิน เคลื่อนไหว[1]

Luis A. Navarro [2] ได้กล่าวถึงลักษณะของโครงสร้างฝ่าเท้า ดังรูปที่ 1 และพัฒนาระบบการตรวจสอบสภาวะเท้าแบนโดยผสมผสานวิธีการตรวจจากเครื่อง Podoscope กับเซนเซอร์ FSR ตรวจวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้า และเลือกใช้ดัชนี Chippaux index ที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงส่วนคอดเว้าของฝ่าเท้า ที่บ่งบอกถึงความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าและสภาวะเสี่ยงที่จะเกิดโรคเท้า แสดงผลเป็นรูปโครงสร้างฝ่าเท้าและการกระจายแรงกดใต้ฝ่าเท้า

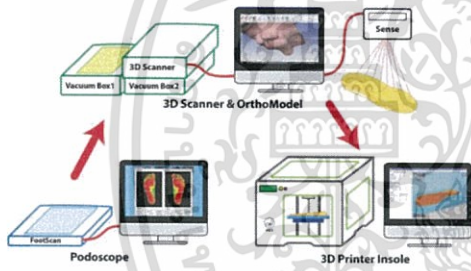


รูปที่ 1 แสดง รูปแบบของโครงสร้างฝ่าเท้า

จากนั้นเมื่อแพทย์ทำการตรวจและวินิจฉัยสภาวะเท้าที่ผิดปกติของคนไข้แล้วพบว่ามีความจำเป็นที่จะต้องทำแผ่นเสริมรองเท้าพิเศษที่มีการปรับโครงสร้างของแผ่นรองเท้าให้สามารถรองรับการกระจายน้ำหนักตัวให้มีความสม่ำเสมอ โดยแต่เดิมนั้นการเก็บรูปฝ่าเท้าจะใช้ฟิโนลิกโฟมเป็นกรรมวิธีที่พัฒนาจากบริษัท Ammon Corporation ในการสร้างรูปฝ่าเท้าภายใต้แรงกระทำของแรงกดที่กระจายทั่วฝ่าเท้าทั้งสองข้าง จะได้แบบแม่พิมพ์รูปเท้าที่มีลักษณะใกล้เคียงกับขณะร่างกายยืนแล้วกระจายน้ำหนักกดลงมาที่เท้าทั้งสองข้างมากที่สุด จากนั้นนำแบบพิมพ์รูปเท้านี้ไปสร้างแผ่นรองเท้าด้วยวิธีการถอดแบบ แล้วสร้างเป็นแผ่นรองเท้า ซึ่งอาจจะใช้เวลาทั้งกระบวนการประมาณ 4-7 วัน และแบบพิมพ์โฟมนั้นก็ต้องทิ้งไปไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

พงศ์พันธ์ วาหะสุนทรพงศ์ และ มนต์ศักดิ์ พิมสาร [3] ได้นำเสนอกระบวนการใหม่ในการเก็บบันทึกแบบพิมพ์รูปเท้าโดยใช้เทคโนโลยี Vacuum sand casting โดยมีหลักการทำงานคือภายในกล่องลงลมยางที่บรรจุเม็ดพอลิเมอร์ EPS ขนาดเล็ก ที่จะเปลี่ยนรูปไหลไปตามแรงกดและลงลมยางจะยุบตัวลงเป็นรูปฝ่าเท้า จากนั้น โดยดูดูอากาศภายในออกผ่านวาล์วควบคุมความดันสุญญากาศ ด้วยเครื่องปั๊มดูดสุญญากาศ หลังจากนั้นภายในลงลมยางจะมีสภาวะความดันที่คงที่เมื่อดูดพอลิเมอร์จะจับแข็งตัวกัน ที่ผิวหนังบนของลงลมยางจะปรากฏรอยพิมพ์รูปฝ่าเท้าที่คงตัวได้ แล้วใช้เครื่องสแกน 3 มิติ ในการเก็บรูปทรงพื้นผิว แล้วเข้าสู่กระบวนการ CAD-CAM จะได้โมเดลแผ่นรองเท้า และเข้าสู่กระบวนการผลิตรองเท้าเฉพาะบุคคลต่อไป

S. Scott Crump[4]ได้พัฒนาเครื่องสร้างต้นแบบต้นทุนต่ำ (Low cost 3D printing) โดยเทคนิคนี้จะใช้เส้นพลาสติกมาผ่านหัวฉีดที่ให้ความร้อน จนพลาสติกกลายเป็นของเหลวแล้วฉีดเรียงตัวขึ้นเป็นชั้นๆ ซึ่งเรียกเทคนิคการขึ้นรูปขึ้นงานแบบนี้ว่า FDM (Fused Deposition Modeling)[5] ต่อมาผู้ที่มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องกล ได้ร่วมมือกันพัฒนาโครงการเครื่องพิมพ์ 3 มิติแบบเปิดที่ชื่อว่า “RepRap”[6]



รูปที่ 2 แสดงแผนผังของระบบโดยรวม

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการสร้างระบบตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ด้วยเทคนิคทางแสงเพื่อบ่งบอกตำแหน่งที่มีแรงกดได้ฝ่าเท้ามาก-น้อย ซึ่งแสดงเป็นระดับสี เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยของแพทย์ในการตรวจผู้ป่วยที่มีโครงสร้างของเท้าที่ผิดปกติ ซึ่งมีวิธีการรักษาโดยสร้างแผ่นรองเท้าพิเศษเฉพาะบุคคลโดยใช้เครื่อง เก็บแบบพิมพ์รูปเท้าแบบสุญญากาศ และแผ่นรองเท้า เก็บบันทึกพื้นผิวด้วยเครื่องสแกน 3 มิติ แล้วเข้าสู่กระบวนการ CAD-CAM และ OrthoModel จากนั้นใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ พิมพ์แผ่นรองเท้าพิเศษเฉพาะบุคคล โดยใช้วัสดุ TPE (Thermoplastic elastomer) ซึ่งเป็นเทอร์โมพลาสติก สามารถหลอมละลายด้วยความร้อนสูงและมีความสมบัติยืดหยุ่นคล้ายยาง เป็นทางเลือกใหม่ในการสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคล

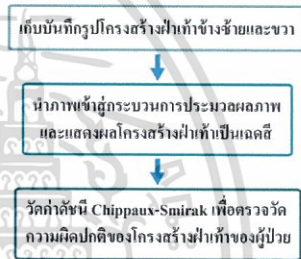
2. กระบวนการดำเนินงานวิจัย

2.1 การออกแบบและการทำงานของระบบ

ในการออกแบบระบบตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าเพื่อสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ นี้จะแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนย่อย คือ

1. เครื่องตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า

ออกแบบสร้างเครื่องตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าโดยอาศัยหลักการทางแสงเป็นไปดังแผนผังการทำงานดังรูปที่ 2 กล่าวคือเมื่อเครื่องสแกนเนอร์เก็บบันทึกรูปภาพโครงสร้างฝ่าเท้าด้านซ้ายและด้วยระบบกลไกจะเลื่อนไปเก็บบันทึกรูปภาพโครงสร้างฝ่าเท้าด้านขวา แล้วส่งต่อเข้าสู่การประมวลผลภาพ เปรียบเทียบระดับความเข้มของแสงโดยจุดที่มีความเข้มแสงมากแสดงว่าจุดนั้นมีแรงกดได้ฝ่าเท้ามากแล้วเทียบกับเฉลี่ย แสดงผลเป็นรูปโครงสร้างฝ่าเท้าเป็นเฉลี่ยและวัดค่าดัชนี Chippaux-Smirak ถ้าน้อยกว่า 32% จะเป็นเท้าโค้ง (Cavus foot) ถ้าอยู่ในช่วง 33-50 % จะเป็นเท้าปกติ (Normal foot) และมากกว่า 50% ขึ้นไปจะเป็นเท้าแบน (Flatfoot) เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยของแพทย์ต่อไป



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานเครื่องตรวจวัดความผิดปกติโครงสร้างฝ่าเท้า

2. ระบบเก็บแบบพิมพ์โครงสร้างรูปฝ่าเท้า และแผ่นรองเท้า

หลังจากแพทย์วินิจฉัยแล้วว่าจำเป็นต้องใช้แผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลเพื่อช่วยการกระจายแรงกดได้ฝ่าเท้าให้สม่ำเสมอและเสริมอุ้งเท้า ซึ่งกระบวนการสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคล แสดงดังรูปที่ 3 โดยส่วนแรกจะเป็นเครื่องเก็บรูปฝ่าเท้าซึ่งเมื่อผู้ป่วยเหยียบฝ่าเท้าลงบนกล่องลงลมยางภายในบรรจุเม็ดพอลิเมอร์ EPS จะมีการกระจายตัวของเม็ดพอลิเมอร์ออกจากบริเวณที่มีแรงกด เกิดการยุบตัวเป็นโครงสร้างเท้า จากนั้นระบบเครื่องดูดอากาศจะดูดอากาศออกผ่านชุดกรองและวาล์วควบคุมความดัน ทำให้ความดันในกล่องลงลมยางคงที่ รอยพิมพ์รูปโครงสร้างฝ่าเท้าจะแข็งได้รูป จากนั้นใช้เครื่องสแกน 3 มิติ เก็บบันทึกพื้นผิวได้เป็นโมเดลโครงสร้างฝ่าเท้า 3 มิติ แล้วใช้ซอฟต์แวร์ OrthoModel สร้างแผ่นพื้นผิวด้านบนของแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคล จากโมเดล โครงสร้างฝ่าเท้า จากนั้นใช้เครื่องสแกน 3 มิติ Sense เก็บบันทึกโครงสร้างของแผ่นรองเท้าด้านในแล้วนำไปตัดกับพื้นผิวด้านบนรองเท้าที่ได้จะได้อิมโมเดลแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลที่เสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3 แผนผังการทำงานระบบเก็บแบบพิมพ์รูปฝ่าเท้า และแผ่นรองเท้า

3. เครื่องพิมพ์ 3 มิติสำหรับพิมพ์แผ่นรองเท้า

โดยปกติแล้วขนาดของแผ่นรองเท้าจะมีขนาดยาวสุดไม่เกิน 32 ซม. และวัสดุที่นำมาใช้ทำแผ่นรองเท้าจะมีลักษณะยืดหยุ่น ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการออกแบบเครื่องพิมพ์ 3 มิติแบบ Gantry แสดงดังรูปที่ 4 สามารถพิมพ์ชิ้นงานได้ขนาด กว้าง 25 ซม ยาว 32 ซม. สูง 16 ซม. ปรับปรุงระบบฉีดและลำเลียงเส้นวัสดุให้สามารถพิมพ์เส้นวัสดุได้หลายประเภท



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างของเครื่องพิมพ์ 3 มิติสำหรับพิมพ์แผ่นรองเท้า

2.2 การสร้างและทดสอบใช้งานระบบ

ในส่วนแรกเป็นจะสร้างเครื่องตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า ใช้โครงสร้างเป็นอลูมิเนียมโปรไฟล์ โดยเพิ่มกลไกระบบเลื่อนตัวสแกนเนอร์ไปทางขวาเพื่อให้อาจเก็บบันทึกโครงสร้างฝ่าเท้าทั้งสองข้างดังรูปที่ 5 ด้านบนของตัวเครื่องติดตั้งแผ่นอะคริลิกหนา 12 มม.ทำให้สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 150 กก. โดยควบคุมการทำงานของเครื่องผ่านพอร์ต USB ร่วมกับซอฟต์แวร์ FootCare v1.1



รูปที่ 5 เครื่องตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้า

ในส่วนต่อไปเป็นการปรับปรุงระบบเก็บแบบพิมพ์รูปเท้า โดยใช้ระบบการเก็บแบบพิมพ์โครงสร้างเท้าด้วยแรงกระทำย้อนกลับ ดังรูปที่ 6 และได้เพิ่มการเก็บรูปแบบของแผ่นรองเท้าเดิม โดยใช้เครื่องสแกน 3 มิติ Sense ที่มีลักษณะเป็นเครื่องสแกน 3 มิติแบบมือถือโดยเพิ่มส่วนควบคุมรีโมทจากโทรศัพท์มือถือไปยังคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อ ทำให้มีความอิสระในการสแกนพื้นผิวชิ้นงาน ดังรูปที่ 7 ซึ่งจะทำได้รูปทรงของแผ่นรองเท้าด้านล่างที่ความพอดีเมื่อใส่แผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้นกลับเข้าไปยังรองเท้า



รูปที่ 6 ระบบการเก็บแบบพิมพ์โครงสร้างเท้าด้วยแรงกระทำย้อนกลับ



รูปที่ 7 เครื่องสแกน 3 มิติ Sense ที่ติดตั้งโทรศัพท์มือถือ

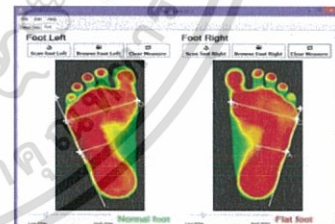
สร้างเครื่องพิมพ์ 3 มิติตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยโครงสร้างตัวเครื่องทำจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminium profile) ใช้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ (Stepper motor) ขับเคลื่อนระบบสายพานส่งกำลังบน ลิเนียร์สไลด์ (Linear slide) เพิ่มความแม่นยำในการขับเคลื่อนหัวฉีดเส้นวัสดุ และเลื่อนฐานพิมพ์ขึ้น-ลง ติดตั้งฐานพิมพ์แบบแม่เหล็กสามารถปรับระดับได้ 4 จุด และใช้เทปสีฟ้าติดที่ฐานพิมพ์เพื่อช่วยในการยึดเกาะของชิ้นงานไม่ให้หลุดระหว่างพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ฐานพิมพ์ที่ติดเทปสีฟ้าเพื่อช่วยยึดเกาะชิ้นงานระหว่างพิมพ์

2.3 ซอฟต์แวร์ควบคุม วิเคราะห์ และแสดงผล

FootCare v1.1 เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นเองเพื่อใช้ในการควบคุมการเก็บบันทึกภาพโครงสร้างฝ่าเท้า พร้อมระบบการประมวลผลโครงสร้างฝ่าเท้าแล้ว และทำนายสภาวะเสี่ยงของลักษณะเท้าที่มีโครงสร้างผิดปกติ มีแรงกดได้ฝ่าเท้ามาก-น้อย แสดงผลเป็นระดับสี ทำให้แพทย์ใช้เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยโรคเท้าและสื่อสารกับผู้ป่วยได้อย่างชัดเจน ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การใช้งานซอฟต์แวร์ FootCare v1.1

OrthoModel เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการออกแบบแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลจากการเก็บบันทึกโครงสร้างฝ่าเท้า ซึ่งสามารถเสริมส่วนที่รองรับให้เข้าพอดีกับโครงสร้างของฝ่าเท้าตามขนาดที่เหมาะสม ดังรูปที่ 10

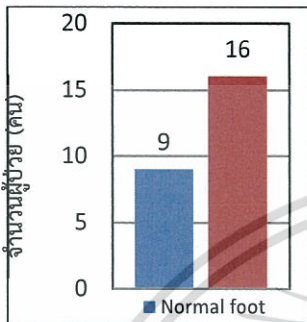


รูปที่ 10 การใช้งานซอฟต์แวร์ OrthoModel

3. ผลการทดลอง

จากการทดสอบทางคลินิกสุขภาพเท้ากลุ่มผู้ป่วยที่มีโครงสร้างฝ่าเท้าที่ผิดปกติ จำนวน 25 ราย โดยใช้เครื่องตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าที่สร้างขึ้นนั้นสามารถคัดกรองลักษณะโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วยออกได้เป็น 2 กลุ่มลักษณะผิดปกติ แสดงดังรูปที่ 11 คือ

1. Normal foot เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าที่มีลักษณะปกติ จำนวน 9 ราย
2. Flatfoot เป็นโครงสร้างฝ่าเท้าที่มีลักษณะส่วนเว้าน้อย จำนวน 16 ราย



รูปที่ 11 กราฟแสดงลักษณะโครงสร้างฝ่าเท้าของผู้ป่วย 25 ราย

ผู้ป่วยที่โครงสร้างฝ่าเท้ามีส่วนเว้าน้อยหรือที่เรียกกันว่า เท้าแบนเท้า จะต้องสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยเก็บแบบพิมพ์รูปฝ่าเท้าภายใต้แรงกระทำย้อนกลับทั้ง 2 ข้าง ดังรูปที่ 12 แล้วเข้าสู่กระบวนการ CAD-CAM และ OrthoModel กำหนดจุดแกนกระดูกหลัก และปรับแผ่นรองเท้าให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับรองเท้า แล้วพิมพ์ออกมาดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 แสดงกระบวนการเก็บแบบพิมพ์รูปฝ่าเท้า



รูปที่ 13 แสดงกระบวนการ CAD-CAM และ OrthoModel



รูปที่ 14 แสดงตัวอย่างของแผ่นรองเท้าแบบเดิม เทียบกับแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลที่สร้างจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ

จากรูปที่ 14 แสดงตัวอย่างของแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลที่สร้างขึ้นจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ด้วยวัสดุ TPE ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีความยืดหยุ่นสังเกตได้ว่าแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลที่ได้นั้นจะมีความพอดีกับรองเท้า เพิ่มส่วนโค้งเว้าตรงอุ้งเท้า เป็นการช่วยปรับโครงสร้างของฝ่าเท้าให้ผู้ป่วยได้มีการกระจายน้ำหนักที่สมดุล ช่วยบรรเทาอาการเจ็บเท้า

4. บทสรุป

ด้วยงานวิจัยที่พัฒนาระบบตรวจวัดความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าเพื่อสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยใช้เครื่องพิมพ์ 3 มิติ จะเป็นเครื่องมือช่วยทำให้แพทย์วินิจฉัยความผิดปกติของโครงสร้างฝ่าเท้าและสร้างแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลโดยใช้เวลาสร้างไม่เกิน 2 วัน แผ่นรองเท้าผลิตจากเส้นวัสดุที่มีความยืดหยุ่น จะได้รองเท้าที่ภายในมีแผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคลมีการเสริมให้เกิดอุ้งเท้า เพิ่มส่วนโค้งเว้าที่เหมาะสมทำให้มีการกระจายน้ำหนักแรงกดได้ฝ่าเท้าที่สม่ำเสมอในขณะที่เดิน แต่ต้องใส่รองเท้าติดต่อกันไม่น้อยกว่าวันละ 8 ชั่วโมง ติดต่อกัน จะมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างฝ่าเท้าที่ดีขึ้น

งานวิจัยที่พัฒนาระบบนี้ ยังคงต้องมีการพัฒนาในส่วนที่ตรวจผลย่อยกลับว่าหลังจากที่ผู้ป่วยสวมใส่รองเท้าเฉพาะบุคคลแล้วโครงสร้างฝ่าเท้ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรจากก่อนเริ่มรักษา และมีการติดตามผลการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เพื่อการรักษามีประสิทธิภาพ

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Gerald F. Harris, Peter A. Smith, Richard M. Marks. "Foot and Ankle Motion. Clinical treatment and technology". CRC Press. 1era Edicion, USA 2007.
- [2] Luis A. Navarro, Daniel O. Garcia "Opto-Electronic System for Detection of Flat Foot by Using Estimation Techniques: Study and Approach of Design" EMBS 32, Argentina, September 4, 2010
- [3] พงศ์พันธ์ วาหะสุนทรพงศ์ และ มนต์ศักดิ์ พิมพ์สาร กรรมวิธีใหม่ของการสร้างพื้นผิวฝ่าเท้าสำหรับใช้ในการผลิตพื้นรองรองเท้า การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25 19-21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่
- [4] S. Scott Crump ผู้พัฒนาเครื่องสร้างต้นแบบต้นทุนต่ำ เข้าได้จาก http://en.wikipedia.org/wiki/S._Scott_Crump
- [5] Sung-Hoon Ahn , Michael Montero. "Anisotropic material properties of fused deposition modeling ABS" Rapid Prototyping Volume 8 - Number 4, 2002 : 248-257
- [6] Project RepRap เข้าได้จาก <http://reprap.org/wiki/RepRap>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Smart Digital Podoscope for Foot Deformity Assessment

Navaporn Laowattanatham, Kittipol Chitsakul,
Suradej Tretriluxana
Biomedical Measurement and Computation Laboratory
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand
E-mail : navaporn1296@gmail.com

Cherdpong Hansasuta
Bangkok Podiatry Center
Bangkok hospital,
Bangkok, Thailand
E-mail : drcherdpong@gmail.com

Abstract—Foot deformity is a common problem among Thai people. It is resulted from various causes. The deformity may lead to pain and discomfort of feet and legs. The foot condition can be evaluated using plantar pressures and foot deformity measures, depending on the therapists. This paper presents a design of digital podoscope, a screening tool for patients with foot deformity. Built on a commercial optical scanners, our design is smaller than the camera based system. The scanned foot image is color-mapped by a software to calculate the foot index. The system was tested with twenty-five participants who have been diagnosed with foot abnormality. The data show a comparable results with the standard method. Our further study is to develop an algorithm for automatically assessing the deformity and calculating the foot index.

Keywords—Podoscope, Footprint, Flatfoot, Foot deformity, Digital Image Processing

I. Introduction

Foot is a greatly vital organ of our daily life. Many people don't have paying attention to take care of their own feet. Anatomically, a foot is a complex structure, consisting of 26 pieces of bone, many ligaments and muscle bundles working together to support the entire body weight and distributing it to the ground by the curve of the foot or sole. The abnormality of feet affect the leg and knee and lead to the muscle pains. This occurs due to unbalanced arrangement of the bones. Consequently, the results of flattening arch are twisted ankle, tilting inward freeze or bending tendons in the foot. Correct medical treatment may prevent deformity getting worse.

Harris Mat [1] is a standard device to measure of footprint, that used as graphic plantar-printing based on ink and paper. It illustrates the whole image of plantar with high pressure points and weight imbalance as darken areas. To obtain an image from a Harris Mat, it needs a manual operation and the manual calculation for any parameters such as foot-index to assessment of foot deformity [2, 3]. Nowadays, the array of force resistive sensors, capacitor-based sensor or optic based devices [4] have been proposed as alternative methods, but those are still expensive technologies.



Fig. 1. Type of Foot deformity

The Podogram is outline of sole and show contour and arch footprint image. This method is based on the blanching effect of tissue that occurs when it is under pressure. When patients stand on a glass plate, then the reflected image from a mirror installed under the glass plate is seen. By using any optical technique, camera base is convenient lighting in place mirror or using an optical scanner, the footprint under body weight and map the resulting blanching to different intensity levels. Different intensity levels are mapped to different color codes to obtain pressure distribution maps. The machine making this image is called a "Podoscope" [4]. Normally the optical podoscope made by camera or scanner is low cost, but needs a smart software for analysis the foot problems such as flat feet, high arches considered as foot deformity [5]. On any foot printing image several indices, such as Staheli arch index, Clark's angle and Chippaux-Smirak index (with the neural network processing) can be calculated. In general Staheli arch index provides more accuracy after learning by neural network [6].

In this article, a development of smart digital podoscope based on low cost optical scanners has been detailed. This machine a smaller when compared to a camera based podoscope with a mirror to reflected image. Performing with integrated software FootCare v1.2, the system could show the plantar structure and plantar pressure in different color levels. The foot index calculation has been integrated being useful for screening foot deformity in patients.

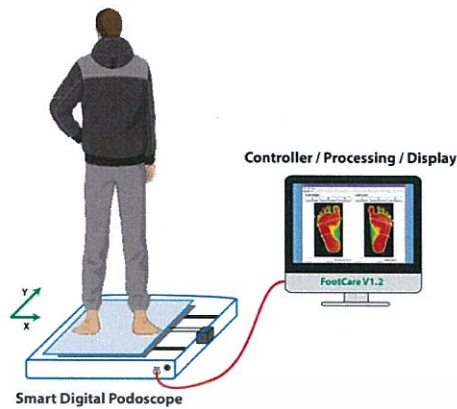


Fig. 2. Overall system smart digital podoscope

II. Materials and Methods

A. Linear Motion System Design

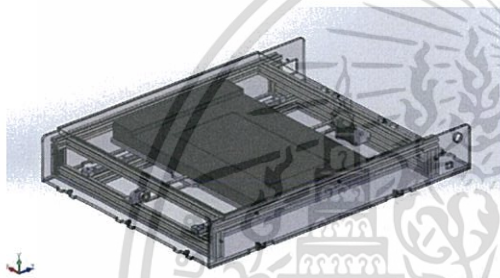


Fig. 3. Basement for linear motion system

A new linear motion system has been designed to extend movement of the X-Axis scanning. The system is controlled by a microcontroller PIC18F2550 to control a stepper motor-belt system. The mechanical linear motion moves the scanning parts to capture the images of both feet in each step while the patient is standing. The software, FootCare v1.2, acquires the scanned images via USB port, and store in a computer.

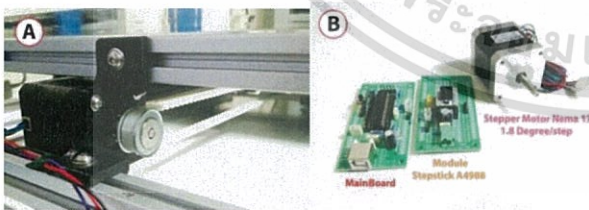


Fig. 4. (A) Stepper motor mounted pulley to drive a timing belt (B) Main Board & A4988 Stepper Motor driver with 1/16 microstepping

B. Scanning and Digital Image Processing

In camera based type machine, a camera is used to capture image reflected from the mirrors installed underneath. This makes the machine bigger and too heavy for portable. Our design, in contrast, is a scanner based system. It's lighter, smaller, and portable. The plate made by a 12mm thick clear acrylic, this system is able to scan individual who weight up to 150 kg.

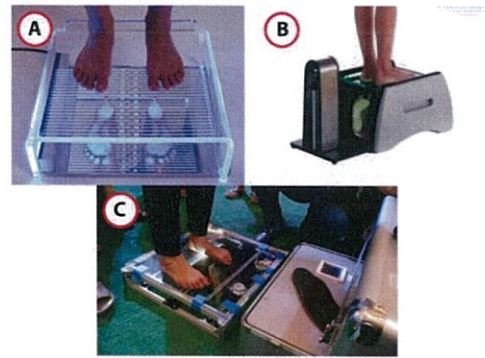


Fig. 5. Podoscope Type (A) Mirror and side illumination, (B) Camera Base, (C) Optical Scanner

The scanned output is the weight distribution image displayed in different intensity. To clarify, the area supporting more weight (such as heel), has the higher intensity than the area supporting light weight (such as sole). Subsequently the image thresholding (noise removal) and background subtraction processes are performed before the final image is color mapped. In figure 6 is show the image processing performed in our system and detailed as followed.

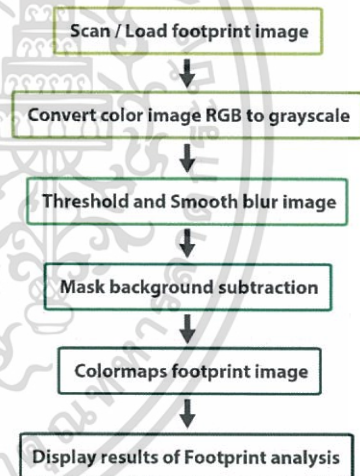


Fig. 6. Method of Digital Image Processing

Step 1 Scan new foot image or load scanned image from the current path,

Step 2 Convert true color image from RGB format into the grayscale intensity,

Step 3 Thresholding the intensity noise to zero then apply the smooth blur to the image,

Step 4 Subtract the region under feet from the background,

Step 5 Apply color mapping to change the grayscale image into color one as a Pedobarography.

Step 6 Manually assess the foot index and show the results on the screen.

As shown in figure 8, the foot images are reverse (image on the right side is from the left foot and image on the left side is from the right foot).

C. Method to Classification Foot Type

There are a number of classification methods for screening foot deformity. Each one is appropriate for some structures. In practice, physician makes a diagnostic from the patient’s information, such as footprint parameters, Body Mass Index (BMI) and radiographic evaluation in addition to the scanned images. At Bangkok Podiatry Center, we have developed the effective method used for screening foot deformity. Based on the method, we are interested on curves in the middle foot’s region as seen in the figure 7 and the equation 1.

$$\text{Ratio Foot Index} = \frac{AB}{AB+BC} \times 100 \quad (1)$$

If Ratio Foot index is

- less than 35 means having high arch (Pes varus)
- Number between 35 to 50 considered as normal foot
- Over 50 indicates as flatfoot (Pes valgus)



Fig. 7. Parameters currently used for classification foot deformity at Bangkok Podiatry Center.

D. User Interface Software

Software FootCare v1.2 was developed in C# and using library EmguCV (EmguCV is a cross platform .Net wrapper to the OpenCV) image processing library[7-9]. This software is primarily used for monitoring of foot images with many features including:

- USB HID communication with the smart digital podoscope
- Generate a Pedobarography as plantar foot shape
- Classification Foot Types (Based on many footprint index analysis)
- Calculate the foot size(US standard)

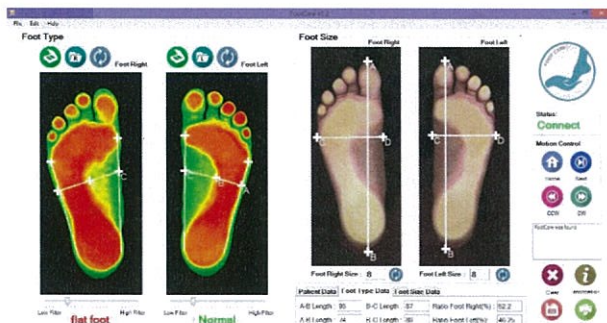


Fig. 8. Example of the Software FootCare v1.2

III.Experiment results

Twenty five participants who have been identified with some foot problems were asked to stand two feet on our digital podoscope. The images were captures and compared with their own Harris mat footprints. The step-by-step processed images are displayed in figure 9.

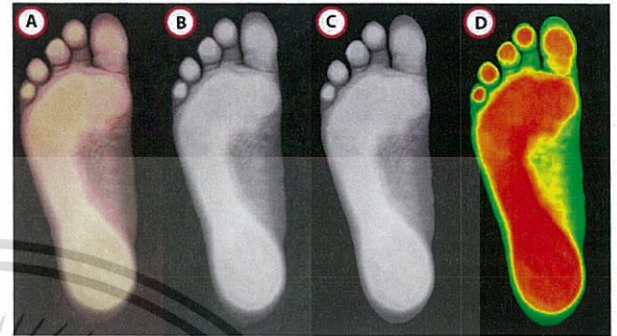


Fig. 9. The image results (a) RGB foot print image, (B) Gray scale foot print image, (C) Threshold and background subtraction, (D) Colormaping foot print image

The pressure distribution at plantar is clear indicative for normal or abnormal structure of foot on color image of Pedobarography. In addition the color mapped image also shows the foot deformity. The red color indicates a lot of pressure more than other colors yellow and green. Moreover, the uneven distribution of weight for a long time, repetitive minor trauma as a cause of ulcer or neuropathic ulcer is shown in very dark red. The clear correlation which obtained from a Harris Mat is shown in figure 10.

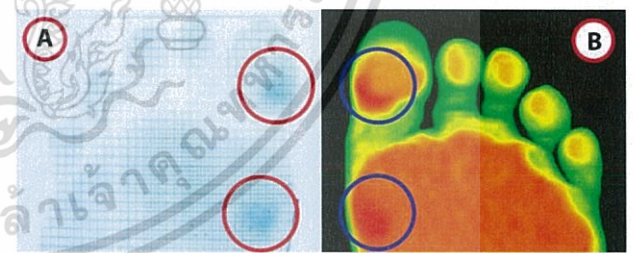


Fig. 10. Pressure ulcer point (A) Result footprint image from Harris Mat (B) Result footprint image from Smart Digital Podoscope

Classification foot deformity was performed by using software FootCare v1.2. Based on the equation (1), foot scanned images is classified into three categories, high arch, normal foot and flat foot, as shown in figure 11. The sample pictures of these three groups are given in figure 12. The foot parameters are also summarized in table I.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

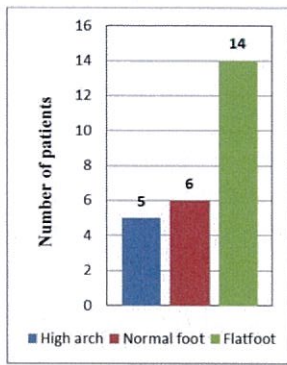


Fig. 11. Summary of the classification from 25 patients.

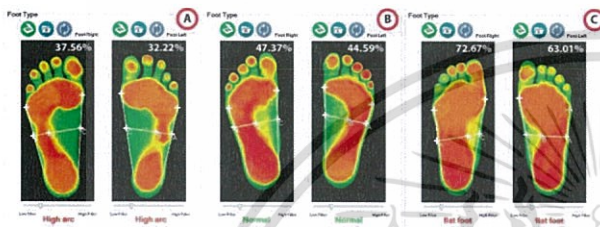


Fig. 12. Foot print image result (A)High arch, (B)Normal Foot, (C)Flatfoot

To measure to foot size, the manual operation by marking the boundaries is required. Our software, FootCare v.1.2 is calculating the foot length and width and estimate the foot size in US standard. It is shown in figure 13. The software can also indicate the abnormality on the foot such as diabetic foot ulcer, trauma on plantar.

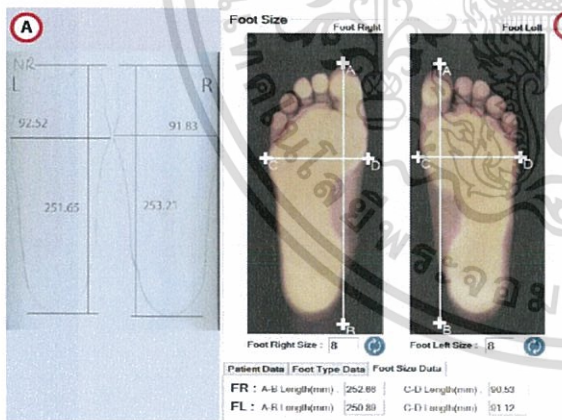


Fig. 13. Measurement length and width each foot (A)Using Harris Mat, (B) Using Smart Digital Podoscope

Figure.13 also comparison of foot length and width each foot obtained from the Harris Mat and the Smart Digital Podoscope with software FootCare v1.2. The result shows an error about ±2 mm.

Table I. shows the results of classification foot deformity and footprint analysis from 25 patients. This data were used for screening and estimation of foot structures and deformities.

TABLE I. RESULTS OF CLASSIFICATION FOOT DEFORMITY

Foot deformity	Foot index analysis					
	Foot Left			Foot Right		
	AB (mm.)	BC (mm.)	Ratio (%)	AB (mm.)	BC (mm.)	Ratio (%)
High arch	25.38	49.35	33.96	36.8	47.94	43.43
	27.26	57.34	32.22	30.82	51.23	37.56
	18.33	51.23	26.35	24.84	44.65	35.75
	27.73	44.18	38.56	27.14	47.94	36.15
Normal foot	25.85	47.94	35.03	34.96	43.24	44.71
	33.37	35.72	48.30	36.80	40.42	47.66
	32.43	39.95	44.81	32.66	38.07	46.18
	36.19	41.36	46.67	37.72	42.30	47.14
	37.13	46.06	44.63	34.04	43.24	44.05
	32.9	40.89	44.59	36.8	40.89	47.37
	31.49	39.00	44.67	30.36	34.78	46.61
	40.42	39.48	50.59	54.28	14.10	79.38
	51.23	30.08	63.01	57.5	21.2	73.06
	42.30	33.37	55.90	37.26	32.43	53.47
Flatfoot	39.48	36.66	51.85	39.10	35.72	52.26
	42.77	24.44	63.64	59.34	7.52	88.75
	47.00	23.97	66.23	45.08	24.44	64.84
	35.25	25.38	58.14	39.10	29.61	56.91
	36.19	31.02	53.85	33.12	32.9	50.17
	40.89	35.72	53.37	42.78	36.19	54.17
	36.66	36.19	50.32	38.64	33.37	53.66
	43.24	28.67	60.13	40.94	23.97	63.07
	45.12	30.08	60.00	46.92	29.61	61.31
	41.36	36.66	53.01	41.86	36.66	53.31

TABLE II. RESULTS OF FOOT INDEX COMPARE WITH USING HARRIS MAT AND SMART DIGITAL POSOSCOPE (LEFT FOOT)

Foot deformity	Tools	Foot index analysis			
		Foot length (mm.)	AB (mm.)	BC (mm.)	Ratio (%)
High arch	Harris Mat	265.26	25.21	52.11	32.60
	Digital Podoscope	264.52	23.40	50.85	31.52
Difference value between Harris Mat and Digital Podoscope		0.74	1.81	1.26	1.08
Normal foot	Harris Mat	253.52	35.42	36.96	48.93
	Digital Podoscope	252.94	34.75	37.80	47.89
Difference value between Harris Mat and Digital Podoscope		0.58	0.67	0.84	1.04
Flatfoot	Harris Mat	251.65	48.18	26.10	64.86
	Digital Podoscope	250.89	46.50	24.95	65.08
Difference value between Harris Mat and Digital Podoscope		0.76	1.68	1.15	0.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE III. RESULTS OF FOOT INDEX COMPARE WITH USING HARRIS MAT AND SMART DIGITAL POSOSCOPE (RIGHT FOOT)

Foot deformity	Tools	Foot index analysis			
		Foot length (mm.)	AB (mm.)	BC (mm.)	Ratio (%)
High arch	Harris Mat	264.25	28.68	49.23	36.81
	Digital Podoscope	263.91	27.90	47.70	36.90
Difference value between Harris Mat and Digital Podoscope		0.34	0.78	1.53	0.09
Normal foot	Harris Mat	257.14	36.12	37.63	48.97
	Digital Podoscope	256.21	37.86	39.58	48.89
Difference value between Harris Mat and Digital Podoscope		0.93	1.74	1.95	0.09
Flatfoot	Harris Mat	253.21	51.45	16.81	75.37
	Digital Podoscope	252.66	50.32	17.42	74.28
Difference value between Harris Mat and Digital Podoscope		0.55	1.13	0.61	1.09

Table II and table III compare the foot index parameters from each categories from the Harris mat and digital podoscope data on both sides. The foot length differences are within ± 1 mm. And the ratio foot index is within ± 1 % different.

The Figure 14. shows that our system was used by a podiatrist in the public service for the patients with diabetes mellitus and foot deformities. A custom made insoles as a product after the treatment.



Fig. 14. The Doctor, Physiotherapist and technician use Smart Digital Podoscope System to classify and diagnosis foot deformity

IV. CONCLUSION

In this article, a development of smart digital podoscope based on a commercial optical scanners has been detailed. Integrated with the developed software, FootCare v1.2, the system could acquire and display the foot images in color shades. The foot parameters were calculated for foot deformity screening and estimate the foot size (US standard). Its performance has been evaluated with 25 participants who have been diagnosed with foot abnormalities. The system reported that 5 and 14 participants having high arch and flatfoot respectively. Its foot parameter measures are within ± 1 % different

compared to the measures from Harris mat. Finally, the algorithms for automatic assessment for foot deformity and foot index will be developed in the future.

Acknowledgment

The authors would like to thank all participants in screening test, Dr. Chuchart Pintavirooj and Mr. Siwakorn Sukprasertchai for their helps in the image processing techniques. The project was developed at and supported by Biomedical Measurement and Computation Laboratory, Department of Electronic Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand.

References

- [1] Harris Mat foot imprinter (2014, May,16). [Online]. Available: <http://www.alimed.com/aetrex-harris-mat.html>.
- [2] Gerald F. Harris, Peter A. Smith, Richard M. Marks. "Foot and Ankle Motion. Clinical treatment and technology", CRC Press, 1era Edicion, USA 2007.
- [3] Mohsen Razeghi, Mark Edward. "Foot type classification: a critical review of current methods". Gait and Posture, 15(3), 2002, pp 282-291.
- [4] A.A.Morsy, A.Hosny, "A New System for the Assessment of Diabetic Foot Planter Pressure", IEEE EMBS 26th, San Francisco, USA, September 1-5, 2004.
- [5] S.Crisan, V.D.Zaharia. "Computer Assisted Optical Podoscope for Orthostatic Measurements" IFMBE 29th, Vol. 36, 2011, pp 226-229, Cluj-Napoca, Romania, September 2011.
- [6] Wanlop Aruntammanak, Yuttapong Aunhathaweep "Diagnose Flat Foot from Foot Print Image Based on Neural Network" BMEiCON 6th, Krabi, Thailand, October 23-25, 2013.
- [7] Threshold operation (2014, July,20). [Online]. Available: http://opencvexamples.blogspot.com/2013/09/code-for-threshold.html#U8vyPP1_tqU.
- [8] Yannick Benezeth, Pierre-Marc Jodoin. "Comparative study of background subtraction algorithms" Journal of Electronic Imaging 19(3), 033003 (July 23, 2010).
- [9] Background subtraction method (2014, July,26). [Online]. Available: http://docs.opencv.org/trunk/doc/tutorials/video/background_subtraction/background_subtraction.html.

ภาคผนวก จ

ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่สู่สาธารณชน

1. รายการข่าวช่อง Voice TV ออกอากาศเมื่อ 18 กรกฎาคม 2557 เวลา 18:35 น.
“Life Science Garden อนาคตของการดูแลตัวเอง”
2. รายการ ข่าววันใหม่ ทางช่อง 3 ช่วงข่าวดีมีอยู่ ออกอากาศ เทปวันที่ 25 ก.ค.
2557 เวลา 01.25 “นวัตกรรม แผ่นรองเท้าเบาหวาน”
3. รายการ ข่าว TPBS ช่วง ทันเทคTECH 16 สิงหาคม 2557 เวลา 19:44 น.
“เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการแพทย์”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

18 กรกฎาคม 2557 เวลา 18:35 น.

นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทยมีจำนวนไม่น้อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ หรือทีเซล นำเอางานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงอยู่ภายในงาน "Life Science Garden" สูดยอนนวัตกรรมเพื่อสุขภาพและความงาม

เทคโนโลยีการสร้างแผ่นรองเท้า ที่ออกแบบมาให้เข้ารูปเฉพาะบุคคล เป็นหนึ่งในนวัตกรรมทางสุขภาพที่นำมาจัดแสดงในงาน Life Science Garden "สูดยอนนวัตกรรมเพื่อสุขภาพและความงาม" หลังผ่านการสแกนเพื่อวัดแรงกดใต้ฝ่าเท้าและวัดรูปเท้า โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะสร้างภาพจำลองของโครงสร้างเท้าขึ้น ก่อนจะปริ้นท์ออกมาเป็นแผ่นรองเท้าผลิตจากวัสดุเทอร์โมพลาสติก ยืดหยุ่น ไม่เพียงเป็นการออกแบบรองเท้าเพื่อสุขภาพ แต่ยังเป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน ที่มักมีปัญหาการกดทับแผลที่เท้า และรักษาหายยาก

พื้นที่เล็กๆ ของงาน Life Science Garden ยังรวบรวมเอาหลากหลายอนาคตของการดูแลตัวเองไว้ด้วยกัน ที่สำคัญคือล้วนเป็นงานที่คิดค้นโดยคนไทย ซึ่งสามารถต่อยอดไปสู่การลงทุนทางธุรกิจ ยืนยันโดยผู้เข้าชมงานหลายคนว่า พวกเขาพร้อมควักกระเป๋าเพื่อลงทุนกับการดูแลสุขภาพ

นอกจากนวัตกรรมเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น รากฟันเทียม เซรั่มจากน้ำยางพารา หรือการถอดรหัสจีโนม เพื่อทำนายปัจจัยเสี่ยงของโรคมะเร็งเต้านมและรังไข่จากพันธุกรรม

อีกเกือบ 1 ใน 3 ยังเป็นนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์การก้าวไปสู่สังคมผู้สูงอายุ เช่น การออกแบบห้องน้ำสำหรับผู้สูงอายุ หุ่นยนต์ดูแลผู้สูงอายุ และแอปพลิเคชันประเมินความเสี่ยงโรคอัลไซเมอร์

งาน Life Science Garden ยังคงจัดไปจนถึงวันอาทิตย์นี้ เข้าร่วมรับฟังเสวนาและทำความรู้จักกับเทคโนโลยีใหม่ๆ ฝีมือคนไทยที่กำลังจะกลายเป็นอนาคตของการดูแลสุขภาพและความงามได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ที่ลานแฟชั่นฮอลล์ ชั้น 1 ศูนย์การค้าสยามพารากอน

ที่มา : <http://news.voicetv.co.th/thailand/111371.html>

Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

by Sasivwan
18 ตุลาคม 2557 เวลา 18:35 น.

60 SHARES

VOICE NEWS Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

เทคโนโลยีการสร้างสรรค์ผลงานที่โดดเด่นกว่าที่อื่นๆ ในประเทศไทยคือผลงานที่นำมาจัดแสดงในงาน Life Science Garden "ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม"

ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

พื้นที่สัก ของงาน Life Science Garden อิงธรรมชาติจากสวนสุขภาพของกรมการอุดมศึกษาวิจัยวิจัย ที่สำคัญคือด้านเป็นงานที่คัดสรรโดยคนไทย ซึ่งสามารถต่อยอดไปสู่อุตสาหกรรมสุขภาพได้ เช่น ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

9:15 PM LATEST NEWS : 21:58 น. นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

by Sasivwan
18 ตุลาคม 2557 เวลา 18:35 น.

60 SHARES

VOICE NEWS Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

เทคโนโลยีการสร้างสรรค์ผลงานที่โดดเด่นกว่าที่อื่นๆ ในประเทศไทยคือผลงานที่นำมาจัดแสดงในงาน Life Science Garden "ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม"

ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

พื้นที่สัก ของงาน Life Science Garden อิงธรรมชาติจากสวนสุขภาพของกรมการอุดมศึกษาวิจัยวิจัย ที่สำคัญคือด้านเป็นงานที่คัดสรรโดยคนไทย ซึ่งสามารถต่อยอดไปสู่อุตสาหกรรมสุขภาพได้ เช่น ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

9:16 PM LATEST NEWS : 20:30 น. นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คัดสรรโดยคนไทยมีงานไม่บ่อย ล่าสุดศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังจัดแสดงภายในงาน "Life Science Garden" ชุดคอนเสิร์ตกรมเทคซุสสุขภาพและความงาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

by Sakhom 28 กรกฎาคม 2557 เวลา 18:35 น.

60 SHARES

VOICENEWS

นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทยมีจำหน่ายไม่ไกล ล่าสุดคุณความดีเป็นที่มาของชีวิตวิทยาศาสตร์จังหวัดชลบุรี นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังทดลองภายในงาน "Life Science Garden" สุดยอดนวัตกรรมดูแลสุขภาพและความเป็นมา

เทคโนโลยีการสร้างแบรนด์ของทำ ที่ลดขนาดมาได้จากอุปกรณ์ขนาดเล็ก เป็นหนึ่งในนวัตกรรมดูแลสุขภาพที่นำวิจัยแสดงในงาน Life Science Garden "สุดยอดนวัตกรรมดูแลสุขภาพและความเป็นมา"

ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทยมีจำหน่ายไม่ไกล ล่าสุดคุณความดีเป็นที่มาของชีวิตวิทยาศาสตร์จังหวัดชลบุรี นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังทดลองภายในงาน "Life Science Garden" สุดยอดนวัตกรรมดูแลสุขภาพและความเป็นมา

พื้นที่โลก ของงาน Life Science Garden มีบรรยากาศหลากหลายของสุขภาพและความเป็นมา ที่สำคัญคือว่าเป็นงานที่คิดค้นโดยคนไทย ซึ่งสามารถต่อยอดไปสู่การดูแลสุขภาพเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี เพราะงานวิจัยเหล่านี้เป็นงานวิจัยที่คิดค้นโดยคนไทย

นอกจากนวัตกรรมเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น ราคาค่าบริการ เช่น บริการตรวจสุขภาพ หรือการดูแลสุขภาพ เพื่อทำมาขายเชิงพาณิชย์และส่งเสริมสุขภาพ

9:16 PM LATEST NEWS 70.54% คนดูได้ชมถึงสองชั่วโมงกว่า ไม่น่าเชื่อว่าไม่คาดจุกสุดแบบกันเองดูอยู่จนจบได้ 4%

TV SCHEDULE LIVE

SOCIAL FEED

noPhone

Tech Feed: NoPhone แก้ไขข้อมูลอากาศที่ผิดพลาดได้

VITE 5

TOP 5

1. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย
2. ผลิตภัณฑ์สุขภาพและความเป็นมา
3. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย
4. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย
5. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย

Life Science Garden : อนาคตของการดูแลตัวเอง

by Sakhom 28 กรกฎาคม 2557 เวลา 18:35 น.

60 SHARES

VOICENEWS

นวัตกรรมดูแลสุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทยมีจำหน่ายไม่ไกล ล่าสุดคุณความดีเป็นที่มาของชีวิตวิทยาศาสตร์จังหวัดชลบุรี นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังทดลองภายในงาน "Life Science Garden" สุดยอดนวัตกรรมดูแลสุขภาพและความเป็นมา

เทคโนโลยีการสร้างแบรนด์ของทำ ที่ลดขนาดมาได้จากอุปกรณ์ขนาดเล็ก เป็นหนึ่งในนวัตกรรมดูแลสุขภาพที่นำวิจัยแสดงในงาน Life Science Garden "สุดยอดนวัตกรรมดูแลสุขภาพและความเป็นมา"

ผลิตภัณฑ์สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทยมีจำหน่ายไม่ไกล ล่าสุดคุณความดีเป็นที่มาของชีวิตวิทยาศาสตร์จังหวัดชลบุรี นำผลงานวิจัยเหล่านี้มาประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ และต่อยอดเป็นสินค้าเชิงพาณิชย์ ซึ่งกำลังทดลองภายในงาน "Life Science Garden" สุดยอดนวัตกรรมดูแลสุขภาพและความเป็นมา

พื้นที่โลก ของงาน Life Science Garden มีบรรยากาศหลากหลายของสุขภาพและความเป็นมา ที่สำคัญคือว่าเป็นงานที่คิดค้นโดยคนไทย ซึ่งสามารถต่อยอดไปสู่การดูแลสุขภาพเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี เพราะงานวิจัยเหล่านี้เป็นงานวิจัยที่คิดค้นโดยคนไทย

นอกจากนวัตกรรมเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น ราคาค่าบริการ เช่น บริการตรวจสุขภาพ หรือการดูแลสุขภาพ เพื่อทำมาขายเชิงพาณิชย์และส่งเสริมสุขภาพ

9:17 PM LATEST NEWS 70.58% คนดูได้ชมถึงสองชั่วโมงกว่า ไม่น่าเชื่อว่าไม่คาดจุกสุดแบบกันเองดูอยู่จนจบได้ 4%

TV SCHEDULE LIVE

SOCIAL FEED

noPhone

Tech Feed: NoPhone แก้ไขข้อมูลอากาศที่ผิดพลาดได้

VITE 5

TOP 5

1. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย
2. ผลิตภัณฑ์สุขภาพและความเป็นมา
3. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย
4. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย
5. นวัตกรรม สุขภาพที่คิดค้นโดยคนไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ ข่าววันใหม่

ทางช่อง 3 ช่วงข่าวดีมีอยู่

ออกอากาศ นวัตกรรม แผ่นรองเท้าเบาหวาน

เทปวันที่ 25 ก.ค.57 เวลา 01.25 น.

ข่าวดีมีอยู่

อัตราการสูญเสียขาของคนไทยปัจจุบันมียอดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการตัดขา-เท้าจากแผลจากโรคเบาหวาน จะรักษาหายยากกว่าปกติ ซึ่งจำนวนตัวเลขของผู้ป่วยเบาหวานมีมากและเพิ่มขึ้นถึง 3 ล้านคนจึงเป็นกลุ่มคนที่มีภาวะเสี่ยงต่อการสูญเสียขามากจากสภาวะแทรกซ้อนนี้

นวัตกรรมที่ลดการสูญเสียเท้าจากแผ่นรองเท้าที่มีการออกแบบสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีการกระจายแรงกดได้อย่างสม่ำเสมอ ปัจจุบันการรักษาคือการทำแผ่นรองรองเท้าที่ใช้การเก็บข้อมูลในแบบเดิมอาจจะทำให้ได้ข้อมูลที่คลาดเคลื่อนไปส่งผลให้ได้แผ่นรองเท้าที่ไม่พอดีขนาดฝ่าเท้าของผู้ป่วย อีกทั้งขั้นตอนผลิตต้องใช้เวลาานาน และมีขั้นตอนการผลิตที่สลับซับซ้อน แต่ปัญหาการผลิตแผ่นรองรองเท้าที่ล่าช้ากำลังจะหมดไป ด้วยเทคโนโลยีที่มีความแม่นยำในการผลิตมาใช้แทน

นายแพทย์ เชิดพงษ์ หังสสุต กล่าวว่า ด้วยวิธีการดั้งเดิมในการผลิตแผ่นรองเท้าเราใช้เวลาในการหล่อปูน เก็บ ดึง สร้าง ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน แต่ด้วยระบบใหม่แบบดิจิตอลที่ทำโดยระบบ 3 มิติ และระบบ CAD-CAM เครื่องกัด จะใช้เวลาประมาณ 36 นาที ซึ่งโดยทั่วไปแล้วรองเท้าเบาหวานมีหลากหลายราคาตั้งแต่หลายพันบาทจนกระทั่งหลายหมื่นบาท โดยเราจะทำให้ราคาถูกได้โดยไม่กั๊วอียบาท ด้วยระบบดังกล่าว

I foot technology มีขนาดกะทัดรัด ใช้งาน ง่ายสามารถเก็บโครงสร้างฝ่าเท้าเป็นไฟล์ดิจิตอลเพื่อการผลิตชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วโดยคุณหนึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงและสะดวกในการแก้ไขข้อผิดพลาด ส่งผลให้ได้แผ่นรองเท้าที่มีขนาดแม่นยำเหมาะกับขนาดเท้าของผู้ป่วย ที่สำคัญราคาของแผ่นรองรองเท้ามีราคาที่ถูกลงกว่าเดิม ซึ่งผู้จัดทำตั้งใจให้ผู้คนทุกระดับเข้าถึงและเป็นเจ้าของแผ่นรองรองเท้านี้ได้

นี่ถือเป็นอีกหนึ่งตัวอย่างของการนำงานวิจัยคนไทยมาใช้แก้ไขปัญหให้กับผู้ป่วยอย่างจริงจัง ซึ่งจะสามารถช่วยรักษาผู้ป่วยเบาหวานที่มีปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพเท้าได้เป็นอย่างดีและที่สำคัญมีการลดอัตราการสูญเสียหรือถูกตัดเท้าให้น้อยลงกว่าเดิม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข่าว TPBS

ช่วง ทันเทคTECH

16 สิงหาคม เวลา 19:44 น

เทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการแพทย์

มีการพัฒนาเครื่องเก็บรูปฝ่าเท้าด้วยการใช้แรงย้อนกลับป้อนรูปฝ่าเท้า จากนั้น 3D Scanner จะทำการเก็บข้อมูลแล้วส่งเข้าสู่กระบวนการ CAD-CAM สร้างโมเดลแผ่นรองเท้า โดยเครื่อง 3D Printer จะพิมพ์แผ่นรองเท้าโดยใช้วัสดุพลาสติกที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นคล้ายยางพาราที่เหมาะสมและเข้ากับเท้าของผู้ป่วยเบาหวานแต่ละคนออกมาเพื่อช่วยลดปัญหาการกดทับแผลที่เท้าของผู้ป่วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นามสกุล นายนวพร เหล่าวัฒนธรรม

วัน เดือน ปีเกิด 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2534 ที่กรุงเทพมหานคร

ที่อยู่ 308 ซอย ลาดพร้าว 122 ถนน ลาดพร้าว แขวงพลับพลา
เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10310

โทรศัพท์ 084-976-2666

อีเมลล์ navaporn1296@gmail.com

ประวัติการศึกษา 2555 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์ เอก
เครื่องมือวิทยาศาสตร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ความชำนาญเฉพาะด้าน ออกแบบ-สร้างเครื่องขึ้นรูปชิ้นงานอย่างรวดเร็ว
(Rapid prototype)

ประสบการณ์การทำงาน

พ.ศ. 2555 นักศึกษาฝึกงานฝ่ายวิจัยพัฒนาเครื่องมือและวารสาร
บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

พ.ศ. 2556 - ปัจจุบัน วิศวกร (Engineer) ฝ่ายออกแบบ-สร้างเครื่องขึ้นรูป
ชิ้นงานอย่างรวดเร็ว บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
และ ร้าน 3Dwinnerprototype

ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ

- 2014: Attend 37th Electrical Engineering Conference (EECON-37) in titled “Measurement system for foot deformity to create a custom insoles using 3D printer” , at Khon Kaen , Thailand.
- 2014: Attend 7th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON2014) in titled “Smart Digital Podoscope for Foot Deformity Assessment”, at fukuoka , Japan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้