อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้า
FORCE SENSOR FOR MEASURING PLANTAR PRESSURE

ชานน วงศ์เจริญยง
CHANON WONGCHAROENYONG
ภาสวัฒน์ จันทร์สมบูรณ์
PASSAWAT CHANSOMBOON

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2560

อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้า
FORCE SENSOR FOR MEASURING PLANTAR PRESSURE

นายชานน วงศ์เจริญยง รหัสนักศึกษา 57010315

นายภาสวัฒน์ จันทร์สมบูรณ์ รหัสนักศึกษา 57010984

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2560

ภาควิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้า

Force Sensor For Measuring Plantar Pressure

ผู้จัดทำ

นายชานน วงศ์เจริญยง รหัสนักศึกษา 57010315

นายภาสวัฒน์ จันทร์สมบูรณ์ รหัสนักศึกษา 57010984

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(รศ. ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้า	
นักศึกษา	นายชานน วงศ์เจริญยง	รหัสนักศึกษา 57010315
	นายภาสวัฒน์ จันทร์สมบูรณ์	รหัสนักศึกษา 57010984
สาขาวิชา	วิศวกรรมชีวการแพทย์	
ปีการศึกษา	2560	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับเท้า เพื่อคิดค้นและสร้างเครื่องวัดแรงกดของฝ่าเท้า เนื่องจากเท้าเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการรับน้ำหนักของร่างกาย และการลงน้ำหนักที่ไม่เหมาะสมของฝ่าเท้าจะก่อให้เกิดผลเสียกับร่างกาย เช่น โรครองช้ำ และ แผลกดทับบริเวณฝ่าเท้า ที่พบมากในปัจจุบัน โดยจะส่งผลเสียในระยะยาว ซึ่งการรักษาหรือบรรเทาอาการเบื้องต้น คือ การใช้รองเท้าที่เหมาะสมกับสภาพเท้าของผู้ป่วย รวมไปถึงการใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้า โดยในแต่ละบุคคลการลงน้ำหนักของฝ่าเท้าในแต่ละส่วนก็จะแตกต่างกันออกไป จึงคิดค้นวิธีการตรวจวัดการลงน้ำหนักในแต่ละส่วนของฝ่าเท้า เพื่อเป็นตัวช่วยในการวินิจฉัย และ ช่วยในกระบวนการผลิตอุปกรณ์เสริมในรองเท้าที่ปรับให้เท้ามีลักษณะที่เหมาะสม ทำให้สามารถควบคุมการกระจายน้ำหนักของฝ่าเท้าถูกต้อง เพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อเท้าและขาให้มีประสิทธิภาพ

Project title	Force Sensor For Measuring Plantar Pressure
Student	Chanon Wongcharoenyong Student ID 57010315
	Passawat Chansomboon Student ID 57010984
Program	Biomedical Engineering
Year	2017
Project Advisor	Assoc.Prof.Dr. Chuchart Pintavirooj

Abstract

This thesis aims to study about foot problems in order to create and produce force sensor for measuring plantar pressure due to foot is the most important organ which carries weight every part of the body. Nowadays, there are a number of research shown that plantar fasciitis and foot ulcers are another common foot disease and it could affect in long term. The basic treatment or way to cope with these problems is to use accessories in shoes, namely, insole and supporter, however, the pressure distribution on the foot in individual is different. Therefore, this has been invented about detecting weight in each part of plantar for diagnosing and supporting the production of the accessories in shoes which is suitable for individual. Hence, this can control the force that pressed by plantar correctly and the appropriate position of the foot and leg structure.

กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยความกรุณาเป็นอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาและเสียสละเวลาที่มีค่าในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับแนวคิดในการทำปริญญานิพนธ์ ตรวจแก้ไขความเรียบร้อย ตลอดจนคำแนะนำทางวิชาการที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ Professor Jérôme Maisonnasse จาก FABLAB Polytech Université Grenoble Alpes ประเทศฝรั่งเศส ที่ได้แนะนำ และสอนการประดิษฐ์เซ็นเซอร์วัดแรงกดอย่างชัดเจน รวมทั้งได้ให้กำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณนายสมเกียรติ มหาอุดมพร จากสถาบันราชประชาสมาสัย สำหรับคำแนะนำที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับแนวคิดที่ช่วยในการทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้ ทั้งความรู้เกี่ยวกับปัญหาของเท้าในสภาวะต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ต่าง ๆ อัน มิได้เอ่ยนาม ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้ทางด้านวิชาการแก่ผู้เขียน รวมทั้งได้แต่งตำราให้ผู้เขียนได้ใช้ค้นคว้า อ้างอิง จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ผู้เขียนขอขอบพระคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่ล้ำค่าตลอดมา ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ในห้องปฏิบัติการ รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ทุกท่าน ที่คอยเป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดาของผู้เขียนที่ท่านช่วยสนับสนุนในด้านการศึกษาแก่ผู้เขียนมาตั้งแต่วัยเยาว์ ให้ความรัก ความเข้าใจและเป็นกำลังใจสำคัญซึ่งทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ โดยหากปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาอยู่บ้าง ผู้เขียนขอยกความดีทั้งหมดแด่ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ รวมทั้งกราบเป็นกตเวทิตาแก่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้ความรู้ ความเมตตาแก่ผู้เขียน แต่หากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

ชานน วงศ์เจริญยง

ภาสวัฒน์ จันทร์สมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญภาพ	vii
สารบัญตาราง	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 Plantar of foot	4
2.1.1 Muscles in the plantar of the foot	4
2.1.2 Nerves of the plantar of foot	8
2.1.3 Arteries of the plantar of foot	9
2.1.4 Arches of the foot	11
2.1.4.1 longitudinal arch	12
2.4.1.2 transverse arch	13
2.1.5 Joints of the lower limb	15
2.1.5.1 Blood supply of the hip joint	15
2.1.5.2 พยาธิสภาพของ hip joint	16
2.1.6 Knee joint	17
2.1.6.1 Knee joint injury	19
2.1.7 Ankle joint	21
2.1.7.1 Ligaments of ankle joint	22
2.1.7.2 Joints of the foot	25
2.2 เท้าแบน (Flat Feet)	27

2.2.1 ลักษณะของภาวะเท้าแบน 27
2.2.2 อาการของเท้าแบน 29
2.2.3 สาเหตุของเท้าแบน 29
2.2.4 การวินิจฉัยภาวะเท้าแบน 30
2.2.5 การรักษาภาวะเท้าแบน 31
2.2.5.1 วิธีบำบัดทางกายภาพ 32
2.2.5.2 การรักษาด้วยยา 33
2.2.5.3 การผ่าตัด 33
2.2.6 ภาวะแทรกซ้อนของเท้าแบน 33
2.2.7 การป้องกันภาวะเท้าแบน 33
2.3 ภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง 34
2.3.1 สาเหตุการเกิดภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง 35
2.3.2 อาการของภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง 35
2.3.3 ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น 36
2.3.4 แนวทางการรักษา 36
2.3.4.1 การรักษาโดยวิธีไม่ผ่าตัด 36
2.3.4.2 การรักษาโดยวิธีผ่าตัด 37
2.4 แผลกดทับ 38
2.4.1 อาการของแผลกดทับ 38
2.4.2 กลไกการเกิดแผลกดทับ 39
2.4.3 ภาวะแทรกซ้อนจากแผลกดทับ 40
2.5 โรคเบาหวานกับเท้า 42
2.5.1 ปัจจัยเสี่ยงที่สัมพันธ์กับการเกิดแผลที่เท้าในผู้ป่วยเบาหวาน 42
2.5.2 ข้อควรปฏิบัติเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงการเกิดแผลที่เท้า 43
2.5.3 ปัจจัยเสี่ยงของการถูกตัดขาในผู้ป่วยเบาหวาน 43
2.5.4 การรักษาผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงของการถูกตัดขา 44
2.5.5 รองเท้าและกายอุปกรณ์เสริมที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน 44
2.6 Conductive Paper 46
2.7 Logik Paper 46
2.8 Copper tape 47
2.9 Force Sensing Resistor (FSR) 48
2.10 Arduino 50
2.10.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino 50
2.10.2 Arduino Mega 2560 R3 51

2.10.3 Arduino MEGA Sensor Shield 52
2.11 MATLAB 53
2.11.1 Graphical User Interface (GUI) 54
2.11.1.1 การสร้าง GUI ด้วย GUIDE 55
2.11.1.2 ส่วนประกอบของ GUI ใน MATLAB 55
2.11.1.3 ส่วนประกอบสำคัญของ Application M-file ที่สร้างโดย GUIDE 55
2.11.1.4 กระบวนการการออกแบบ GUI 56
2.11.1.5 ข้อเสนอแนะในการออกแบบ GUI 57
บทที่ 3 การดำเนินงาน 59
3.1 ส่วนของการประดิษฐ์เซ็นเซอร์ (force Sensor) 59
3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทำเซ็นเซอร์ 59
3.1.2 ขั้นตอนการทำเซ็นเซอร์ 59
3.1.3 การต่อเซ็นเซอร์เข้ากับ Arduino Mega 63
3.2 ส่วนของการเขียนโปรแกรมประมวลผลและแสดงผล 63
3.2.1 โปรแกรมที่ใช้ทดสอบการใช้งานของเซ็นเซอร์ 63
3.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์และแสดงผล 65
3.2.3 การสร้างหน้าต่าง Graphical User Interface 66
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 67
4.1 โครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้า 67
4.2 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม MATLAB 69
4.3 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ 71
บทที่ 5 บทสรุป 72
5.1 สรุป 72
5.2 ข้อเสนอแนะ 73
ภาคผนวก

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 Plantar aponeurosis	4
ภาพที่ 2.2 แสดงกล้ามเนื้อชั้นแรกของฝ่าเท้า	5
ภาพที่ 2.3 แสดงกล้ามเนื้อชั้นที่สองของฝ่าเท้า	6
ภาพที่ 2.4 แสดงกล้ามเนื้อชั้นที่สามของฝ่าเท้า	7
ภาพที่ 2.5 แสดงกล้ามเนื้อชั้นที่สี่ของฝ่าเท้า	7
ภาพที่ 2.6 แสดงพื้นผิวเชิงลึกของเท้า	8
ภาพที่ 2.7 แสดงเส้นประสาทและเส้นเลือดบริเวณฝ่าเท้า	9
ภาพที่ 2.8 แสดงเส้นเลือดแดงบริเวณหลังเท้า	10
ภาพที่ 2.9 แสดงเส้นเลือดแดงบริเวณฝ่าเท้า	10
ภาพที่ 2.10 แสดงโครงสร้างอุ้งเท้า	11
ภาพที่ 2.11 แสดงกระดูกบริเวณอุ้งเท้าด้านใน	12
ภาพที่ 2.12 แสดงกระดูกบริเวณอุ้งเท้าด้านนอก	12
ภาพที่ 2.13 แสดงกระดูกบริเวณอุ้งเท้าแนวขวาง	13
ภาพที่ 2.14 แสดงอาการของภาวะเท้าปุก (Equino-varus foot)	14
ภาพที่ 2.15 แสดงภาวะของโรครองช้ำ (Plantar fasciitis)	14
ภาพที่ 2.16 แสดงเอ็นบริเวณสะโพก	15
ภาพที่ 2.17 แสดงการทดสอบ Trendelenburg's sign	17
ภาพที่ 2.18 แสดงข้อต่อบริเวณเข่า	18
ภาพที่ 2.19 แสดงกลไกที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายต่อหมอนรองกระดูกเข่าส่วนกลาง	20
ภาพที่ 2.20 แสดงรูปแบบความผิดปกติของเข่า	21
ภาพที่ 2.21 แสดงข้อต่อบริเวณข้อเท้าข้างขวาส่วนกลาง	22
ภาพที่ 2.22 แสดงข้อต่อบริเวณข้อเท้าข้างขวาด้านข้าง	23
ภาพที่ 2.23 แสดงข้อต่อบริเวณข้อเท้าข้างขวาด้านหลัง	23
ภาพที่ 2.24 แสดงภาวะข้อเท้าแพลง	24
ภาพที่ 2.25 Pott's fracture	25
ภาพที่ 2.26 แสดงข้อต่อของเท้า	26
ภาพที่ 2.27 แสดงภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง (Hallux valgus)	26
ภาพที่ 2.28 แสดงลักษณะภาพที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องเอ็มอาร์ไอ	31

ภาพที่ 2.29 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์เสริมในรองเท้า 34
ภาพที่ 2.30 แสดงความแตกต่างโครงสร้างกระดูกของเท้าที่ปกติกับภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง 34
ภาพที่ 2.31 แสดงตัวอย่างกระดาษคอนดักทีฟ (Conductive Paper) 46
ภาพที่ 2.32 แสดงตัวอย่างเทปคอปเปอร์ 47
ภาพที่ 2.33 แสดงลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 48
ภาพที่ 2.34 แสดงการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด 49
ภาพที่ 2.35 แสดงตัวอย่าง Arduino MEGA 2560 R3 34
ภาพที่ 2.36 แสดงตัวอย่าง Arduino MEGA Sensor Shield 52
ภาพที่ 2.37 แสดงขั้นตอนการออกแบบ GUI 56
ภาพที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการตัดกระดาษคอนดักทีฟ 60
ภาพที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการตัดกระดาษโลจิค 60
ภาพที่ 3.3 แสดงการติดเทปคอปเปอร์เข้ากับกระดาษโลจิค 61
ภาพที่ 3.4 แสดงการบัดกรีสายไฟกับเทปคอปเปอร์ที่ติดบนกระดาษโลจิค 61
ภาพที่ 3.5 แสดงการนำกระดาษโลจิคมาประกบกระดาษคอนดักทีฟทั้งสองด้าน 62
ภาพที่ 3.6 แสดตัวอย่างแผ่นกดทับแรงกด 62
ภาพที่ 3.7 แสดงการต่อตัวต้านทานเข้ากับกราวด์ของ Arduino Mega 63
ภาพที่ 3.8 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ของการทดสอบ 65
ภาพที่ 3.9 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของโปรแกรมแมทแลป 65
ภาพที่ 3.10 แสดงการวางเครื่องมือต่าง ๆ บนหน้าต่าง GUI 66
ภาพที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ บนหน้าต่าง GUI 66
ภาพที่ 4.1 แสดงแผ่นตรวจวัดแรงกดสำหรับผู้ป่วยที่ใส่รองเท้าขนาดประมาณ 38-42 67
ภาพที่ 4.2 แสดงใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝาเท้าจากด้านหน้า 68
ภาพที่ 4.3 แสดงใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝาเท้าจากด้านหลัง 68
ภาพที่ 4.4 แสดงใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝาเท้าจากด้านข้าง 69
ภาพที่ 4.5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมก่อนการทดลองยืนบนแผ่นตรวจวัดแรงกด 69
ภาพที่ 4.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมหลังทดลองยืนบนแผ่นตรวจวัดแรงกด 70
ภาพที่ 4.7 แสดงหน้าต่างโปรแกรมหลังทดลองเดินโดยใส่แผ่นตรวจวัดแรงกด 70
ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงการทดสอบเซ็นเซอร์ที่ค่าน้ำหนักต่าง ๆ 71

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงานใน 1 ปีการศึกษา 3

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เท้าเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการรับน้ำหนักของร่างกาย ปัญหาหรือโรคที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการลงน้ำหนักของร่างกายที่ผิดปกติ ทำให้เกิดแรงกดบริเวณฝ่าเท้าในตำแหน่งต่างๆ ไม่เหมาะสม โรคที่พบมากบริเวณเท้าในปัจจุบัน คือ โรครองช้ำ และการเกิดแผลกดทับบริเวณฝ่าเท้าในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ความผิดปกติของโครงสร้างกระดูกบริเวณข้อเท้า ข้อเข่า หรือสะโพก ภาวะฝ่าเท้าแบนหรือโก่งโค้งจนเกินไป น้ำหนักที่เกินมาตรฐานของร่างกาย และการใช้รองเท้าที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น สำหรับผู้ที่เป็นโรครองช้ำในระยะแรก จะมีอาการปวดและเจ็บบริเวณส้นเท้า ภายหลังการออกกำลังกาย เดิน หรือยืนนานๆ แต่หากมีอาการหนักขึ้น ผู้ป่วยจะรู้สึกปวดส้นเท้าอยู่ตลอดเวลา อาการเจ็บปวดที่เรื้อรังนี้ จะส่งผลกระทบอย่างมากกับการทำกิจวัตรประจำวัน และการทำงาน และอาจมีหินปูนเกิดขึ้นบริเวณกระดูกส้นเท้าที่เอ็นฝ่าเท้ายึดเกาะอยู่ นอกจากนี้อาจทำให้เกิดอาการปวดข้อเท้า การตึงของกล้ามเนื้อน่องและเอ็นร้อยหวายอีกด้วย เนื่องจากจังหวะการเดินหรือลงน้ำหนักที่ผิดปกติไปจากอาการเจ็บส้นเท้า ส่วนการเกิดแผลกดทับบริเวณฝ่าเท้าในผู้ป่วยโรคเบาหวานแล้วเกิดการติดเชื้อ อาจทำให้แผลเกิดการลุกลามและผู้ป่วยต้องตัดขาทิ้ง ในที่สุด

หนึ่งในวิธีการช่วยรักษาหรือบรรเทาอาการเบื้องต้น คือการใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้าปรับให้มีการลงน้ำหนักที่ถูกต้อง เพื่อช่วยลดแรงกระแทกที่ฝ่าเท้า ในปัจจุบันมีการผลิตเป็นแผ่นเสริมในรองเท้าที่มีลักษณะเหมาะสมกับแต่ละบุคคล ซึ่งการคิดค้นเครื่องที่ใช้วัดแรงกดในตำแหน่งต่างๆ ของฝ่าเท้าที่สามารถประมวลผลและแสดงผลได้ทันทีทั้งในขณะที่ผู้ป่วยยืน เดิน หรือวิ่ง จะสามารถใช้เป็นตัวช่วยในการวินิจฉัย และยังสามารถนำไปใช้ช่วยในกระบวนการผลิตอุปกรณ์เสริมในรองเท้าเพื่อช่วยกระจายน้ำหนักที่ฝ่าเท้าให้เหมาะสม และ ลดอัตราการเกิดแผลกดทับบริเวณฝ่าเท้าได้อีกด้วย ทั้งนี้ยังสามารถใช้วัดแรงกดของฝ่าเท้าหลังจากมีการใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้า เพื่อเป็นการตรวจสอบผลลัพธ์ว่าขณะที่ผู้ป่วยสวมใส่อุปกรณ์เสริมในรองเท้านั้นสามารถควบคุมการรองรับการลงน้ำหนักที่ฝ่าเท้าเหมาะสมหรือไม่

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างเท้า การลงน้ำหนักบริเวณฝ่าเท้า และปัญหาจากการลงน้ำหนักบริเวณฝ่าเท้าที่ไม่เหมาะสม

1.2.2 ผลิตเครื่องตรวจวัดการลงน้ำหนักบริเวณเท้าในแต่ละส่วน ที่สามารถประมวลผลและแสดงผลได้ทันที โดยส่งข้อมูลแบบไร้สาย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาโครงสร้างของเท้า การลงน้ำหนักบริเวณฝ่าเท้าในแต่ละส่วนของคนที่มีโครงสร้างเท้าและการลงน้ำหนักที่ปกติ และ คนที่มีการลงน้ำหนักที่ผิดปกติ

1.3.2 ศึกษาเกี่ยววัสดุและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ผลิตเครื่องตรวจวัดแรงกดบริเวณฝ่าเท้า

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถใช้อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้าเป็นตัวช่วยในการวินิจฉัยโรคหรือปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับโครงสร้างเท้า

1.4.2 สามารถนำไปใช้ช่วยในกระบวนการผลิตอุปกรณ์เสริมในรองเท้าเพื่อช่วยกระจายน้ำหนักที่ฝ่าเท้าให้เหมาะสม

1.4.3 เพื่อใช้เป็นเครื่องต้นแบบที่สามารถนำไปพัฒนาต่อในอนาคตได้

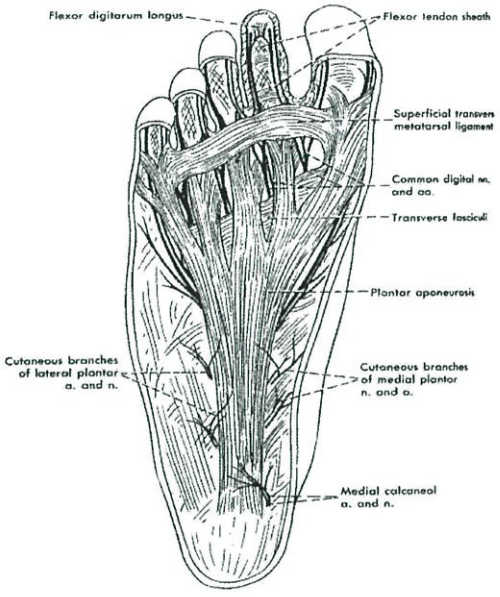
1.5 แผนการดำเนินการ

แผนการ	สัปดาห์	2560					2561			
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1. ศึกษาโครงสร้างเท้า	2									
2. สั่งซื้ออุปกรณ์ที่นำมาใช้ผลิตเซ็นเซอร์	2									
3. ศึกษาวิธีการทำงานของเซ็นเซอร์	2									
4. สร้างเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกด	4									
5. ทดสอบการทำงานเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกด	2									
6. สร้างแผ่นตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้า	3									
7. ทดสอบและพัฒนาการทำงานแผ่นตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้า	4									
8. เขียนโปรแกรมประมวลผลและแสดงผล	10									
9. เขียนรูปเล่มปริญญานิพนธ์	2									

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงแผนการดำเนินงานใน 1 ปีการศึกษา

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Plantar of foot



รูปที่ 2.1 Plantar aponeurosis

เท้าเป็นส่วน distal end of lower extremity ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการรองรับน้ำหนักตัว (support) และการเดินหรือวิ่ง (locomotion of the body)

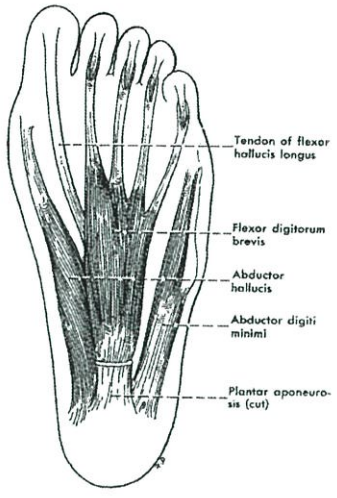
Deep fascia ของฝ่าเท้าต่อเนื่องมาจากส่วนขาเรียกว่า plantar fascia ซึ่งตรงกลางจะหนาตัวเป็นพิเศษ เรียกว่า plantar aponeurosis

Plantar aponeurosis มีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม มี apex ยึดจาก tuber calcanei ปลายหน้าแยกเป็น 5 slips แผ่ไปยึดกับขอบด้านข้างของ fibrous digital sheath ของแต่ละนิ้ว plantar aponeurosis จะยึดอยู่ตามยาวของฝ่าเท้า จึงทำหน้าที่เป็นตัว support longitudinal arch of foot

2.1.1 Muscles in the plantar of the foot

กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าแบ่งออกเป็น 4 ชั้น และหน้าที่ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการ support arch of foot มากกว่าจะเป็นการเคลื่อนไหว เส้นเลือดและเส้นประสาทในฝ่าเท้าก็จัดตัวเป็น 2 ชั้น

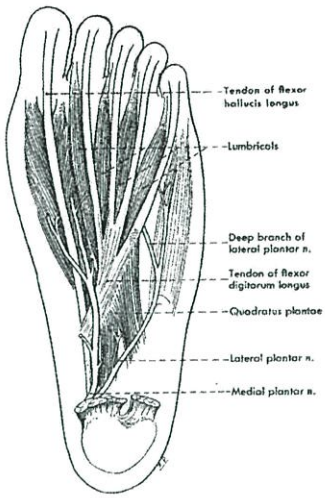
กลุ่มชั้นตื้นจะแทรกอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 กลุ่มชั้นลึกจะแทรกอยู่ระหว่างกล้ามเนื้อชั้นที่ 3 และ 4



รูปที่ 2.2 แสดงกล้ามเนื้อชั้นแรกของฝ่าเท้า

The first layer of plantar muscles ประกอบด้วยกล้ามเนื้อต่อไปนี้

- Abductor hallucis muscle อยู่ที่ขอบเท้าด้าน medial
- Flexor digitorum brevis muscle อยู่ตรงกลาง เกาะจากด้านล่างของกระดูก calcaneus แนบ ชิดอยู่ทางด้านลึกของ plantar aponeurosis ปลายหน้าแยกเป็น 4 tendons เกาะที่ middle phalanges of lateral 4 toes
- Abductor digiti minimi muscle อยู่ที่ขอบเท้าด้าน lateral



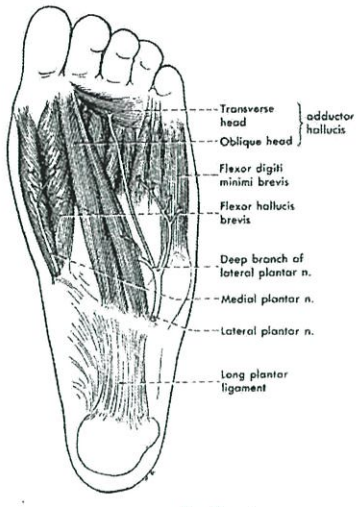
รูปที่ 2.3 แสดงกล้ามเนื้อชั้นที่สองของฝ่าเท้า

The second layers of plantar muscles ประกอบด้วยกล้ามเนื้อต่อไปนี้

- Quadratus plantae muscle รูปร่างสี่เหลี่ยม เกาะต้นจากด้านล่างของกระดูก calcaneus ไปเกาะปลายที่ lateral side of flexor dogitorum longus (FDL) tendon ทำหน้าที่ช่วย FDL flex toes
- Lumbrical muscles มี 4 มัด แต่ละมัดมีที่เกาะจาก tendon of flexor dogitorum longus ไปเกาะปลายที่ base of proximal phalange of lateral 4 toes

และในชั้นนี้ยังมี long flexor tendons ที่ผ่านเข้ามาในฝ่าเท้า คือ

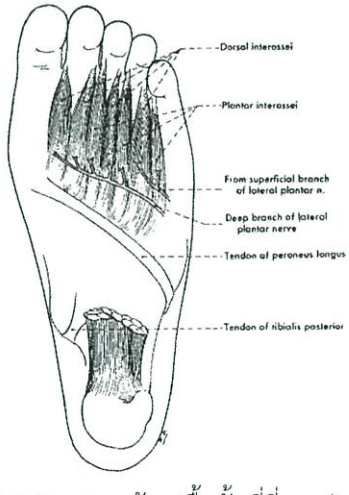
- Tendon of flexor hallucis longus
- Tendons of flexor digitorum longus



รูปที่ 2.4 แสดงกล้ามเนื้อชั้นที่สามของฝ่าเท้า

The third layers of plantar muscles ประกอบด้วยกล้ามเนื้อต่อไปนี้

- Flexor hallucis brevis muscle
- Adductor hallucis muscle ซึ่งมี 2 heads คือ oblique head และ transverse head
- Flexor digiti minimi brevis muscle

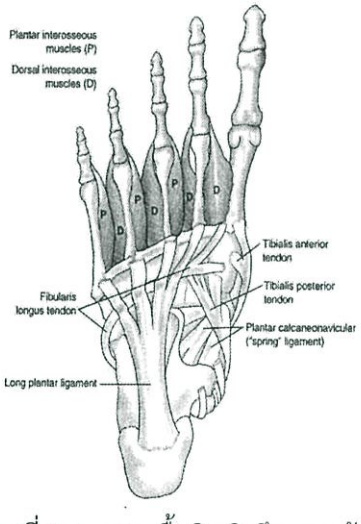


รูปที่ 2.5 แสดงกล้ามเนื้อชั้นที่สี่ของฝ่าเท้า

The fourth layers of plantar muscles ประกอบด้วยกล้ามเนื้อต่อไปนี้

- Plantar interossei muscles 3 มัด
- Dorsal interossei muscles 4 มัด

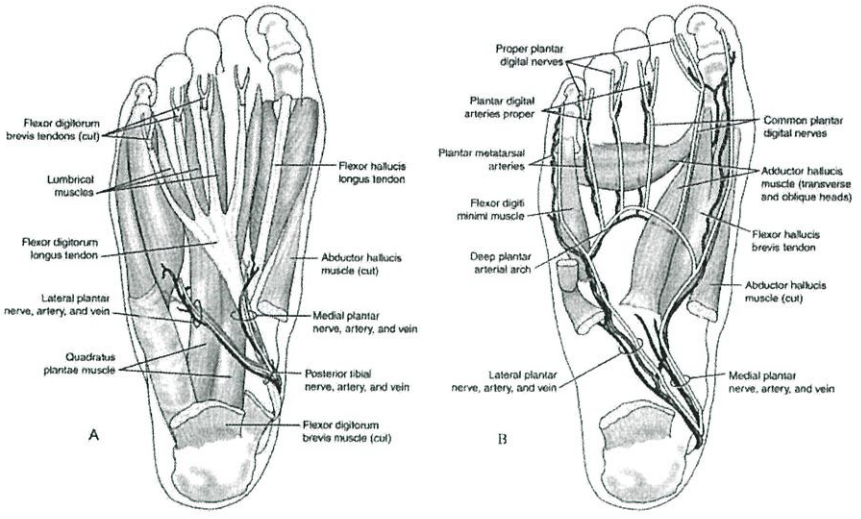
กล้ามเนื้อใน layer ที่ 3 และ 4 จะอยู่ในส่วนครึ่งหน้าของฝ่าเท้า ครึ่งหลังของฝ่าเท้าจะเป็น ligaments ที่ support arch of the foot ได้แก่ plantar calcaneonavicular ligament หรือ spring ligament, long plantar ligament และ short plantar ligament และมี tendons ของกล้ามเนื้อใน leg ผ่านเข้ามา 2 tendons คือ tibialis posterior และ peroneus longus tendons กล้ามเนื้อในฝ่าเท้าส่วนใหญ่จะได้รับ nerve supply จาก lateral plantar nerve มี เพียง 4 มัดที่ได้รับ nerve supple จาก medial planter nerve ได้แก่ abductor hallucis brevis, flexor digitorum brevis, flexor hallucis brevis และ medial one of lumbrical muscle



รูปที่ 2.6 แสดงพื้นผิวเชิงลึกของเท้า

2.1.2 Nerves of the plantar of foot

Medial planter nerve เป็นแขนงของ tibial nerve ทอดเข้าสู่ฝ่าเท้าโดยผ่านลึกต่อกล้ามเนื้อ abductor hallucis ทอดคู่กับ medial plantar artery ให้ motor branches เลี้ยงกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าได้แก่ abductor hallucis, flexor digitorum brevis, flexor hallucis brevis และ medial lumbrical 1 มัด และให้ sensory branches รับความรู้สึกจากผิวหนังบริเวณ 3 1/2 of medial toes



รูปที่ 2.7 แสดงเส้นประสาทและเส้นเลือดบริเวณฝ่าเท้า

A.= ระหว่างชั้นที่ 1 และ 2 B.= ระหว่างชั้นที่ 3 และ 4

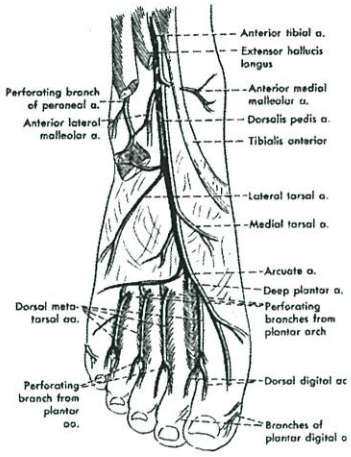
Lateral plantar nerve เป็นอีกแขนงของ tibial nerve แต่มีขนาดเล็กกว่า ทอดคู่ไปกับ lateral plantar artery ให้ cutaneous branches รับความรู้สึกจากผิวหนังของนิ้วเท้า 1 1/2 ที่อยู่ทางด้าน lateral และ ให้ motor branches เลี้ยงกล้ามเนื้อของฝ่าเท้าทั้งหมดที่นอกเหนือจากที่ถูกเลี้ยงโดย medial plantar nerve

2.1.3 Arteries of the plantar of foot

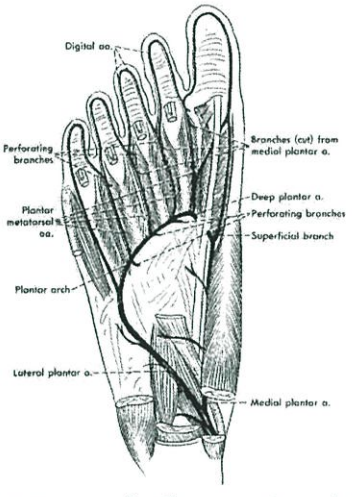
Arterial supplies ของกล้ามเนื้อในฝ่าเท้า ได้มาจาก medial และ lateral planter arteries ซึ่งเป็นแขนงปลายของ posterior tibial artery

Medial plantar artery ทอดคู่ขนานกับ medial plantar nerve เลี้ยงด้าน medial ของฝ่าเท้า

Lateral plantar artery ทอดคู่ขนาน lateral plantar nerve ทอดแทรกผ่านไประหว่างกล้ามเนื้อ flexor digitorum brevis และ quadratus plantae ที่ระดับ base of fifth metatarsal bone จะทอดเฉียงไปทางด้าน medial และผ่านไประหว่างกล้ามเนื้อฝ่าเท้าชั้นที่ 3 และที่ 4 สิ้นสุดที่ระดับ base of first metatarsal bone โดยไปเชื่อมต่อกับ deep plantar artery ซึ่งเป็นแขนงจาก dorsalis pedis artery และทะลุลงมาจากบริเวณง่ามนิ้วหัวแม่เท้าและนิ้วชี้เพื่อประกอบเป็น plantar arterial arch



รูปที่ 2.8 แสดงเส้นเลือดแดงบริเวณหลังเท้า



รูปที่ 2.9 แสดงเส้นเลือดแดงบริเวณฝ่าเท้า

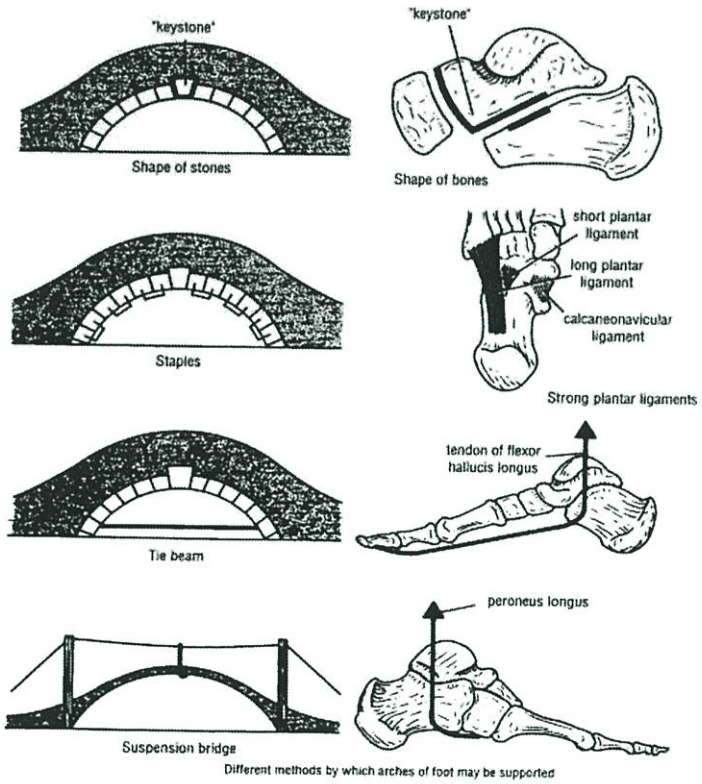
เลือดดำส่วนใหญ่จากเท้าจะผ่านขึ้นไปทาง deep vein ตั้งต้นจาก plantar digital veins ที่มีการ form เป็น planter venous arch ที่ทอดคู่กับ arterial arch ติดต่อขึ้นมาเป็น anterior และ posterior tibial veins

2.1.4 Arches of the foot

กระดูกของเท้าจะจัดเรียงตัวกันโดยมีความโค้งเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สำหรับเป็นตัวรับแรงกระแทก (shock absorbers) และในขณะเดียวจะเป็นตัวช่วยผลักดันให้ก้าวไปข้างหน้า

โครงสร้างของ arch of foot จะคล้ายกับสะพานโค้งในสมัยโบราณที่จะต้องประกอบด้วยโครงสร้างหลัก 4 อย่าง คือ

- Shape of stones ซึ่งจะมีรูปร่างคล้ายลิ่มเรียงแถวกันโดยด้านแคบของลิ่มอยู่ด้านล่าง กระดูกชิ้นที่จัดอยู่จุดสูงสุดของส่วนโค้งเป็นชิ้นที่สำคัญที่สุด ทำหน้าที่คล้ายสลักยึดให้ส่วนโค้งคงอยู่ได้ เรียกชิ้นนี้ว่า “Keystone”
- Inferior binder เป็นตัวล็อคทางด้านล่างของกระดูกชิ้นที่อยู่ติดกันเพื่อกันกระดูกแยกออก หากมีน้ำหนักกดผ่านส่วนโค้งลงมา อาจเรียกว่า staples
- Tie beams เป็นตัวขึงยึดฐานของส่วนโค้ง
- Suspension เป็นตัวดึงส่วนโค้งในแนวดิ่ง คล้ายกับสายเคเบิ้ลของสะพานแขวน

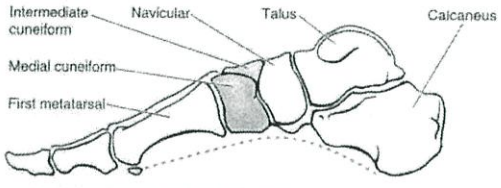


รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของอุ้งเท้า

2.1.4.1 longitudinal arch

- medial longitudinal arch

เป็นส่วนโค้งตามแนวยาวด้าน medial ของเท้า ประกอบด้วยกระดูก calcaneus, talus, navicular, cuneiforms ทั้ง 3 ชิ้น, medial metatarsal bones 3 ชิ้น มี head of talus เป็น keystone ที่ด้านล่างมี spring (plantar calcaneonavicular) ligament รองรับเป็น inferior binder มี plantar aponeurosis ทำหน้าที่เป็น tie beams มี tibialis anterior และ tibialis posterior tendons ทำหน้าที่เป็น suspension

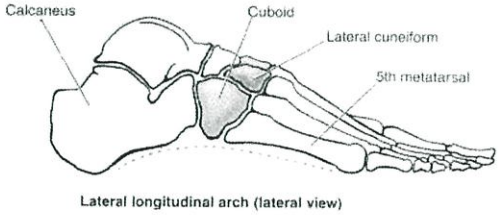


Medial longitudinal arch (medial view)

รูปที่ 2.11 แสดงกระดูกบริเวณอุ้งเท้าด้านใน

- lateral longitudinal arch

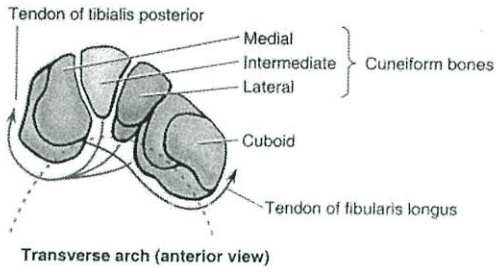
เป็นส่วนโค้งตามแนวยาวด้าน lateral ของเท้า ประกอบด้วยกระดูก calcaneus, cuboid และ lateral 2 metatarsal bones มี cuboid เป็น keystone ด้านล่างมี short plantar & long plantar ligaments เป็น inferior binder มี plantar aponeurosis ทำหน้าที่เป็น tie beams มี peroneus longus and brevis tendons ทำหน้าที่เป็น suspension



Lateral longitudinal arch (lateral view)

รูปที่ 2.12 แสดงกระดูกบริเวณอุ้งเท้าด้านนอก

2.4.1.2 transverse arch



รูปที่ 2.13 แสดงกระดูกบริเวณอุ้งเท้าแนวขวาง

เป็นส่วนโค้งของเท้าตามแนวขวาง โดยด้าน medial จะสูงกว่าด้าน lateral ประกอบขึ้นจากกระดูก cuboid, cuneiforms 3 ชิ้น, และ base of metatarsal bones มี plantar metatarsal ligament และ tarsometatarsal ligament เป็น inferior binder และมี peroneus longus tendon เป็น tie beams

Arch of foot แต่ละ arch จะมีกล้ามเนื้อในฝ่าเท้าและ ligaments คอยช่วย support arch นอกจากนี้ก็จะมี long tendon ของกล้ามเนื้อใน leg ที่ผ่านเข้ามาใน foot ช่วยพยุง arch ขึ้น

เท้าที่มี longitudinal arches ต่ำกว่าปกติมากหรือไม่มีเลย อาจเรียกว่า flat feet หรือ planus foot ที่พบใน adolescents และ adults มักเกิดจาก medial part of longitudinal arches ต่ำกว่าปกติ ซึ่งอาจเกิดจากขณะยืน plantar ligaments และ plantar aponeurosis ถูก stretched โดยแรงกดของ น้ำหนักตัว และถ้าถูก stretched มากและนานเกินควร plantar calcaneo-navicular (spring) ligament ซึ่งทำหน้าที่ support head of talus จะทนไม่ไหว จึงทำให้ medial part of longitudinal arch of foot ลดต่ำลง พร้อมกับปลายเท้าบิดเฉออกไปทาง lateral

"Equino-varus foot" เป็นเท้าที่มีรูปร่าง ผิดปกติร่วมกัน ระหว่าง equinus และ varus อาจเรียกว่า club foot

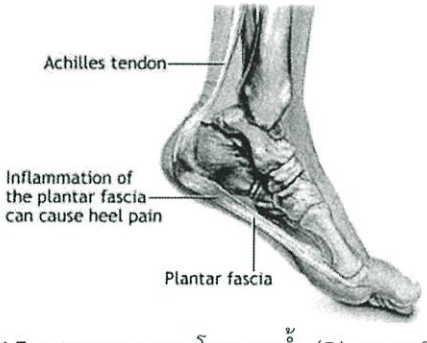
Equinus คือการผิดรูปของเท้าที่ทำให้เวลาเดิน ส้นเท้าลอยจากพื้น น้ำหนักลงที่ส่วนปลายเท้า ตลอดเวลา

Varus คือ การผิดรูปของเท้าที่เวลาเดิน ฝ่าเท้าบิดเข้าใน น้ำหนักลงบนขอบด้านนอกของเท้า หรือ ด้านนอกของหลังเท้า ความผิดปกติของเท้าโดยมากเกิดจากการเสียสมดุลของกล้ามเนื้อที่มา

เคลื่อนไหวเท้า อาจเนื่องจากโรคทางระบบประสาทหรือกล้ามเนื้อ เช่น poliomyelitis, cerebral palsy และ muscular dystrophy

Plantar fasciitis คือการอักเสบของ plantar aponeurosis ตรงบริเวณจุดเกาะกับ calcaneus tubercle โดยการบาดเจ็บนี้เป็นการ บาดเจ็บเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่สะสมมานาน มักพบร่วมผู้ที่มีเอ็นร้อยหวายตึง และ/หรือ พบในคนที่มีปัญหา flat feet หรือ fallen arch of foot จะมีอาการปวด และมีจุดกดเจ็บใต้ส้นเท้าโดยเฉพาะด้าน medial อาการปวดจะเป็นมากในช่วงเช้าโดยเฉพาะก้าวแรก ที่ลงจากเตียง หรือเมื่อเริ่มยืนลงน้ำหนักหลังจาก นั่งเป็นระยะเวลานาน และเมื่อเดินไประยะหนึ่งอาการจะดีขึ้น

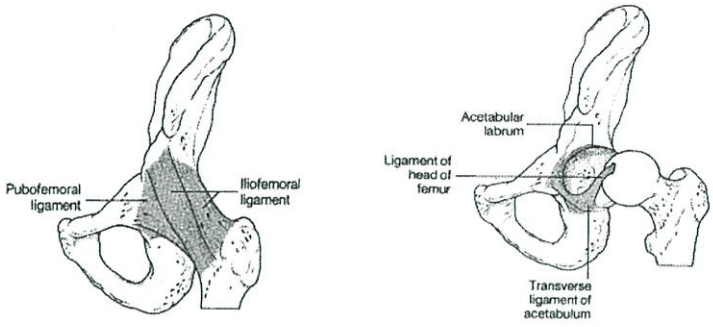
รูปที่ 2.14 แสดงอาการของภาวะปุก (Equino-varus foot)



รูปที่ 2.15 แสดงภาวะของโรครองช้ำ (Plantar fasciitis)

2.1.5 Joints of the lower limb

Hip joint เป็น synovial joint ชนิด ball and socket. Articulate ระหว่าง acetabulum และ head of femur โดยมี acetabular labrum (acetabular lip) เสริม socket ให้ลึก



รูปที่ 2.16 แสดงเอ็นบริเวณสะโพก

Hip joint มี ligaments ที่แนบติดทางด้านนอกของ joint capsule เรียกรวม ๆ กันว่า capsular ligament ทำหน้าที่ limit hip extension ซึ่งจะทำให้มุมในการเหยียดของ hip joint ทำได้เพียง 10-20 เท่านั้น capsular ligaments แบ่งออกได้ 3 ส่วน คือ iliofemoral ligament อยู่ด้านหน้า, pubofemoral ligament อยู่ด้านใน และ ischiofemoral ligament อยู่ด้านหลัง
นอกจากนี้ hip joint ยังมี ligaments อื่น ๆ อีก แต่มีความสำคัญรองลงมา ได้แก่

- ligament of the head of femur (ligamentum teres) ยึดระหว่างขอบของ acetabulum กับ fovea of head of femur. Ligament นี้มีความสำคัญในเด็กเล็กที่ยังเดินไม่ได้ เพราะเป็นตัวยึด head of femur ไว้กับ acetabulum
- transverse ligament of the acetabulum ขึงข้ามขอบของ acetabular notch

2.1.5.1 Blood supply of the hip joint

main blood supply of the hip joint ได้รับมาจากแขนงของ circumflex femoral arteries ซึ่งเป็นส่วนที่มักจะได้รับอันตรายถ้ามีกระดูกหักบริเวณ neck of femur และมักจะทำให้มี avascular nacrosis of the femoral head ตามมา

นอกจากนี้ hip joint ยังได้รับ blood supply จากแขนงของ obturator artery ที่ผ่านเข้ามาทาง ligament of the head of femur ซึ่งเป็นทางสำคัญที่นำเลือดมาเลี้ยง hip joint ในเด็กเล็ก แต่หลอดเลือดนี้มักจะตีบตันหลังอายุ 8 ปีขึ้นไป

2.1.5.2 พยาธิสภาพของ hip joint

- Fractures of the femoral neck

พบได้บ่อยในคนสูงอายุ (มากกว่า 60 ปี) โดยเฉพาะในผู้หญิง ทั้งนี้เพราะกระดูกมักจะบางและพรุนอันเนื่องมาจากสาเหตุของโรค osteoporosis เมื่อหกล้มหรือมีแรง มากระแทกจึงหักได้ง่าย และมักจะทำให้หลอดเลือดที่มาเลี้ยง head of femur ฉีกขาด ผู้ป่วยจะมีขาข้างที่หักอยู่ในท่า external rotate และ lateral malleolus แตะพื้น ไม่สามารถทำ medial rotate thigh ได้ส่วน fractures of shaft and distal of femur พบในทุกช่วงอายุ สาเหตุมักเกิดจากอุบัติเหตุที่มา กระทบโดยตรง เช่น รถชน ถ้า fracture ในส่วน distal part of femur

ส่วน lower fragment อาจถูกดึงไป ด้านหลังตามแรงดึงของกล้ามเนื้อ gastrocnemius และไปทำอันตรายต่อ nerve และ vessels ที่ผ่านใน ส่วน popliteal fossa

- Dislocation of the hip joint

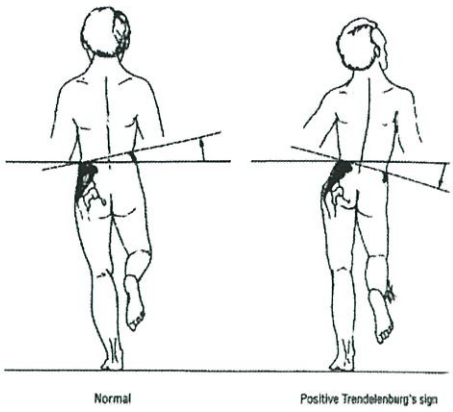
Congenital dislocation พบได้ค่อนข้างบ่อย (1.5 ต่อ 1000 คนของเด็กทารก) และพบมากในเพศหญิง ขาข้างที่มี hip dislocate จะดูสั้นกว่าข้างปกติ และไม่สามารถทำ abduction ได้

Acquired dislocation พบได้ไม่บ่อยนัก มักจะมีสาเหตุจากอุบัติเหตุรถยนต์

- Arthritis of the hip joint

คือการเสื่อมของข้อสะโพก มีอาการเจ็บ บวม เคลื่อนไหวได้ไม่เต็มที่ และมีการกร่อนและหลุดลอกของ articular cartilage ถ้าเป็นมาก แพทย์จะทำการผ่าตัดเปลี่ยนข้อสะโพกเทียม (hip replacement)

Glureal gait พบในผู้ป่วยที่มี paralysis of gluteus medius and/or gluteus minimus หรือ congenital dislocation of hip joint หรือ nonunion of a fracture of femoral neck or hip bone เวลาเดินจะเหวี่ยงขาข้างดี ออกไปด้านข้างหรือเดินยกขาสูง เพราะสะโพกข้างนั้นจะเอียงลาดลง ทำให้ดูเหมือนว่าขาข้างปกตินั้นยาวกว่าข้างที่มีพยาธิสภาพเล็กน้อย เมื่อให้ผู้ป่วยพยายามยืนบนขาข้างที่เสีย (affected limb) ผู้ป่วยจะไม่สามารถ support ให้เชิงกรานอยู่ในท่าปกติ โดยมันจะเอียงลงไป ทางด้านตรงข้าม เรียกอาการแสดงนี้ว่า “Trendelenburg’s sign”



รูปที่ 2.17 แสดงการทดสอบ Trendelenburg's sign

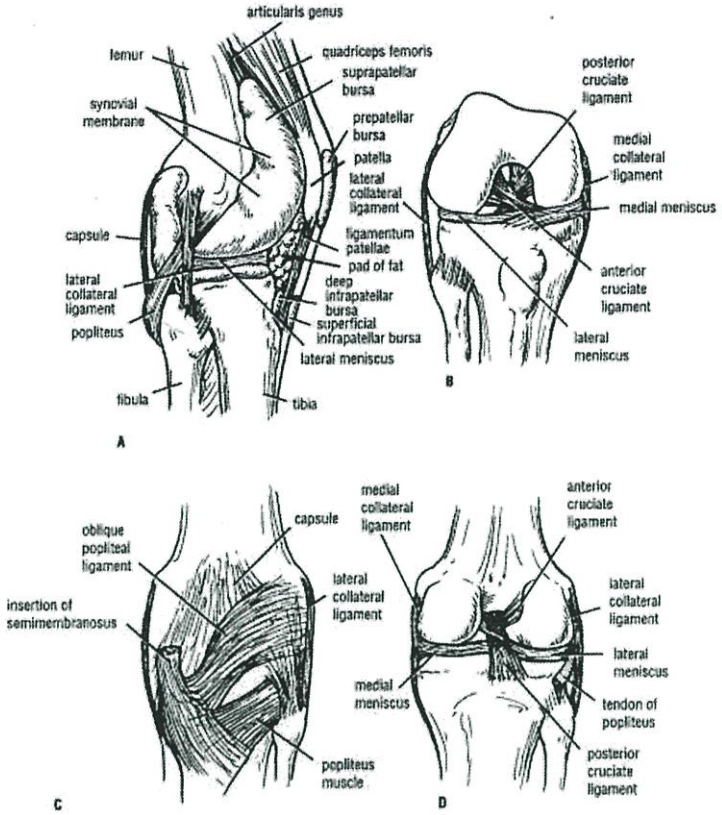
Trochanteric bursitis คือการอักเสบของ trochanteric bursa จะมีอาการกดเจ็บลึกๆ (tenderness) ในบริเวณ gluteal และ lateral thigh regions ที่คลุมอยู่ทางด้านนอกของ trochanteric bursa

Ischial bursitis มักจะเกิดจากการกดหรือเสียดสีซ้ำกันบ่อย ๆ ของ ischial tuberosity กับพื้นแข็ง และท าให้ ischial bursa อักเสบ อาจเรียก friction bursitis นี้ว่า "Weaver's syndrome"

2.1.6 Knee joint

เป็น synovial joint ชนิด modified hinge type and gliding type มี 3 articulations คือ

- ระหว่าง patella กับ patellar surface of femur
- ระหว่าง medial condyles of tibia and femur
- ระหว่าง lateral condyles of tibia and femur



รูปที่ 2.18 แสดงข้อต่อบริเวณเข่า

(A) แสดงข้อต่อบริเวณเข่าจากด้านข้าง (B) แสดงข้อต่อบริเวณเข่าจากด้านหน้า

(C,D) แสดงข้อต่อบริเวณเข่าจากด้านหลัง

Knee joint มี ligament เสริมความแข็งแรงทางด้านนอกของ fibrous capsule เรียกว่า extraarticular ligament ได้แก่ medial collateral ligament (MCL) สำหรับป้องกันแรงที่มากระทำ ทางด้าน lateral , lateral collateral ligament (LCL) สำหรับป้องกันแรงที่มากระทำทางด้าน medial และมี ligaments เสริมความแข็งแรงทางด้านในของข้อเข่า เรียกว่า intra-articular ligament ได้แก่ anterior cruciate ligament (ACL) และ posterior cruciate ligament (PCL) ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงของข้อเข่าในแนวหน้า-หลัง ป้องกันเข่าแอ่น (hyperextension) และพยุงเข่าไม่ให้ทรุดลงไป ในขณะที่เข่ารับน้ำหนักในท่างอ เช่นขณะลงบันได

ในการเหยียดเข่าช่วงสุดท้าย จะเกิดการ lock knee โดยมี medial rotate of the femur on tibia (หรือ lateral rotate of the tibia on femur) เรียกกลไกนี้ว่า screw-home mechanism ซึ่งในท่าดังกล่าว จะท าให้ขาเหยียดตรง ligaments สองข้างของเข่าตึงเต็มที่ ส่วนขาสามารถรับน้ำหนักของร่างกายได้ หากจะงอเข่าจะต้องทำการ unlock knee ก่อน โดยอาศัยการทำงานของ

popliteus tendon ดึงให้เกิด lateral rotate of the femur on tibia (หรือ medial rotate of the tibia on femur)

บริเวณรอบ ๆ ข้อเข่าจะมี bursa อยู่หลายแห่ง บางแห่งมีทางติดต่อกับ knee joint cavity เช่น suprapatellar bursa, popliteal bursa, semimembranosus bursa บางแห่งก็ไม่มีทางติดต่อกับ knee joint cavity เช่น prepatellar bursa, superficial infrapatellar bursa เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมี articular disc อยู่ใน joint cavity มีโครงสร้างเป็น fibrocartilage เรียกว่า lateral meniscus มีรูปร่างเป็นรูปตัว O และ medial meniscus มีรูปร่างคล้ายตัว C ทำหน้าที่เป็น shock absorber ช่วยรับและกระจาย น้ำหนักของข้อเข่า

ขณะข้อเข่าอักเสบ จำนวน synovial fluid อาจเพิ่มมากขึ้น จนจำเป็นต้องดูดเอาออก (aspirate) เพื่อลดความดันภายในข้อ หรือเพื่อเอา fluid ไปตรวจ

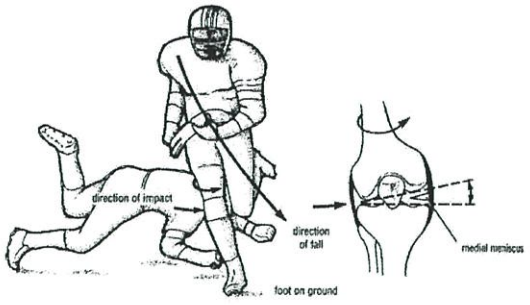
Suprapatellar bursitis อาจเกิดจากบริเวณเหนือ patella ถูกแทงหรือตำ และเนื่องจากมันติดต่อกับ synovial cavity of knee joint ดังนั้น เชื้ออาจลุกลามเข้าไปใน synovial cavity of knee joint ได้

Popliteal cyst (Baker's cyst) เป็นอาการที่ synovial fluid จาก knee joint ไหลเข้ามาอยู่ใน gastrocnemius และ/หรือ semimembranosus bursa ซึ่งเป็น bursa ที่ติดต่อกับ synovial capsule ของ knee joint บางรายมีขนาดใหญ่มากและ extend ลงมาถึงกึ่งกลางน่อง ทำให้งอเข่าลำบาก

2.1.6.1 Knee joint injury

พบได้บ่อยมากเนื่องจากเป็นข้อต่อที่ต้องรับน้ำหนักของร่างกาย structures ที่จะได้รับบาดเจ็บ ขึ้นกับทิศทางของแรงที่มากระแทก เช่น

การบาดเจ็บของ medial collateral ligament จะเกิดขึ้นถ้ามีแรงมากระแทกทางด้าน lateral ของข้อเข่าในขณะที่เข่ารับน้ำหนักอยู่ ถ้าไม่รุนแรงนักอาจจะเพียงแค่เคล็ด (sprained of MCL) แต่ถ้าแรงมาก อาจถึงกับทำให้ MCL ขาด (a torn MCL)



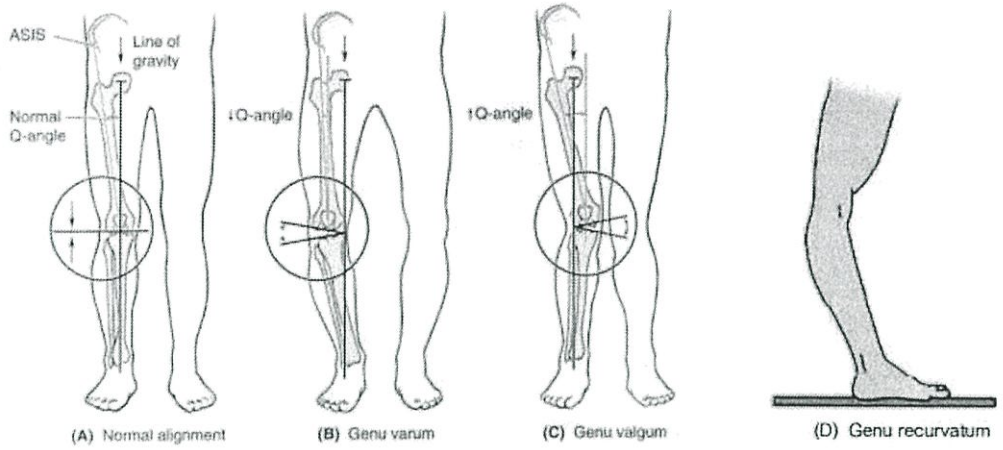
รูปที่ 2.19 แสดงกลไกที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายต่อหมอนรองกระดูกเข่าส่วนกลาง

การบาดเจ็บของ medial meniscus เกิดจากแรง twisting strain ในขณะที่เข่ารับน้ำหนักอยู่ในท่างอเล็กน้อย จะมีอาการกดเจ็บทางด้าน medial ของ patellar ligament อาจพบร่วมกับ MCL ขาด หรือเกิดจาก MCL มาดึงให้ขาด ซึ่งจะท าให้เศษชิ้นส่วนที่ขาดเข้าไปขัดอยู่ใน articular surfaces ของข้อ เข่า ทำให้เข่าเหยียดได้ไม่สุด (ส่วน lateral meniscus มีโอกาสบาดเจ็บได้น้อยกว่า)

Anterior cruciate ligament อาจฉีกขาดร่วมกับ tibial collateral ligament และ medial meniscus เมื่อเท้าของขาข้างนั้นกำลังถูก fixed และข้อเข่าถูกกระแทกอย่างแรงจากด้านข้างพร้อมกับ หมุนส่วน thigh medially ถ้าต้องการทดสอบว่า ACL ปกติดีอยู่หรือไม่ ให้ผู้ถูกทดสอบนอนชันเข่า ให้เข่างอ 90 องศา ผู้ทำการทดสอบดึง leg ให้เคลื่อนไปด้าน anterior เรียกว่าการทำ anterior drawer test ถ้า ACL ขาด กระดูก tibia จะเคลื่อนไปข้างหน้าเกินจากแนวปกติ

Posterior cruciate ligament มักฉีกขาดเมื่อส่วนบนของ tibia ถูกตีจากด้านหน้าขณะที่ข้อเข่ากำลังงอ จึงมักเกิดกับผู้โดยสารแถวหน้าของรถ tibia ถูกกระแทกกับ dash board เวลารถถูกชน จนทำให้เกิด hyperflexed อย่างรุนแรง หากต้องการทดสอบว่า PCL ขาดหรือไม่ จะทำการทดสอบ คล้ายกับ ACL แต่ต่างกันที่ต้องออกแรงผลัก leg ไปด้านหลัง ถ้า PCL ขาด กระดูก tibia จะเลื่อนไป ด้านหลังได้มากกว่าปกติ การทดสอบนี้เรียกว่า “posterior drawer test”

Knee replacement ผู้ป่วยที่มีโครงสร้างของข้อเข่าเสียไปมาก ๆ เช่นผิวของ articular surface เสียไปเนื่องจากภาวะข้อเข่าเสื่อม (osteoarthritis) ทำให้แนวแรงที่ผ่านข้อเข่าเปลี่ยนไป ผู้ป่วยมีอาการ เจ็บปวดมากใช้งานไม่สะดวก แพทย์อาจจะทำการแก้ไขให้โดยการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม (total knee replacement)



รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบความผิดปกติของเข่า

- Genu valga (Knock-knees) คือ การที่ขาส่วนต่ำกว่าเข่าลงไป เบนเฉออกจากแนวของต้นขา ไปทางด้านนอกมากกว่าปกติ
- Genu vara (Bow-legs) คือ การที่ขาส่วนต่ำกว่าเข่าลงไป เบนเฉจากแนวของต้นขาไป ทางด้านใน
- Genu recurvatum คือ การที่ข้อเข่ามี hyperextension ได้มากกว่าปกติ

2.1.7 Ankle joint

อาจเรียกว่า talocrural joint จัดเป็น synovial joint ชนิด hinge articulate ระหว่าง ankle mortise และ trochlea of talus มี articular capsule ยึดที่ขอบของ articular surface ทั้งสอง และ ด้านหน้า-ด้านหลังจะหย่อนกว่าด้านข้าง

ankle mortise ประกอบขึ้นจาก two malleoli และ inferior end of tibia ซึ่งท าหน้าที่เป็น roof of mortise ความกว้างของ roof of mortise ทางด้านหน้าจะกว้างมากกว่าด้านหลัง และจะโค้งเว้าในแนวหน้า-หลัง

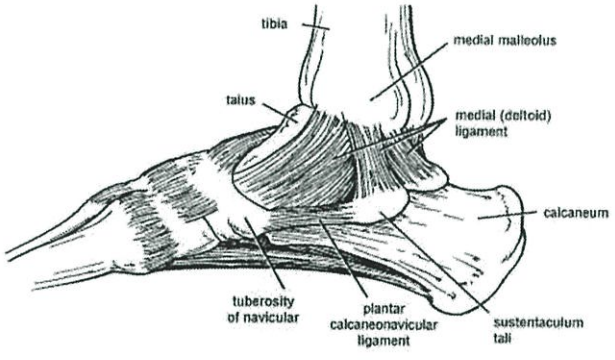
trochlea of talus เป็นส่วนด้าน superior surface ของ body of talus ด้านหน้าจะกว้างกว่า ด้านหลัง และโค้งนูนในแนวหน้า-หลัง

Ankle joint เป็นข้อต่อชนิด uniaxial joint จึงมี main movements คือการทำ dorsiflexion และ plantar flexion โดยมุมการเคลื่อนไหวของ plantar flexion จะมากกว่า dorsiflexion แต่ถ้าอยู่ในท่า plantar flexion จะทำ abduction, adduction และ rotation ได้

เล็กน้อย เนื่องจากส่วนแคบของ trochlea of talus จะเข้าไปสัมพันธ์อยู่กับส่วนกว้างของ ankle mortise จึงมี joint space เหลือเล็กน้อยทำให้ สามารถเคลื่อนไหวได้มากกว่าปกติ

2.1.7.1 Ligaments of ankle joint

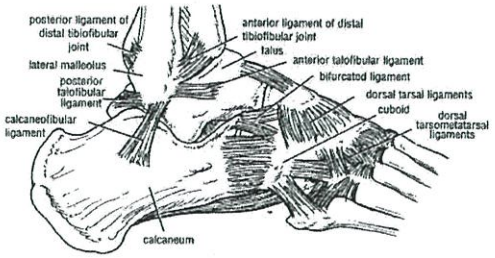
- medial collateral ligament (deltoid ligament) มีรูปร่างเป็นรูปสามเหลี่ยม มี apex ยึดอยู่ที่ margins and tip of the medial malleolus มี base ยึดอยู่ที่กระดูก talus, navicula และ calcaneus ทำหน้าที่เสริมความแข็งแรงทางด้าน medial side of ankle joint และช่วย maintain medial longitudinal arch of foot



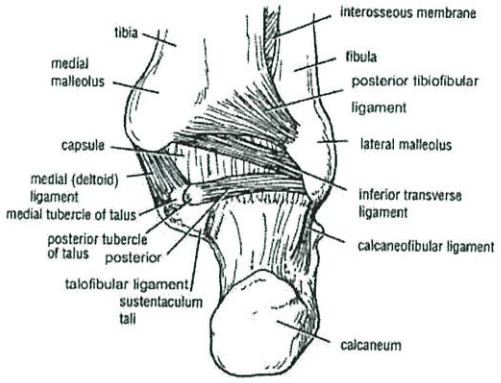
รูปที่ 2.21 แสดงข้อต่อบริเวณข้อเท้าข้างขวาส่วนกลาง

- lateral collateral ligament เป็น ligament ที่แข็งแรงน้อยกว่า แบ่งเป็น 3 ส่วน ที่แยกกันชัดเจน คือ

  - anterior talofibular ligament มีรูปร่างเป็นแผ่นแบน แข็งแรง ยึดระหว่าง lateral malleolus และ neck of talus
  - posterior talofibular ligament เป็นแถบหนา แข็งแรงปานกลาง ยึดระหว่าง lateral malleolus กับ lateral tubercle of the posterior process of the talus
  - calcaneofibular ligament มีลักษณะเป็นแท่งกลม ยึดจาก tip of lateral malleolus กับ lateral surface of calcaneus ถูกทอดข้ามทางด้านนอกโดย tendons of peroneus longus and brevis



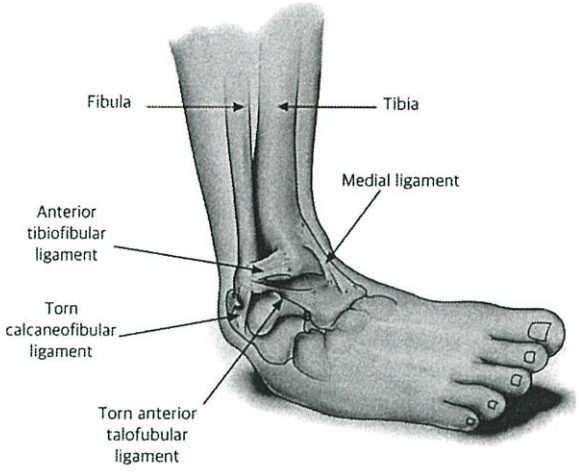
รูปที่ 2.22 แสดงข้อต่อบริเวณข้อเท้าข้างขวาด้านข้าง



รูปที่ 2.23 แสดงข้อต่อบริเวณข้อเท้าข้างขวาด้านหลัง

Ankle joint จะมั่นคงมากที่สุดขณะอยู่ในท่า dorsiflexion ทั้งนี้เพราะเป็นท่าที่ได้รับการ support โดย ligaments, tendons ที่พาดผ่าน และความกระชับระหว่าง malleoli กับ trochlea of talus แต่ ankle joint ก็มักจะเกิดการบาดเจ็บได้ง่ายเช่นกัน โดยเฉพาะที่ lateral ligament เพราะมันแข็งแรงน้อยกว่า

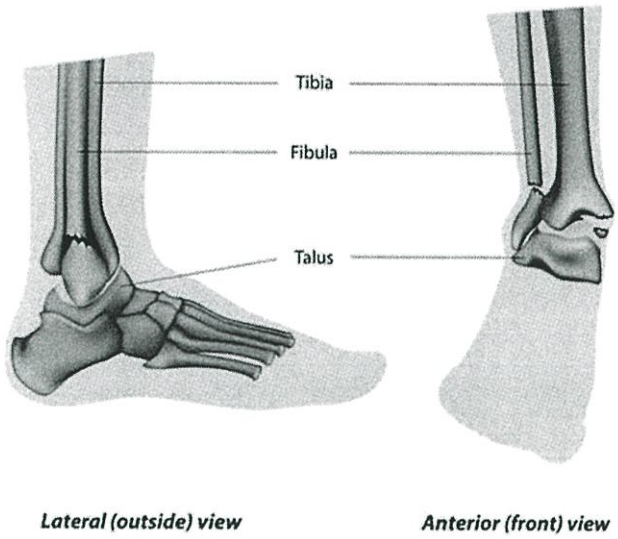
ข้อเท้าแพลง (sprained ankle) มักเกิดจากเท้าที่กำลังรับน้ำหนักนั้น ถูกบิดให้เท้าอยู่ในท่า inversion อย่างแรง ส่วนมาก lateral collateral ligament จะฉีกขาด Ligaments ที่พบว่าฉีกบ่อย ได้แก่: calcaneofibular และ anterior talofibular ligaments ถ้ารุนแรงมาก ligaments ทั้งสองนี้ จะดึงให้เกิด fracture of lateral malleolus ด้วย ในบางรายก็อาจจะทำให้เกิด avulsion of the tuberosity of fifth metatarsal bone จากแรงกระชากของ peroneus brevis tendon ด้วย



รูปที่ 2.24 แสดงภาวะข้อเท้าแพลง

Pott's fracture คือ fracture-dislocaton of ankle joint มักเกิดขึ้นเมื่อเท้าถูก forced ให้ everted อย่างรุนแรง จนมีผลทำให้ medial collateral ligament ฉีกและดึงให้ medial malleolus แตก ออกมาด้วย แรงพลิกนี้มักมีผลทำให้ fibula หักที่ระดับสูงกว่า distal tibiofibular joint.

กระดูก tibia เป็นกระดูกชิ้นที่หักได้บ่อยที่สุดชิ้นหนึ่ง และมักเป็น compound (opened) fracture เนื่องจากกระดูก tibia มีด้าน anteromedial อยู่ใต้ผิวหนัง ไม่มีอะไรป้องกันเลย ประกอบกับบริเวณ รอยต่อระหว่าง inferior and middle thirds คอดเล็กลง ถ้า fracture of tibia through nutrient canal มักทำให้ nutrient artery ขาดจนเป็นผลท าให้เกิด nonunion of bone fragments บางครั้งแพทย์ อาจใช้ fibula เป็น source of bone for grafting ได้ทั้งนี้เพราะการเอา long piece of fibula ออกไม่มีผล ต่อการเดิน วิ่ง และกระโดดเลย



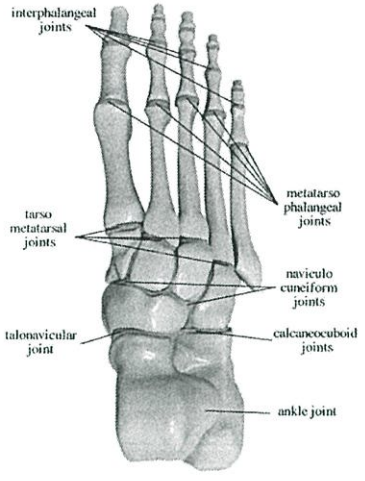
รูปที่ 2.25 Pott's fracture

2.1.7.2 Joints of the foot

- Subtalar joint (talocalcaneus joint) เป็น synovial joint ชนิด plane articulate ระหว่าง inferior surface of body of talus กับ superior surface of calcaneus
- Talocalcaneonavicular joint เป็น synovial joint ชนิด ball and socket โดยมี articulation ระหว่าง head of talus และส่วน socket ที่ form โดย posterior surface of navicular bone, superior surface of plantar calcaneonavicular ligament (spring ligament) และ sustentaculum tali and articular surface of calcaneus
- Calcaneocuboid joint เป็น synovial joint ชนิด plane articulate ระหว่างปลายหน้าของ calcaneus กับด้านหลัง ของ cuboid

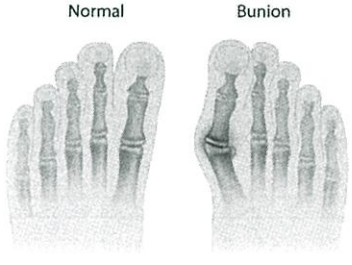
Talocalcaneonavicular joint และ Calcaneocuboid joint มี plane ของข้อต่ออยู่ใน transverse plane เดียวกัน อาจเรียกรวมกันว่า midtarsal joint (Transverse tarsal joint) การทำ dorsiflexion และ plantar flexion จะเกิดขึ้นที่ ankle joint ส่วนการทำ inversion และ eversion จะเกิดขึ้นที่ subtalar และ midtarsal joints.

- Tarsometatarsal and intermetatarsal joints เป็น synovial joint ชนิด plane Tarsometatarsal joint ของ big toe จะมี joint cavity แยกต่างหาก
- Metatarsophalangeal joints และ Interphalangeal joints คล้ายกับมือ



รูปที่ 2.26 แสดงข้อต่อของเท้า

Hallux valgus เป็นความผิดปกติที่มี lateral deviation of the great toe ผู้ป่วยมักจะไม่สามารถ deviate big toe ออกจาก second toe และ sesamoid bones ที่อยู่ใต้ต่อ head of 1st metatasal bone จะเลื่อนไปอยู่ใน space ที่อยู่ระหว่าง 1 st และ 2 nd toes ผู้ป่วยจะมีปัญหาเวลาใส่รองเท้าที่มีด้านหน้าแคบ และผิวหนังด้านข้างของบริเวณที่ปูดออกมามักจะไปเสียดสีกับรองเท้า ทำให้เกิด bursa ในบริเวณนี้และถ้าอักเสบจะเรียก bursa นี้ว่า bunion[1]



รูปที่ 2.27 แสดงภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง (Hallux valgus)

2.2 เท้าแบน (Flat Feet)

เท้าแบน (Flat Feet) คือ ลักษณะของเท้าที่ไม่มีส่วนโค้งเว้าตรงกลางเท้า เมื่อลุกขึ้นยืน ฝ่าเท้าจะราบแนบไปกับพื้นทั้งหมด ตรงกลางฝ่าเท้าที่โค้งขึ้นมานั้นคืออุ้งเท้า (Arch) ซึ่งทอดไปตามแนวยาวและแนวขวางของฝ่าเท้า อุ้งเท้าเกิดจากการยึดกันระหว่างเส้นเอ็น กล้ามเนื้อ และกระดูกเท้า โดยเส้นเอ็นที่เท้าเองและเส้นเอ็นส่วนที่ต่อจากขาส่วนล่างจะยึดกระดูกตรงกลางเท้าเข้ากับส้นเท้า ทำให้กลางฝ่าเท้าโค้งเข้ามาและไม่ราบไปกับพื้น ภาวะเท้าแบนเกิดขึ้นได้เมื่อเป็นเด็กเล็ก เนื่องจากฝ่าเท้าของเด็กมีไขมันและเนื้อเยื่ออ่อน ทำให้มองเห็นอุ้งเท้าตรงฝ่าเท้าได้ไม่ชัด แต่เมื่อโตขึ้นช่องโค้งก็จะค่อย ๆ ปรากฏขึ้นมา บางคนอาจได้รับการถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวมาทางพันธุกรรม นอกจากนี้ ภาวะเท้าแบนอาจเกิดจากการได้รับบาดเจ็บหรือเสื่อมสภาพไปตามอายุ

สิ่งที่แพทย์พบเห็นอยู่เป็นประจำ คือ คนไข้มีสมรรถนะทางด้านร่างกายต่ำ เมื่อใจอยากไปทำอะไร เท้าเปรียบเสมือนพาหนะส่วนตัว ที่จะพาเราไปตามที่ต่าง ๆ บางทีอาจจะไปไม่ถึง เช่น หากต้องเดินทางท่องเที่ยงตลอดทั้งวัน ผู้ป่วยก็จะไม่สนุก ต้องมานั่งพักข้างทาง หรือนั่งรออยู่บนรถทัวร์ มีอาการปวดอุ้งเท้า ปวดเข่า ปวดสะโพก ปวดหลัง ฯลฯ การทำความเข้าใจถึงกลไกการทำงานของเท้าทำให้เราสามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้น ว่าอุ้งเท้ามีการทำงานอย่างไร และมีความสำคัญมากแค่ไหน

กระดูกบริเวณอุ้งเท้ามีทั้งหมด 26 ชิ้น มีลักษณะการเรียงตัวโค้งเป็น Arch การเรียงตัวให้เป็นอุ้งเท้าจะถูกดึงเอาไว้ด้วยเส้นเอ็นเส้นเล็ก ๆ ลักษณะดังกล่าวทำให้มีการยืด มีการเปลี่ยนรูป และมีการสปริงกลับ เพื่อลด (Absorb) แรงกระแทก (Impact) เป็นปรากฏการณ์ที่พบได้ในทุก ๆ ก้าว หากลองขึ้นไปเหยียบบนตราชั่งน้ำหนัก สมมติน้ำหนัก 50 กิโลกรัม เข็มจะชี้เลยไปจากเลข 50 แล้วเด้งกลับมา นั่นคือ ความสามารถในการรองรับแรงกระแทกบริเวณอุ้งเท้า และ แรงที่ยึดกันไว้ประกอบด้วย แรงที่พยายามจะกดเข้าหากัน (Compressive Force) และ แรงที่พยายามแยกออกจากกัน (Distractive Force) ลักษณะนี้ทำให้เกิดการสมดุลของแรงและคงสภาพเป็น Arch อยู่ได้

2.2.1 ลักษณะของภาวะเท้าแบน

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ภาวะเท้าแบนแต่กำเนิด และ ภาวะเท้าแบนที่เกิดขึ้นภายหลัง ดังนี้

- ภาวะเท้าแบนแต่กำเนิด

ภาวะนี้จะปรากฏลักษณะเท้าแบน 2 แบบ ได้แก่ เท้าแบนแบบนิ่ม และเท้าแบนแบบแข็ง ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

- เท้าแบนแบบนิ่ม (Flexible Flat Foot) ภาวะเท้าแบนลักษณะนี้จัดเป็นภาวะเท้าแบนที่พบได้มากที่สุด คือประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ของคนทั่วไป พบตอนเป็นเด็ก เมื่อยืนฝ่าเท้าจะราบไปกับพื้นทั้งหมด แต่เมื่อยกเท้าขึ้นมาจะเห็นช่องโค้งของฝ่าเท้า เท้าแบนแบบนิ่มในบางรายอาจมีอาการเจ็บบริเวณเท้า ข้อเท้าเอ็นร้อยหวาย หรือสังเกตได้ว่ารองเท้าสึกบริเวณด้านในมากกว่าด้านนอก เนื่องจากน้ำหนักของฝ่าเท้าที่ลงด้านนี้มากกว่า มักพบตอนโต และในวัยรุ่นที่มีน้ำหนักตัวเพิ่ม สาเหตุที่ชัดเจนยังไม่พบ แต่พบว่าสัมพันธ์กับพันธุกรรม กล่าวคือพบในญาติพี่น้องที่มีลักษณะเท้าแบนเหมือนกันด้วย
- เท้าแบนแบบแข็ง (Rigid Flat Foot) เท้าแบนลักษณะนี้พบได้น้อย โดยตรงอุ้งเท้าจะโค้งนูนออก เท้าผิดรูป แข็ง และเท้ามีลักษณะหมุนจากข้างนอกเข้าด้านในเสมอ (Pronation) ผู้ป่วยจะรู้สึกเจ็บปวดหากต้องยืนหรือเดินมากเกินไป รวมทั้งมีปัญหาเกี่ยวกับการสวมรองเท้า วิธีการรักษา มุ่งเน้นการป้องกันไม่ให้เกิดการผิดรูปควบคุมน้ำหนัก ปรับกิจกรรม ใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้า ทำกายภาพบำบัดร่วมด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาการและความรุนแรง

- ภาวะเท้าแบนที่เกิดขึ้นภายหลัง

ภาวะเท้าแบนลักษณะนี้มีสาเหตุมาจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น เอ็นข้อเท้าหย่อนยาน ป่วยเป็นโรคข้อรูมาตอยด์ ข้อเท้าเสื่อม หรือกระดูกสันหลังกดทับเส้นประสาทขาซึ่งส่งผลให้กล้ามเนื้ออ่อนกำลัง ภาวะเท้าแบนลักษณะนี้มักเกิดขึ้นกับผู้หญิงที่มีน้ำหนักตัวเยอะและอายุมาก ทั้งนี้ สาเหตุบางอย่างที่ทำให้เกิดภาวะเท้าแบนภายหลังมีรายละเอียดพอสังเขป ดังนี้

- เอ็นร้อยหวายสั้น (Short Archilles Tendon) ผู้ที่ส้นเท้ายกขึ้นจากพื้นก่อนส่วนอื่นของฝ่าเท้าเมื่อเดินหรือวิ่ง เกิดจากเอ็นร้อยหวายที่ยึดกระดูกส้นเท้ากับกล้ามเนื้อน่องสั้นเกินไป ผู้ที่เกิดภาวะเท้าแบนลักษณะนี้จะรู้สึกเจ็บเมื่อเดินหรือวิ่ง
- เอ็นเท้าอักเสบ (Posterior Tibial Tendon Dysfunction) ภาวะเท้าแบนลักษณะนี้เกิดจากเอ็นที่ยึดกล้ามเนื้อน่องกับด้านในข้อเท้าได้รับบาดเจ็บ บวม หรือฉีกขาด หากอุ้งเท้าได้รับการกระแทก จะทำให้รู้สึกเจ็บด้านในฝ่าเท้าและข้อเท้า

2.2.2 อาการของเท้าแบน

ภาวะเท้าแบนที่เกิดขึ้นในคนส่วนใหญ่ มักไม่ปรากฏสัญญาณหรืออาการใด ๆ อย่างไรก็ตาม ผู้ป่วยบางรายอาจรู้สึกเจ็บเท้า โดยเฉพาะบริเวณส้นเท้าหรืออุ้งเท้า อาการเจ็บนั้นจะยิ่งแย่ลงเมื่อต้องทำกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งเกิดอาการบวมที่ข้อเท้าด้านในร่วมด้วย โดยทั่วไปแล้ว ผู้ที่ประสบภาวะเท้าแบนไม่จำเป็นต้องได้รับการรักษาหากไม่ได้มีอาการเจ็บปวดใด ๆ ที่เท้า อย่างไรก็ตาม ผู้ที่เกิดภาวะเท้าแบนควรไปพบแพทย์หากมีอาการต่อไปนี้

- รู้สึกเจ็บฝ่าเท้าแม้จะสวมรองเท้าที่ใส่สบายและรองรับเท้าแล้ว
- รู้สึกเจ็บที่อุ้งเท้าและส้นเท้า
- ฝ่าเท้าด้านในบวมขึ้น
- ยืนไม่ค่อยได้ หรือเคลื่อนไหวทรงตัวบนเท้าลำบาก
- เจ็บหลังและขา
- รองเท้าที่เคยสวมได้ ไม่สามารถสวมได้ และชำรุดเร็วเกินไป
- เท้าแบนมากยิ่งขึ้น
- ฝ่าเท้าอ่อนแรง รู้สึกชา หรือเกิดอาการฝ่าเท้าแข็ง

2.2.3 สาเหตุของเท้าแบน

ภาวะเท้าแบนเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อเยื่อและกระดูกของฝ่าเท้าและขาส่วนล่าง โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะเท้าแบน มีดังนี้

- เกิดจากความผิดปกติตั้งแต่เกิด หรือกระดูกเท้ายังเจริญไม่เต็มที่เมื่ออยู่ในครรภ์ รวมทั้งได้รับการถ่ายทอดทางพันธุกรรม
- เนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่ยึดเชื่อมกัน เช่น โรคหนังยืดผิดปกติ (Ehlers-Danlos Syndrome) หรือกลุ่มอาการที่ข้อต่อหย่อน (Joint Hypermobility Syndrome)
- มีปัญหาสุขภาพเกี่ยวกับกล้ามเนื้อและเส้นประสาท เช่น โรคสมองพิการ (Cerebral Palsy) ความบกพร่องของกระดูกไขสันหลัง (Spina Bifida) หรือโรคกล้ามเนื้อเสื่อม (Muscular Dystrophy)
- เนื้อเยื่อที่เชื่อมกันตรงฝ่าเท้ายืดและอักเสบ
- เอ็นข้อเท้าที่ยึดขาส่วนล่าง ข้อเท้า และตรงกลางฝ่าเท้าเกิดการอักเสบ (Posterior Tibial Tendon Dysfunction)
- กระดูกหักหรือกระดูกงอกผิดที่

นอกจากนี้ ผู้ที่เสี่ยงหรือมีแนวโน้มจะประสบภาวะเท้าแบนนั้น ได้แก่

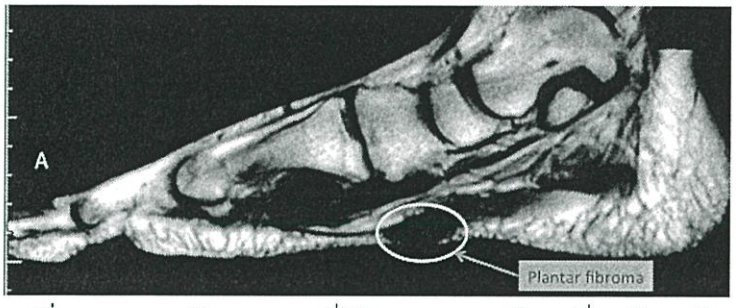
- ผู้ที่บุคคลในครอบครัวมีประวัติป่วยเป็นภาวะเท้าแบน
- ผู้ที่เล่นกีฬาหรือต้องทำกิจกรรมหนัก ๆ อันส่งผลให้เท้าและข้อเท้าเสี่ยงได้รับบาดเจ็บ
- ผู้ป่วยโรคอ้วน เนื่องจากเอ็นที่รองรับอุ้งเท้าต้องแบกน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ทำให้ไม่สามารถทรงตัวได้
- ผู้ป่วยความดันโลหิตสูง เนื่องจากโรคนี้จะส่งผลต่อเลือดที่ไหลไปเลี้ยงเอ็นที่เท้า
- ผู้ป่วยเบาหวาน เนื่องจากภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานส่งผลต่อเส้นประสาทที่เท้าและยังทำให้เส้นเอ็นอ่อนแรง
- สตรีมีครรภ์ เนื่องจากน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้นและผลกระทบจากฮอร์โมนทำให้เอ็นยืดข้ออ่อนนุ่มขึ้น
- ผู้ป่วยโรคข้อรูมาตอยด์ เนื่องจากโรคนี้ส่งผลต่อข้อต่อหรือทำให้เอ็นอ่อนแอลง
- ผู้ที่อายุมาก เนื่องจากเส้นเอ็นจะเสื่อมและยืดออกตามอายุที่เพิ่มมากขึ้น
- ผู้สูงอายุที่ล้มหรือได้รับบาดเจ็บที่ร่างกาย
- ผู้ที่ป่วยเป็นโรคที่ส่งผลต่อกล้ามเนื้อ

2.2.4 การวินิจฉัยภาวะเท้าแบน

เบื้องต้นผู้ป่วยสังเกตภาวะเท้าแบนได้เอง โดยสังเกตรอยเท้าที่เปียกน้ำว่าปรากฏรอยเท้าแบบเต็มเท้าหรือไม่ หากรอยเท้ามีลักษณะเต็มเท้า ไม่ปรากฏส่วนโค้งเว้า แสดงว่ามีแนวโน้มเกิดภาวะเท้าแบน ทั้งนี้ ผู้ป่วยอาจไปพบแพทย์เพื่อรับการวินิจฉัยได้ แพทย์จะตรวจและวินิจฉัยภาวะเท้าแบนโดยพิจารณาว่าผู้ป่วยมีภาวะเท้าแบนหรือไม่ และสาเหตุของภาวะดังกล่าวเกิดจากอะไร โดยแพทย์จะสังเกตลักษณะเท้าตั้งแต่ด้านหน้าและหลังเท้า รวมทั้งให้ผู้ป่วยลองยืนขึ้นเพื่อดูลักษณะเท้าตอนยืนและดูประวัติการรักษาของผู้ป่วยประกอบด้วย เนื่องจากภาวะเท้าแบนที่เกิดขึ้นอาจเกี่ยวเนื่องกับอาการเจ็บป่วยหรือการได้รับบาดเจ็บที่ผู้ป่วยเคยประสบมา รวมทั้งดูรองเท้าที่สวมว่ามีลักษณะการสวมที่ผิดปกติหรือไม่ หากผู้ป่วยเกิดอาการเจ็บปวดที่เท้า อาจได้รับการตรวจด้วยภาพสแกนต่าง ๆ เพื่อหาสาเหตุ ดังนี้

- เอ็กซเรย์ แพทย์จะเอกซเรย์กระดูกและข้อต่อของเท้า เพื่อตรวจหาอาการข้ออักเสบ
- ซีที สแกน วิธีนี้จะทำโดยเอกซเรย์เท้าของผู้ป่วยหลายมุม ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลมากขึ้น

- อัลตราซาวด์ ผู้ที่ได้รับบาดเจ็บที่เอ็นจะต้องทำอัลตราซาวด์ โดยการใช้คลื่นเสียงประมวลภาพเนื้อเยื่ออ่อนภายในร่างกายออกมา
- เอ็มอาร์ไอ แพทย์จะทำเอ็มอาร์ไอซึ่งเป็นการใช้คลื่นวิทยุและสนามแม่เหล็กประมวลภาพของเนื้อเยื่อในร่างกาย



รูปที่ 2.28 แสดงลักษณะภาพที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่องเอ็มอาร์ไอ

2.2.5 การรักษาภาวะเท้าแบน

ภาวะเท้าแบนไม่จำเป็นต้องรักษาหากไม่ก่อให้เกิดอาการเจ็บปวดใด ๆ อย่างไรก็ดี หากผู้ป่วยรู้สึกเจ็บปวดจากภาวะดังกล่าว ควรได้รับการรักษาจากแพทย์ ซึ่งวิธีรักษาภาวะเท้าแบนขึ้นอยู่กับสาเหตุและระดับความรุนแรงของอาการ

การรักษา ขึ้นอยู่กับระยะของโรค ในทางการแพทย์แบ่งออกเป็น 4 ระยะ คือ

- ระยะที่ 1 มีอาการปวด บวม แดง ร้อน ตามแนวของเอ็นพยุงอุ้งเท้าแต่ไม่มีเท้าแบน การรักษาควรพักการใช้งาน ประคบเย็น ยกเท้าสูง ทานยาแก้ปวด ถ้าไม่ดีขึ้นควรพบแพทย์เฉพาะทาง
- ระยะที่ 2 มีอาการปวด และเท้าแบนชนิดไม่ติดแข็ง การรักษาระยะแรกคล้ายระยะที่ 1 แต่ควรพบแพทย์ เพื่อการรักษา ทางกายภาพบำบัด การเสริมแผ่นรองเท้าเพื่อแก้ภาวะเท้าแบนผิดรูป หากไม่ดีขึ้นอาจต้องผ่าตัดแก้ไข
- ระยะที่ 3 มีอาการปวด และ เท้าแบนชนิดติดแข็ง การรักษาระยะแรกคล้ายระยะที่ 1 แต่ควรพบแพทย์เพื่อการรักษา ทางกายภาพบำบัด การเสริมแผ่นรองเท้า หรือตัดรองเท้าเพื่อลดแรงกดจากภาวะเท้าแบนผิดรูป ถ้าอาการไม่ดีขึ้นอาจต้องผ่าตัดแก้ไข
- ระยะที่ 4 อาการปวด เท้าแบน และข้อเท้าผิดรูป การรักษาระยะแรกคล้ายระยะที่ 1 แต่ควรพบแพทย์ เพื่อการรักษาทั้งทางกายภาพบำบัด การเสริมแผ่นรองเท้าและตัดรองเท้าแก้ไขภาวะผิดปกติ ถ้าอาการไม่ดีขึ้นควรต้องผ่าตัดแก้ไข

วิธีรักษาภาวะเท้าแบนประกอบด้วยวิธีบำบัดทางกายภาพ การรักษาด้วยยา และการผ่าตัด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การรักษาอาการปวดส้นเท้าที่อาการไม่วิกฤตมากนัก สามารถทำได้ด้วยวิธีการง่าย ๆ เช่น

- ลดกิจกรรมที่ทำให้ปวด หรือกิจกรรมที่ต้องลงน้ำหนัก เช่น การยืนหรือเดินนาน ๆ และควรเลือกออกกำลังกายแบบที่ไม่ต้องใช้การลงน้ำหนักมากควบคู่กันไป เช่น ว่ายน้ำ
- ใส่รองเท้าที่เหมาะสม มีขนาดพอดี มีพื้นรองเท้าที่นุ่ม และมีแผ่นรองรับอุ้งเท้า อาจใช้แผ่นนุ่มๆ รองที่ส้นเท้าเพื่อลดอาการปวด หรือใช้แผ่นยางสำหรับรองส้นเท้าโดยเฉพาะก็ได้

2.2.5.1 วิธีบำบัดทางกายภาพ

การรักษาภาวะเท้าแบนด้วยวิธีบำบัดทางกายภาพ มีดังนี้

- ใส่อุปกรณ์เสริมที่เท้า (Orthotic) การสวมอุปกรณ์เสริมนับเป็นขั้นแรกของการรักษาภาวะเท้าแบน โดยอุปกรณ์เสริมจะบรรเทาอาการเจ็บเท้าและช่วยหนุนเท้า ผู้ป่วยจะสอดอุปกรณ์เสริมนี้ไว้ในรองเท้า ส่วนเด็กเล็กจะได้รับรองเท้าที่ออกแบบมาโดยเฉพาะจากแพทย์ เพื่อสวมใส่จนกว่าฝ่าเท้าจะเจริญเต็มที่
- ออกกำลังยืดเส้น ผู้ป่วยเท้าแบนอันเนื่องมาจากเอ็นร้อยหวายสั้นเกินไปอาจต้องออกกำลังกายยืดกล้ามเนื้อ และเนื้อเยื่อที่ยึดเชื่อมกันของขาส่วนล่าง โดยนักกายภาพบำบัดจะช่วยแนะนำการออกกำลังกายให้แก่ผู้ป่วย ท่าออกกำลังกายยืดเอ็นร้อนหวายเริ่มจากโน้มตัวไปข้างหน้ายันผนังไว้ ก้าวขาข้างหนึ่งมาด้านหน้างอเข่า ส่วนขาที่อยู่ข้างหลังยืดตรงและลงน้ำหนักที่ส้นเท้า ทำค้างไว้ 15-30 วินาที ระหว่างที่ทำท่านี้ ควรให้ส้นเท้าราบไปกับพื้นทั้งหมด ปลายนิ้วเท้าของขาหลังอยู่ในทิศทางเดียวกับส้นเท้าของขาที่อยู่ด้านหน้า
- สวมรองเท้าที่รับกับเท้า การสวมรองเท้าที่พอดีและรับกับรูปเท้าจะทำให้รู้สึกสบายเท้ามากกว่าการสวมรองเท้าแตะหรือรองเท้าที่รองรับเท้าของผู้สวมได้น้อย
- ทำกายภาพบำบัด ภาวะเท้าแบนอาจทำให้ผู้ป่วยได้รับบาดเจ็บเพิ่มจากการวิ่งมากขึ้น นักกายภาพบำบัดจะช่วยวิเคราะห์ลักษณะการวิ่งของผู้ป่วย เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยปรับลักษณะและเทคนิคการวิ่งให้ดีขึ้น

2.2.5.2 การรักษาด้วยยา

ผู้ป่วยที่เกิดอาการเจ็บเท้าเรื้อรังและเท้าอักเสบ จะได้รับยาต้านอักเสบเพื่อบรรเทาอาการปวดบวม

2.2.5.3 การผ่าตัด

หากการรักษาภาวะเท้าแบนวิธีอื่น ๆ ไม่ช่วยบรรเทาอาการให้ทุเลาลงได้ หรือสาเหตุของภาวะดังกล่าวทำให้จำเป็นต้องได้รับการผ่าตัด ศัลยแพทย์จะผ่าตัดให้แก่ผู้ป่วย แต่วิธีผ่าตัดจะแตกต่างกันไปตามสาเหตุ เช่น ผู้ป่วยเท้าแบนที่มีรูปกระดูกผิดปกติหรือติดกันจำเป็นต้องผ่าตัดแยกกระดูกและยืดให้ตรง ส่วนผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับเนื้อเยื่อที่ยึดเชื่อมกันจะได้รับการผ่าตัดรักษาเนื้อเยื่อที่เกิดปัญหา หรือผู้ที่เอ็นร้อยหวายสั้นเกินไป อาจได้รับการผ่าตัดเพื่อยืดเอ็นและลดอาการเจ็บปวดที่เท้า

2.2.6 ภาวะแทรกซ้อนของเท้าแบน

ภาวะเท้าแบนก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนได้หลายอย่าง ดังนี้

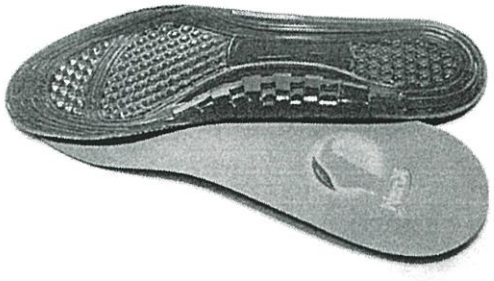
- หากภาวะเท้าแบนเกิดอาการแย่ลง จะส่งผลกระทบต่อการเดินของผู้ป่วย ทั้งนี้ การสูญเสียความสามารถในการทรงตัวและดีดตัวของเท้า จะทำให้ปวดที่เท้าและหลังมากขึ้น ซึ่งรวมไปถึงอาการปวดของกล้ามเนื้อ ข้อต่อ และอาการอักเสบของเส้นเอ็น
- ลักษณะการเดินและรูปเท้าที่เปลี่ยนไปทำให้เท้าเกิดความผิดปกติอื่น ๆ เช่น นิ้วหัวแม่เท้าผิดรูป หนังหนาด้าน ข้อนิ้วเท้าเกิดงอและติดกันแน่น หรือเกิดปุ่มกระดูกขึ้นมา
- เนื่องจากไม่สามารถลงแรงไปที่เท้าได้เต็มที่ แรงกระแทกจากการเคลื่อนไหวจึงไปลงที่ขามากขึ้น ส่งผลให้กล้ามเนื้อหน้าขาอักเสบ
- ผู้ที่เข้ารับการผ่าตัดอาจติดเชื้อ ข้อเท้าเคลื่อนไหวได้ไม่ดี กระดูกหายช้า และเกิดอาการเจ็บอยู่ ซึ่งเป็นภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดที่พบได้ไม่บ่อยนัก

2.2.7 การป้องกันภาวะเท้าแบน

สาเหตุของภาวะเท้าแบนมีแนวโน้มเกิดจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม จึงอาจป้องกันได้ยาก อย่างไรก็ดีภาวะเท้าแบนสามารถจัดการและป้องกันไม่ให้อาการแย่ลงได้ ดังนี้

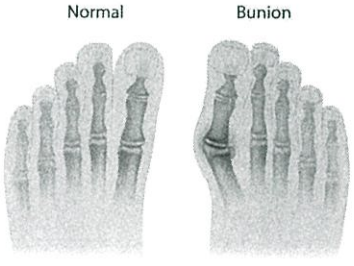
- สวมรองเท้าที่พอดีและรับกับลักษณะฝ่าเท้า
- สวมอุปกรณ์เสริมที่เท้าเพื่อลดอาการปวดเท้า

- เลี่ยงกิจกรรมหรือกีฬาที่ก่อให้เกิดแรงกระแทกที่ฝ่าเท้า เช่น วิ่ง กระโดด เล่นบาสเก็ตบอล เตะฟุตบอล หรือตีเทนนิส
- รับประทานยาแก้ปวดเพื่อช่วยบรรเทาอาการปวดที่เท้าให้ทุเลาลง
- ลดน้ำหนักเพื่อลดแรงกระแทกที่เท้า รวมทั้งเลี่ยงปัจจัยเสี่ยงที่นำไปสู่ภาวะเท้าแบน เช่น ดูแลตัวเองไม่ให้ป่วยเป็นเบาหวาน ความดันโลหิตสูง หรือโรคอ้วน[2]



รูปที่ 2.29 แสดงตัวอย่างอุปกรณ์เสริมในรองเท้า

2.3 ภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง



รูปที่ 2.30 แสดงความแตกต่างโครงสร้างกระดูกของเท้าที่ปกติกับภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง

ภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง (bunion หรือ hallux valgus) เป็นภาวะที่มีกระดูกปูดบริเวณข้อต่อตรงโคนนิ้วหัวแม่เท้า เนื่องจากความผิดปกติของนิ้วหัวแม่เท้าที่เกิดการผิดรูป โดยนิ้วหัวแม่เท้าเกหรือบิดโค้งเข้าหานิ้วชี้มากเกินไปจนทำให้ข้อต่อหัวแม่เท้าโตขึ้นและปูดออกมา ในกรณีที่เป็นมาก ๆ นิ้วโป้งเท้าอาจเกทับหรืออยู่ใต้นิ้วเท้าอื่น ๆ การเอียงของนิ้วเท้าทำให้เส้นเอ็นที่อยู่รอบ ๆ นิ้วเท้าถูกดึงยืดมากเกินไปเป็นผลให้เส้นเอ็นขาดความมั่นคง นิ้วเท้าจึงเกิดการผิดรูปได้ง่ายมากขึ้นไปอีก อาจ

พบว่าหนังบริเวณโคนนิ้วที่ยื่นออกมาอาจเป็นสีแดงซึ่งทำให้เข้าใจผิดคิดว่าเป็นปัญหาที่เกิดจากผิวหนัง ทั้งที่จริงแล้วมีสาเหตุจากกระดูก ผลที่ตามมาของภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง คือ แนวการเดินของเท้าจะเริ่มผิดปกติ ตาปลาหรือหนังแข็งมักจะเกิดขึ้นในบริเวณด้านข้างของขอบนิ้วโป้งที่เบน อีกทั้งยังมีโคนนิ้วโป้งนูนโค้งออกมาจนสังเกตเห็นได้ชัดและมักมีอาการปวดในเวลาเดินที่โคนนิ้วโป้งที่โค้งนูนได้ จึงเป็นปัญหาในการเดินการลงน้ำหนัก และการสวมใส่รองเท้า ซึ่งอาจส่งผลเสียในระยะยาวทำให้อาจมีอาการปวดเข่าแล้วเกิดโรคข้อเข่าเสื่อมตามมา ทั้งนี้ ภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียงนี้จะค่อย ๆ เกิดขึ้น โดยผู้ที่มีภาวะนี้อาจสังเกตได้ว่านิ้วหัวแม่เท้าตัวเองดูเอียงงอผิดปกติ ไม่สวยงาม หรือในบางครั้งอาจมีอาการปวดเวลาเดิน ทำให้เดินได้ลำบาก หรือมีปัญหาในการใส่รองเท้า

2.3.1 สาเหตุการเกิดภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง

- กรรมพันธุ์จากพ่อแม่ หรือ เครือญาติ ที่เคยมีประวัติมีเท้าลักษณะนี้ หรือความผิดปกติตั้งแต่เกิด เช่น เท้าแบน นิ้วหัวแม่เท้ายาวมาก นิ้วหัวแม่เท้าเกออกเอง
- โครงสร้างเท้าผิดปกติ เช่น เท้าแบน หรือ กระดูกส้นเท้ามีการบิดเอนเข้าด้านใน หรือ เอ็นร้อยหวายบิดโค้งเค้าด้านใน เป็นผลให้แนวแรงในการเดินมีการเบี่ยงมาลงน้ำหนักทางฝั่งด้านในเท้ามากผิดปกติ จึงเป็นการเพิ่มแรงเครียดต่อเอ็นและกล้ามเนื้อโดยรอบนิ้วโป้งและโคนนิ้วโป้งให้ทำงานหนัก
- การใส่รองเท้าที่ไม่เหมาะสม เช่น รองเท้าที่บีบรัดหน้าเท้า หัวรองเท้าแหลม จึงอาจกล่าวได้ว่าปัจจัยนี้จึงเป็นสาเหตุให้พบโรคนี้ได้บ่อยในผู้หญิง มักเป็นในผู้หญิงวัยกลางคนขึ้นไปที่มีประวัติใส่รองเท้าที่ไม่ถูกสุขลักษณะ
- ผู้ที่มีโรคความผิดปกติของกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น หรือการอักเสบของข้อในผู้ที่เป็นโรคข้ออักเสบเรื้อรัง (rheumatoid arthritis) จะทำให้เกิดการอักเสบทำให้กล้ามเนื้อและเส้นเอ็นผิดปกติ ความผิดรูปจะค่อยเป็นค่อยไป พร้อมกับอาการปวดที่โคนนิ้วโป้งเท้า

2.3.2 อาการของภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียง

ในระยะแรกที่นิ้วหัวแม่เท้าเริ่มเอียงอาจจะไม่ทำให้เกิดอาการผิดปกติใด ๆ แต่เมื่อนิ้วหัวแม่เท้าเริ่มเอียงมากขึ้นหรือเมื่อสวมรองเท้าที่มีหัวรองเท้าแคบบีบรัดอาจเริ่มมีอาการแสดงที่สังเกตได้ เช่น

- โคนนิ้วหัวแม่เท้าด้านนอกปูดเป็นปุ่ม
- โคนนิ้วหัวแม่เท้าบวม แดง หรือปวด
- รู้สึกปวดเท้าเป็นพักๆ หรือปวดไม่ยอมหาย

- หนังบริเวณโคนนิ้วหัวแม่เท้าหนาขึ้น
- ขยับนิ้วหัวแม่เท้าได้เล็กน้อย ทำให้เดินได้ลำบาก
- ปลายเท้าและเท้าส่วนหน้ามีลักษณะแบนกว้างขึ้น
- พบตาปลาที่โคนนิ้วเท้า จากที่โคนนิ้วเท้านูนออกมามากจนไปเสียดสีกับขอบรองเท้า
- ในกรณีเป็นมาก ปลายนิ้วโป้งเท้าจะเกยไปอยู่บนนิ้วชี้ หรือ ซ้อนใต้นิ้วชี้และนิ้วอื่นๆ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอาการปวดเข่า และเป็นโรคข้อเข่าเสื่อมได้ในอนาคต

2.3.3 ภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น

ภาวะนิ้วหัวแม่เท้าเอียงไม่ได้ทำให้เกิดปัญหาตามมาเสมอไป แต่หากไม่ทำการรักษาก็ไม่อาจหายเองได้และอาจก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนขึ้น เช่น

- ถุงน้ำป้องกันการเสียดสีอักเสบ (bursitis) คือ การอักเสบของถุงน้ำที่เป็นตัวรองรับการเสียดสีบริเวณกระดูก เอ็น และกล้ามเนื้อใกล้ข้อต่อ ทำให้เกิดอาการปวด
- นิ้วเท้าหงิกงอผิดปกติ (hammer toe) โดยมีสาเหตุจากข้อต่อตรงกลางนิ้วโค้งงอผิดปกติ ทำให้ปวดและมีแรงกด
- อาการปวดและการอักเสบที่ฝ่าเท้า

2.3.4 แนวทางการรักษา

มี 2 วิธี ได้แก่ การรักษาโดยวิธีไม่ผ่าตัดและการรักษาโดยวิธีผ่าตัด

2.3.4.1 การรักษาโดยวิธีไม่ผ่าตัด

สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการไม่มาก ข้อผิดรูปไม่มาก สามารถดึงหรือดันแก้ไขได้ ไม่มีข้อเสื่อม สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการมากแต่การผ่าตัดอาจเป็นความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม หรือ การฟื้นตัวหลังการผ่าตัดต้องใช้เวลานานจนเป็นผลเสียต่อผู้ป่วย ผู้ป่วยในกลุ่มนี้ได้แก่ผู้สูงอายุ เป็นต้น

การรักษาด้วยวิธีนี้ ได้แก่ การทำแผ่นรองในรองเท้าเฉพาะเท้าของผู้ป่วย การใส่รองเท้าที่เหมาะสม และ การใส่อุปกรณ์ประคองข้อนิ้วโป้งเท้า ซึ่งถือเป็นการรักษาที่ต้นเหตุเนื่องจากสามารถสืบหาต้นเหตุและความเสี่ยงของการที่มีภาวะนิ้วโป้งเท้าเก

- แผ่นรองเท้าเฉพาะบุคคล (Custom-made Insole) ในกรณีของผู้ที่มีโครงสร้างเท้าผิดปกติ เช่นผู้ที่มีปัญหาเท้าแบน การเลือกใช้รองเท้าที่มีพื้นรองเท้า หรือการใช้แผ่นรองเท้าที่เหมาะสมที่จะช่วยจัดโครงสร้างเท้าให้เหมาะสมกลับมาอยู่ในแนวที่

ปกติเพื่อไม่ให้อุ้งเท้าแบนล้ม กระดูกส้นเท้าบิดล้มเข้าทางฝั่งด้านใน หรือเอ็นร้อยหวายบิดโค้งเค้าทางฝั่งด้านในซึ่งเป็นความเสี่ยงที่ปัจจัยที่จะทำให้นิ้วโป้งเท้าเกผิดรูป

- ใส่รองเท้าที่เหมาะสม ใส่รองเท้าขนาดพอดี ไม่คับ หัวรองเท้ากว้าง (wide toe box) เมื่อสมใส่แล้วสามารถขยับนิ้วเท้าได้ ไม่บีบรัดนิ้วเท้า พื้นรองเท้านุ่ม ทั้งนี้ควรหลีกเลี่ยงรองเท้าที่มีหัวส่วนปลายที่แหลมและส้นรองเท้าสูงมากกว่า 2 นิ้ว
- การใส่อุปกรณ์ประคองนิ้วโป้งเท้า ได้แก่ เจลคั่นนิ้วเท้า (Gel Toe Separator) หรือ อุปกรณ์กันนิ้วโป้งเบน (Hallux Valgus Splint) จะช่วยให้มุมในการที่นิ้วโป้งเท้าเก ไม่เพิ่มมากไปกว่าเดิม และเป็นการทำให้เอ็นรอบข้อนิ้วโป้งเท้าหย่อน จึงบรรเทาและลดอาการปวดบริเวณโคนนิ้วโป้งเท้าได้
- การแช่น้ำอุ่นโดยให้น้ำอุ่นสูงถึงข้อเท้า ถึงแม้การแช่น้ำอุ่นจะไม่ช่วยให้นิ้วหัวแม่เท้ากลับมาสู่แนวปกติได้โดยตรงแต่ช่วยลดปวดและให้เนื้อเยื่อรอบข้อต่ออ่อนตัวลง ทำให้ขณะดัดข้อนิ้วจะมีอาการปวดน้อยลง ในกรณีที่นิ้วหัวแม่เท้าอักเสบบวม แดงร้อน ควรหลีกเลี่ยงการแช่น้ำอุ่นเพราะจะทำให้อักเสบ บวมมากขึ้น แต่ให้เปลี่ยนไปใช้การประคบน้ำแข็งแทน จนกว่าอาการบวมแดงจะหายไป จึงสามารถกลับไปแช่น้ำอุ่นได้ตามปกติ
- การทำกายภาพบำบัดเพื่อดัดหรือดึงข้อให้กลับมาอยู่ในแนวปกติได้มากที่สุดแต่ทั้งนี้ก็ควรใช้กายอุปกรณ์เสริมร่วมด้วย
- การรับประทานยากลุ่มลดการอักเสบที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ (NSAIDs) เพื่อบรรเทาอาการปวด

2.3.4.2 การรักษาโดยวิธีผ่าตัด

สำหรับผู้ป่วยที่มีอาการปวดและข้อผิดรูปมาก ซึ่งอาจมีภาวะข้อกระดูกเสื่อมเกิดขึ้น หรือผู้ป่วยที่มีอายุน้อยและการฟื้นตัวหลังการผ่าตัดสามารถทำได้รวดเร็ว

การรักษาด้วยวิธีผ่าตัดมีมากกว่า 100 วิธีขึ้นกับความรุนแรงและความชำนาญของแพทย์ เช่น ตัดก้อนที่นูนออก การตัดกระดูกเพื่อเปลี่ยนแนวให้ตรงขึ้น การเชื่อมข้อ เป็นต้น ซึ่งจะเลือกวิธีไหนนั้นมักขึ้นอยู่กับลักษณะความผิดปกติของนิ้วเท้าว่ามาก น้อยขนาดไหน และเกิดจากสาเหตุอะไร หลังการผ่าตัดผู้ป่วยสามารถเดินช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาวะของผู้ป่วย โดยอาจใช้ไม้เท้าช่วยพยุงตัว ประมาณ 4-6 สัปดาห์แรก แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น การผ่าตัดไม่

สามารถรับประกันได้ว่า นิ้วโป้งเท้าจะไม่กลับไปเกในลักษณะเดิมอีก เนื่องจากต้นเหตุหลักที่แท้จริงยังไม่ได้รับการแก้ไข ดังนั้น ในปัจจุบัน หลังการผ่าตัด การใช้แผ่นรองในรองเท้า และการใส่รองเท้าที่เหมาะสม จึงมีความจำเป็นและนำมาเป็นวิธีในการรักษาร่วมกัน เพื่อไม่ให้ผู้ป่วยกลับไปมีภาวะนิ้วโป้งเท้าเกอีก

2.4 แผลกดทับ

แผลกดทับ คือ การได้รับบาดเจ็บที่ผิวหนังหรือเนื้อเยื่ออันที่เกิดจากแรงกดทับที่ผิวหนังเป็นเวลานาน โดยแผลกดทับมักเกิดขึ้นบริเวณผิวหนังที่หุ้มกระดูก เช่น ส้นเท้า ข้อเท้า สะโพก หรือกระดูกก้นกบ เป็นต้น ผู้ที่ประสบปัญหาสุขภาพที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวหรือการปรับเปลี่ยนอิริยาบถทำให้ต้องนอนอยู่บนเตียงหรือนั่งรถเข็นตลอดเวลาเสี่ยงเกิดแผลกดทับได้ อีกทั้งยังรวมไปถึงผู้สูงอายุด้วย เนื่องจากผู้สูงอายุมักมีปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวร่างกายและผิวหนังที่เสื่อมลงตามอายุ แผลกดทับเป็นปัญหาสุขภาพที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่แล้วรักษาให้หายได้ แต่ผู้ป่วยบางรายอาจรักษาให้หายขาดไม่ได้

2.4.1 อาการของแผลกดทับ

อวัยวะที่เสี่ยงเกิดแผลกดทับได้มากนั้นมักเป็นบริเวณที่ไม่มีไขมันปกคลุมผิวหนังมากและต้องรับแรงกดทับโดยตรง ผู้ป่วยที่เคลื่อนไหวร่างกายไม่ได้และต้องนอนบนเตียงตลอดเวลาเสี่ยงเกิดแผลกดทับที่ไหล่ ข้อศอก ท้ายทอย ข้างใบหู เข่า ข้อเท้า ส้นเท้า เท้า กระดูกสันหลัง หรือกระดูกก้นกบ ส่วนผู้ที่ต้องนั่งรถเข็นเป็นเวลานานเสี่ยงเกิดแผลกดทับที่ก้น หลังแขน หลังต้นขา หรือด้านหลังของกระดูกสะโพก โดยผู้ป่วยจะเกิดอาการหลายอย่าง ได้แก่ สีหรือลักษณะผิวหนังเกิดความผิดปกติ มีอาการบวม มีหนองออกมา เกิดอาการอุ่นหรือเย็นตรงผิวหนังที่เกิดแผลกดทับ และมักกดแล้วเจ็บบริเวณที่เป็นแผลกดทับ ทั้งนี้อาการของแผลกดทับจะรุนแรงขึ้นตามระยะต่าง ๆ 4 ระยะ ดังนี้

- แผลกดทับระยะที่ 1 ผิวหนังบริเวณที่ถูกกดทับจะเป็นรอยแดง แต่ยังไม่มีรอยฉีกขาด โดยสีของผิวหนังจะแตกต่างจากผิวหนังปกติบริเวณข้างเคียงกล่าวคือมักเกิดเป็นรอยแดงๆที่เมื่อลดการกดทับ รอยแดงเหล่านี้ที่ผิวหนังจะไม่หายไปภายในประมาณ 30 นาที และรอยแดงนี้จะไม่หายไปเมื่อมีการขยับหรือเปลี่ยนอิริยาบถหรือพลิกตะแคงตัวผู้ป่วย
- แผลกดทับระยะที่ 2 แผลกดทับระยะนี้เป็นแผลเปิดหรือมีแผลตุ่มน้ำพอง เนื่องจากหนังกำพร้าบางส่วนและหนังแท้ถูกทำลาย ส่งผลให้มีการสูญเสียผิวหนังทั้งหมด เกิดแผลลึกถึง

ชั้นใต้ผิวหนัง ชั้นพังผืด แต่ยังลึกไม่ถึงชั้นกล้ามเนื้อ เอ็น และกระดูก แผลที่เกิดในระยะนี้อาจเป็นหลุมลึกหรือเป็นโพรงเซาะใต้ขอบแผล อาจพบเนื้อตายแต่เนื้อตายยังไม่ปกคลุมแผลทั้งหมด

- แผลกดทับระยะที่ 3 แผลจะมีลักษณะเป็นโพรงลึกเนื่องจากมีการสูญเสียผิวหนังทั้งหมด มองเห็นชั้นกล้ามเนื้อ กระดูก เอ็น และ/ หรือเยื่อหุ้มข้อต่อ เนื้อเยื่อที่อยู่ลึกลงไปในชั้นผิวหนังถูกทำลาย และส่วนใหญ่มีโพรงและช่องเซาะใต้ขอบแผล

- การดูแลแผลกดทับในระยะที่ 4 แผลกดทับระยะนี้ถือว่าร้ายแรงที่สุด เป็นระยะที่มีความลึกของแผลลุกลามเข้าในชั้นกล้ามเนื้อ โดยผิวหนังทั้งหมดถูกทำลายอย่างรุนแรง รวมทั้งเนื้อเยื่อที่อยู่ล้อมรอบเริ่มตายหรือที่เรียกว่าเนื้อเยื่อตายเฉพาะส่วน (Tissue Necrosis) กล้ามเนื้อและกระดูกที่อยู่ลึกลงไปอาจถูกทำลายด้วย ซึ่งมักพบแผลมีการติดเชื้อ

2.4.2 กลไกการเกิดแผลกดทับ

- แรงกดทับ (Pressure)

ถ้ามีแรงกดทับต่อเนื้อเยื่อมากกว่าแรงดันของหลอดเลือดฝอย (Capillary pressure) เป็นเวลานานจะทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อบริเวณนั้นอย่างถาวร ซึ่งเป็นผลจากการขาดเลือดมาเลี้ยง โดยพบว่าแรงกดที่ทำให้หลอดเลือดฝอยปิดและไม่สามารถนำเลือดมาเลี้ยงเนื้อเยื่อได้คือ 32 mm.Hg. ถ้ามีแรงกดทับบนเนื้อเยื่อมากกว่า 64 mm.Hg. (2 เท่าของแรงกดที่ทำให้หลอดเลือดฝอยปิด) นาน 2ชั่วโมง จะทำให้เนื้อเยื่อส่วนที่ถูกกดทับถูกทำลายอย่างถาวร ผลจากการทดลองพบว่ากล้ามเนื้อจะทนต่อการขาดเลือดได้น้อยกว่าผิวหนัง ทำให้แผลกดทับมักจะมีส่วนของเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังถูกทำลายมากกว่า ซึ่งจะพบลักษณะของแผลเป็นรูปกรวย คือ ที่ผิวหนังมีขอบแผลเล็ก แต่ที่บริเวณส่วนลึก แผลจะมีขนาดใหญ่กว่า

- แรงเสียดทานหรือความฝืด (Friction)

คือ แรงต้านต่อการเคลื่อนที่ของพื้นผิว 2 ด้าน ได้แก่ แรงต้านระหว่างผิวหนังกับวัสดุที่ผิวหนังสัมผัส เช่น ผ้าปูเตียง เบาะรองนั่ง ซึ่งแรงเสียดทานนี้ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดบาดแผลถลอก (Abrasion) หรือผิวหนังพอง (Blister) หรือฉีกขาดได้ ถ้าแผลแฉะหรือผิวหนังมีความชื้นมากเกินไปจะทำให้ผิวหนังบริเวณนั้นติดกับผ้าปูเตียงหรือวัสดุที่สัมผัสทำให้มีแรงเสียดทานเพิ่มขึ้น

- แรงตัด (Shear)

เกิดจากเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังถูกดึงผิดรูปในขณะที่ผู้ป่วยเคลื่อนที่ไถล บนเตียงหรือเก้าอี้นั่ง แต่ส่วนของผิวหนังมีการยึดติดกับพื้นผิวหนังสัมผัส และส่วนของเนื้อเยื่อที่ลึกติดกับกระดูกไม่เคลื่อนที่ทำให้หลอดเลือดบริเวณเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง ถูกยืดออก (Stretch) หรือพับงอ (Angulate) และแรงของความตึง (Tensile strength) ลดลง เช่น ผู้ป่วยที่นอนบนเตียงโดยส่วนของศีรษะสูง หรือผู้ป่วยที่นั่งเก้าอี้แต่มีการไถลตัวลงมาจะเกิดแผลกดทับที่กระดูกก้นกบ (Sacrum)

- ความชื้นมากเกินไป (Excessive moisture)

ทำให้ผิวหนังเปื่อยยุ่ย (Maceration) และแตกเป็นแผล (Excoriation) และเกิดแรงเสียดทานเพิ่มขึ้นที่ผิวหนัง ผู้ป่วยที่กลั้นปัสสาวะหรือกลั้นอุจจาระไม่ได้ (Urinary fecal incontinence) จะมีโอกาสเกิดแผลกดทับได้มาก โดยเป็นผลจากความชื้นและการระคายเคืองและการปนเปื้อนจากแบคทีเรีย ผิวหนังที่แห้งเกินไปจะมีการแตก (Cracking) ความทนต่อแรงตึง และประมาณไขมันลดลงและลดคุณสมบัติของการป้องกันจากสิ่งแวดล้อมภายนอก

- ภาวะทุพโภชนาการ (Malnutrition)

ตรวจพบได้โดยมีระดับอัลบูบินในเลือดต่ำ (Serum Albumin) ผู้ป่วยที่มีภาวะทุพโภชนาการจะมีน้ำหนักลดลง ภาวะขาดสมดุลของไนโตรเจน (Negative nitrogen balance) ขบวนการหายของแผลบกพร่อง ภูมิต้านทานของร่างกายลดลง (Immunosuppression)

- การบาดเจ็บของระบบประสาท (Neurological injury)

ผู้ป่วยที่มีการบาดเจ็บที่ไขสันหลังจะไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ปกติ ไม่มีการรับความรู้สึกความเจ็บปวด กลั้นอุจจาระและปัสสาวะไม่ได้มีภาวะเกร็งของกล้ามเนื้อ (Spasticity) ทำให้เกิดแผลกดทับ

2.4.3 ภาวะแทรกซ้อนจากแผลกดทับ

ผู้ป่วยที่เกิดแผลกดทับอาจประสบภาวะแทรกซ้อนได้ โดยจะเกิดภาวะแทรกซ้อนจากระยะ 3 ไปสู่ระยะ 4 ซึ่งอันตรายถึงชีวิต ผู้ป่วยมักประสบภาวะแทรกซ้อนจากแผลกดทับรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์เนื้อเยื่ออักเสบ ติดเชื้อในกระแสเลือด ติดเชื้อที่กระดูกและข้อต่อ เนื้อเน่า หนังเน่า และมะเร็งบางชนิด ดังนี้

- เซลล์เนื้อเยื่ออักเสบ (Cellulitis) ผิวหนังและเนื้อเยื่อเกี่ยวพันเกิดการติดเชื้อ ส่งผลให้บริเวณดังกล่าวอุ่น มีรอยแดง และบวม ผู้ป่วยที่เส้นประสาทถูกทำลายจะไม่รู้สึกเจ็บปวดบริเวณที่เซลล์เนื้อเยื่อเกิดการอักเสบ ผู้ที่ไม่เข้ารับการรักษาเสี่ยงติดเชื้อในกระแสเลือดหรือ

ติดเชื้อที่กระดูกและข้อต่อได้ ทั้งนี้ ผู้ที่เกิดแผลกดทับบริเวณหลังส่วนล่าง กระดูกก้นกบ และกระดูกสันหลัง หากเนื้อเยื่อติดเชื้อมากขึ้น อาจประสบภาวะเยื่อหุ้มสมองอักเสบ

- ติดเชื้อในกระแสเลือด ผู้ป่วยภูมิคุ้มกันร่างกายอ่อนแอที่มีแผลกดทับติดเชื้อ เสี่ยงติดเชื้อในกระแสเลือดได้สูง ภาวะนี้จะทำลายอวัยวะต่าง ๆ ส่งผลให้ความดันโลหิตต่ำลงมากจนถึงขั้นอันตรายต่อชีวิต โดยผู้ป่วยจะตัวเย็นและอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องได้รับการรักษาเร่งด่วน เพื่อให้ร่างกายกลับมาทำงานปกติ รวมทั้งรับยาปฏิชีวนะหรือยาต้านไวรัสเพื่อรักษาอาการติดเชื้อ

- ติดเชื้อที่กระดูกและข้อต่อ แผลกดทับที่ติดเชื้ออาจลุกลามลงไปที่ข้อต่อหรือกระดูก เรียกว่าภาวะข้ออักเสบติดเชื้อและภาวะกระดูกอักเสบ โดยภาวะข้ออักเสบติดเชื้อจะทำลายกระดูกอ่อนและเนื้อเยื่อ ส่วนภาวะกระดูกอักเสบจะทำให้การทำงานของข้อต่อและแขนขาลดน้อยลง ผู้ป่วยจำเป็นต้องได้รับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ หรือเข้ารับการผ่าตัดนำกระดูกหรือข้อต่อที่ติดเชื้อออกไปในกรณีที่เกิดการติดเชื้อรุนแรง

- เนื้อเน่า (Necrotizing Fasciitis) โรคนี้เรียกอีกอย่างว่าโรคแบคทีเรียกินเนื้อคน จัดเป็นภาวะติดเชื้อผิวหนังที่รุนแรง ติดเชื้อลึกถึงระดับเนื้อเยื่อหุ้มกล้ามเนื้อ ทำให้เนื้อเยื่อตายอย่างรวดเร็ว โดยภาวะนี้จะเกิดขึ้นเมื่อแผลกดทับเกิดการติดเชื้อจากแบคทีเรียบางชนิด เช่น เชื้อสเตรปโตค็อกคัส กลุ่มเอ (Group A Streptococci) ผู้ป่วยที่เกิดเนื้อเน่าจำเป็นต้องได้รับการรักษาเร่งด่วน โดยรับยาปฏิชีวนะควบคู่กับการผ่าตัดนำเนื้อเยื่อที่ตายออกไป

- เนื้อเน่าแบบมีก๊าซ (Gas Gangrene) โรคนี้คือการติดเชื้อรุนแรงที่พบได้ไม่บ่อยนัก โดยจะเกิดการติดเชื้อจากแบคทีเรียคลอสตริเดียม (Clostridium) ซึ่งอยู่ในที่ที่มีออกซิเจนน้อยมาก แบคทีเรียชนิดนี้จะผลิตก๊าซและปล่อยสารพิษออกมา ส่งผลให้ผู้ป่วยเกิดอาการบวมและเจ็บแผลอย่างรุนแรง ผู้ที่เกิดหนังเน่าจำเป็นต้องเข้ารับการผ่าตัดนำหนังส่วนที่เน่าออกไป ทั้งนี้ผู้ป่วยที่เกิดอาการรุนแรงมากจำเป็นต้องตัดอวัยวะส่วนที่เกิดภาวะดังกล่าว เพื่อป้องกันการลุกลามไปยังอวัยวะส่วนอื่น

- มะเร็งบางอย่าง ผู้ป่วยแผลกดทับที่ไม่ได้เข้ารับการรักษาเป็นเวลานาน อาจเกิดมะเร็งผิวหนังได้

2.5 โรคเบาหวานกับเท้า

โรคเบาหวานทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนที่เท้าซึ่งมีสาเหตุจากการที่หลอดเลือดที่ไปเลี้ยงเท้าตีบ ทำให้เลือดไปเลี้ยงเท้าไม่พอจึงเกิดแผลขึ้นเนื่องจากการขาดเลือด ปลายประสาทอักเสบเป็นอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดแผลกดทับ รวมไปถึงการติดเชื้อที่ผิวหนัง และ โรคแทรกซ้อนทางผิวหนัง เช่น ผิวแห้ง เชื้อรา ก็เป็นสาเหตุให้เกิดแผลที่เท้าได้เช่นกัน โรคเบาหวานเป็นโรคที่มีภาวะแทรกซ้อนหลายระบบ โดยเฉพาะภาวะแทรกซ้อนบริเวณเท้าที่ทำให้เกิดแผลเบาหวานที่เท้าและเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผู้ป่วยต้องได้รับการตัดเท้า

การเกิดแผลที่เท้าในผู้ป่วยเบาหวานเกิดจากการที่ระดับน้ำตาลในเลือดสูง และการควบคุมระดับน้ำตาลที่ไม่ดี ส่งผลให้

- เส้นประสาทที่ไปเลี้ยงเท้าเสื่อม กล้ามเนื้อเท้าอ่อนแรง การกระจายน้ำหนักเท้าผิดปกติ ทำให้เป็นแผลได้ง่าย
- เส้นเลือดที่ขาตีบ เลือดมาเลี้ยงเท้าลดลง ทำให้เป็นแผลที่หายได้ยาก ซึ่งเท้าเบาหวานหมายถึง กลุ่มอาการของเท้าที่เกิดจากปลายประสาทเสื่อม เส้นเลือดส่วนปลายตีบตันและการติดเชื้อซึ่งก่อให้เกิดบาดแผลและนำไปสู่การตัดขาได้ ค่าระดับน้ำตาลในเลือดสูง เคยเป็นแผลมาก่อน เคยถูกตัดขา สูญเสียประสาทรับความรู้สึกที่เท้า หรือเท้าผิดรูป โดยอาการที่สามารถพบได้ทั่วไป ได้แก่ ชาเท้า ตาปลา หนังหนาที่เท้าหรือเล็บ ปวดที่เท้าหรือน่องเวลาเดินนานๆ เท้าผิดรูป และแผลที่เท้า เป็นต้น

2.5.1 ปัจจัยเสี่ยงที่สัมพันธ์กับการเกิดแผลที่เท้าในผู้ป่วยเบาหวาน

- เพศ โดนเพศชายมีความเสี่ยงมากกว่าเพศหญิง
- ระยะเวลาในการเป็นเบาหวานนานกว่า 15 ปี
- การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดไม่ดี โดยจะมีผลต่อความสามารถของเม็ดเลือดขาวในการกำจัดเชื้อโรคลดลง ทำให้เกิดการติดเชื้อได้ง่ายและโรคลุกลามอย่างรวดเร็ว
- มีภาวะแทรกซ้อนจากโรคเบาหวาน ได้แก่ ภาวะทางหัวใจ ภาวะการมองเห็นหรือสายตามีปัญหา และภาวะทางไต
- มีความผิดปกติของเส้นประสาท และเส้นเลือดส่วนปลาย ได้แก่ การชาปลายมือปลายเท้า ทำให้ประสาทสัมผัสและการป้องกันการเกิดแผลเสียไป
- เท้าผิดรูป ทำให้การลงน้ำหนักที่เท้าผิดปกติ

- การสูบบุหรี่มีผลทำให้เกิดหลอดเลือดอุดตันได้
- เคยมีประวัติการเกิดแผลที่เท้ามาก่อน มีการศึกษาพบว่า มากกว่าร้อยละ 50 ของผู้ป่วยเบาหวานที่เคยมีแผลที่เท้ามาก่อน ทำให้มีโอกาสการเกิดแผลที่ตำแหน่งเดิมภายในระยะเวลา 2-5 ปี
- ขาดความรู้เกี่ยวกับการดูแลเท้า

2.5.2 ข้อควรปฏิบัติเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงการเกิดแผลที่เท้า

- ควบคุมเบาหวานให้ดีที่สุดซึ่งสามารถลดอัตราการเกิดปลายประสาทอักเสบ diabetic neuropathy
- งดการสูบบุหรี่โดยเด็ดขาด
- ออกกำลังกายโดยสม่ำเสมอ
- ควบคุมไขมันในเลือดไม่ให้สูงเกินปกติ
- รักษาโรคความดันโลหิตสูงให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ ลดการบริโภคเกลือ
- ลดน้ำหนักให้อยู่ในเกณฑ์ปกติบริโภคผักเพิ่มขึ้น

2.5.3 ปัจจัยเสี่ยงของการถูกตัดขาในผู้ป่วยเบาหวาน

- มีปลายประสาทอักเสบ (peripheral neuropathy) เนื่องจากผู้ป่วยไม่รู้สึกเจ็บปวดเมื่อเหยียบวัตถุมีคม หรือถูกไฟ ทำให้เกิดแผลโดยไม่รู้ตัวซึ่งทำให้เกิดการรักษาช้า
- มีหลอดเลือดแดงที่ขาแข็ง (peripheral vascular disease) โรคเบาหวานทำให้หลอดเลือดที่ขาตีบ มีผลทำให้แผลหายช้าจนมีเนื้อตาย (Diabetic foot ulcer) แล้วแผลเกิดติดเชื้อขึ้น นอกจากนี้การสูบบุหรี่จะทำให้หลอดเลือดที่ขาตีบมากยิ่งขึ้น เมื่อมีการอุดตันของเส้นเลือดทำให้เลือดไปเนื้อเยื่อลดลง ลักษณะเท้าของผู้ป่วยจะมีสีคล้ำ เท้าเย็น ซึ่งในผู้ป่วยบางรายเมื่อเดินแล้วจะมีอาการปวดเท้าและไม่สามารถคลำชีพจรหลังเท้าได้ ซึ่งการออกกำลังจะช่วยให้เลือดไปเลี้ยงขามากขึ้น
- การติดเชื้อ (Infection) เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้ป่วยนอนโรงพยาบาล สามารถเกิดได้แม้ว่าจะมีแผลเล็กๆที่เท้า
- มีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของเท้า (altered biomechanical)
- หนังแข็งบริเวณฝ่าเท้า

- เล็บผิดปกติ
- รองเท้าไม่เหมาะสม
- พฤติกรรมการดูแลเท้าไม่ถูกต้อง

2.5.4 การรักษาผู้ป่วยที่มีปัจจัยเสี่ยงของการถูกตัดขา

- ผู้ป่วยที่มีปลายประสาทอักเสบจะมีอาการชาที่เท้าควรสอนผู้ป่วยให้ใช้ตามอง หรือการใช้มือคลำเพื่อตรวจดูเท้า และสิ่งแวดล้อม
- ผู้ป่วยที่มีอาการปวดขาเวลาเดิน (intermittent claudication) ควรได้รับการปรึกษาศัลยแพทย์เพื่อประเมินสภาพหลอดเลือดแดงที่ขาและนำผลไปใช้วางแผนการรักษา และหากปวดขณะพัก ผู้ป่วยควรได้รับการต่อเส้นเลือด
- ผู้ป่วยที่หลอดเลือดแดงที่ขาตีบไม่ควรใช้ยาลดความดันกลุ่ม beta-block
- ผู้ป่วยมีรอยกดทับหรือตาปลา ควรลดการเกิดแรงกดที่เท้า ซึ่งจะช่วยทำให้แผลหายเร็วขึ้น เช่น การใช้ไม้เท้าหรือไม้ค้ำยัน การนั่งรถเข็น การลดน้ำหนัก การยกเท้าสูง และอาจจะจำเป็นต้องใช้รองเท้าชนิดพิเศษ (orthopedic shoes) เพื่อกระจายแรงกดให้ไปทั่วทั้งเท้า โดยแผ่นรองในรองเท้าเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญที่จะช่วยปกป้องฝ่าเท้าของผู้ป่วยเบาหวานได้ เนื่องจากเป็นบริเวณที่สัมผัสกับจุดเสี่ยงที่จะเกิดแผลเบาหวานโดยตรง การทำแผ่นรองในรองเท้าสำหรับผู้ป่วยเบาหวานจึงมีข้อควรคำนึงเพื่อให้สามารถรองรับฝ่าเท้า ลดแรงกระแทก และ ลดความเสี่ยงที่จะเกิดแผลเบาหวานให้ได้มากที่สุด

2.5.5 รองเท้าและกายอุปกรณ์เสริมที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยเบาหวาน

รองเท้าเป็นอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่คนส่วนใหญ่ใช้ในชีวิตประจำวัน การนำรองเท้าและอุปกรณ์เสริมในรองเท้ามาใช้ในการดูแลผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้านั้น มีการใช้กันมานาน แม้จะยังไม่มีงานวิจัยรองรับมากนัก อุปกรณ์เสริมในรองเท้าที่มีงานวิจัยสนับสนุนว่ามีความสำคัญสำหรับผู้ป่วยเบาหวานไม่น้อยกว่ารองเท้า ได้แก่ อุปกรณ์พยุงส้นเท้าและฝ่าเท้าชนิดหล่อพิเศษเฉพาะราย (total contact orthosis) วัตถุประสงค์หลักของการใช้รองเท้าและอุปกรณ์เหล่านี้ เพื่อป้องกันการเกิดแผลโดยเฉพาะบริเวณใต้ฝ่าเท้า โดยกลไกการลดแรงกดกระแทกและลดแรงตึงตัวของเนื้อเยื่ออ่อนในบริเวณดังกล่าว หรือเพื่อช่วยในการรักษาแผลบริเวณใต้ฝ่าเท้าโดยกลไกเดียวกัน ในปัจจุบันเริ่มมีงานวิจัยที่ช่วยสนับสนุนว่าการใช้รองเท้าที่เหมาะสมนั้น สามารถช่วยป้องกันการเกิดแผลซ้ำ และช่วย

ลดอัตราการถูกตัดขา การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้รองเท้าธรรมดาทั่วไปกับการใช้รองเท้าที่มีคุณลักษณะเฉพาะ พบว่ารองเท้าที่มีคุณลักษณะเฉพาะสามารถป้องกันการเกิดแผลซ้ำได้ดีกว่า คุณลักษณะเฉพาะของรองเท้าที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่มีภาวะแทรกซ้อนที่เท้า ได้แก่

- พื้นรองเท้าภายนอก (outsole) มีความโค้งลักษณะ rocker bottom shoes โดย rocker bottom มีหลายชนิด การเลือกใช้ชนิดใดขึ้นอยู่กับตำแหน่งของพยาธิ สภาพที่เท้าเป็นสำคัญ
- พื้นรองเท้าชั้นกลาง (midsole) ผลิตจากวัสดุที่ช่วยในการรองรับแรงกระแทกได้ดี เช่นเดียวกับวัสดุที่ใช้ทำรองเท้าวิ่ง
- ภายในรองเท้ามีอุปกรณ์พยุงส้นเท้าและฝ่าเท้าตลอดความยาวที่สามารถถอดออกได้ (removable insole) ซึ่งเมื่อถอดออกแล้วจะทำให้มีความลึกภายในรองเท้าเพิ่มขึ้น อย่างน้อย 3/16 นิ้วฟุต (depth shoes)
- ส่วนบนรองเท้าผลิตจากวัสดุที่มีคุณสมบัติในการยืดขยาย และระบายอากาศได้ดี เช่น หนังแท้ผ้ายืด เป็นต้น
- มีสายรัดหรือผูกเชือก เพื่อให้สามารถปรับขยายความกว้างได้

หากการผิดรูปของเท้าไม่รุนแรงผู้ป่วยเบาหวานสามารถใช้รองเท้าสำเร็จรูปที่มีคุณลักษณะเฉพาะเหล่านี้ได้หากการผิดรูปรุนแรงจนไม่สามารถหารองเท้าได้ก็จำเป็นต้องตัดรองเท้าตามการผิดรูป (custom made shoes) สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ผู้เป็นเบาหวานควรได้รับความรู้ใน การเลือกซื้อรองเท้าที่ถูกต้องมีการศึกษาพบว่าผู้ป่วยเบาหวานส่วนใหญ่ใส่รองเท้าไม่พอดีโดยปัญหา ที่พบบ่อยที่สุดคือความกว้างของหน้ารองเท้าแคบเกินไป หลักการเลือกซื้อรองเท้าที่ถูกต้อง ได้แก่

- ต้องไปลองรองเท้าด้วยตนเองเสมอ เพราะขนาดรองเท้านั้นไม่มีมาตรฐาน ขึ้นอยู่กับ ยี่ห้อ รูปทรง และแบบ
- เลือกรูปทรงรองเท้าที่ใกล้เคียงกับรูปทรงของเท้ามากที่สุดเพื่อไม่ให้เกิดการบีบรัดเป็นแผล
- ในกรณีที่ผู้ป่วยมีความจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้าควรนำอุปกรณ์นั้นไปลองกับรองเท้าด้วย
- ก่อนตัดสินใจซื้อควรลองรองเท้าหลายๆรูปทรงและแบบ แล้วเลือกรูปทรงและแบบ ที่สบายที่สุด
- ในการลองรองเท้าต้องลองเดินเสมอ เพราะขณะยืนหรือเดิน เท้าอาจขยายขนาดขึ้น
- ควรเลือกซื้อรองเท้าให้ตรงกับประเภทของกิจกรรมที่จะทำ หากเป็นไปได้ควรลองรองเท้าในเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาที่จะนำไปใช้

- ต้องลองรองเท้าทั้งสองข้างเสมอ เนื่องจากเท้าแต่ละข้างมักจะมีขนาดไม่เท่ากัน โดยควรเลือกความพอดีตามขนาดเท้าข้างที่ใหญ่กว่า
- ความกว้างของรองเท้าที่เหมาะสม คือตำแหน่งของเท้าส่วนที่กว้างที่สุดอยู่ตรงกับตำแหน่งของรองเท้าส่วนที่กว้างที่สุด โดยควรให้มีพื้นที่พอขยับนิ้วเท้าได้เล็กน้อย
- ความยาวของรองเท้าที่เหมาะสม คือมีระยะระหว่างนิ้วเท้าที่ยาวที่สุดกับปลายของรองเท้าประมาณ 3/8 ถึง ½ นิ้วฟุต
- ขณะก้าวเดิน บริเวณส้นเท้าควรกระชับพอดีไม่คับหรือหลวมเกินไป

2.6 Conductive Paper

เป็นกระดาษที่ผลิตมาจากการทอของคาร์บอน เพื่อให้ได้คุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ เป็นแผ่นที่มีความต้านทานแบบสม่ำเสมอซึ่งมีค่าความต้านทานต่อแรงในทุกทิศทางที่มากระทำ เนื่องจากมีราคาถูกและง่ายต่อการตัดรูปทรงจึงสามารถนำมาใช้เพื่อผลิตตัวต้านทานแบบหนึ่ง

ความต้านทานของกระดาษนำไฟฟ้า อยู่ที่ประมาณ 6 กิโลวัตต์ / ตาราง2 ต่ำพอที่จะใช้กับแรงดันไฟฟ้าต่ำที่ปลอดภัย แต่ยังสูงพอที่กระแสไฟฟ้าอยู่ในระดับต่ำเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเรื่องความต้านทานต่อการติดต่อ[3]

รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างกระดาษคอนดักทีฟ (Conductive Paper)

2.7 Logik Paper

Logik Paper เป็นกระดาษที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้เช่นเดียวกันกับ conductive paper แต่มีค่าความต้านทานที่แตกต่างกัน โดยในโครงงานนี้ใช้ Logik Paper ที่มีค่าความต้านทาน อยู่ที่ประมาณ 1 กิโลวัตต์ / ตาราง^2

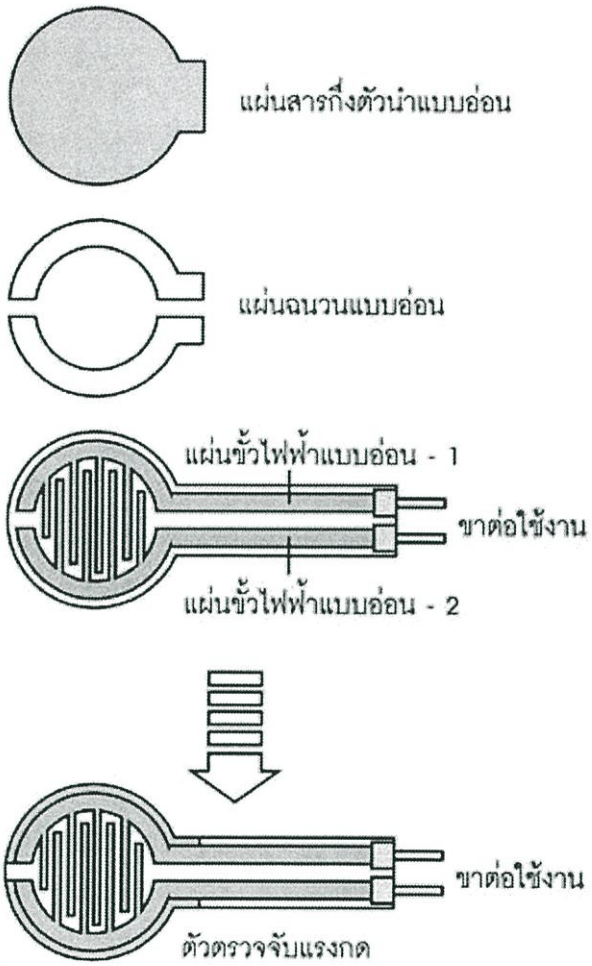
2.8 Copper tape

เทปบาร์ทองแดง ทำจากทองแดงแท้ 99.99% ซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงด้วยค่าความต้านทานต่ำ ใช้สำหรับเดินสายในระบบกราวด์เดินเพื่อนำไฟฟ้าไปตามที่ต้องการ

รูปที่ 2.32 แสดงตัวอย่างเทปคอปเปอร์

2.9 Force Sensing Resistor (FSR)

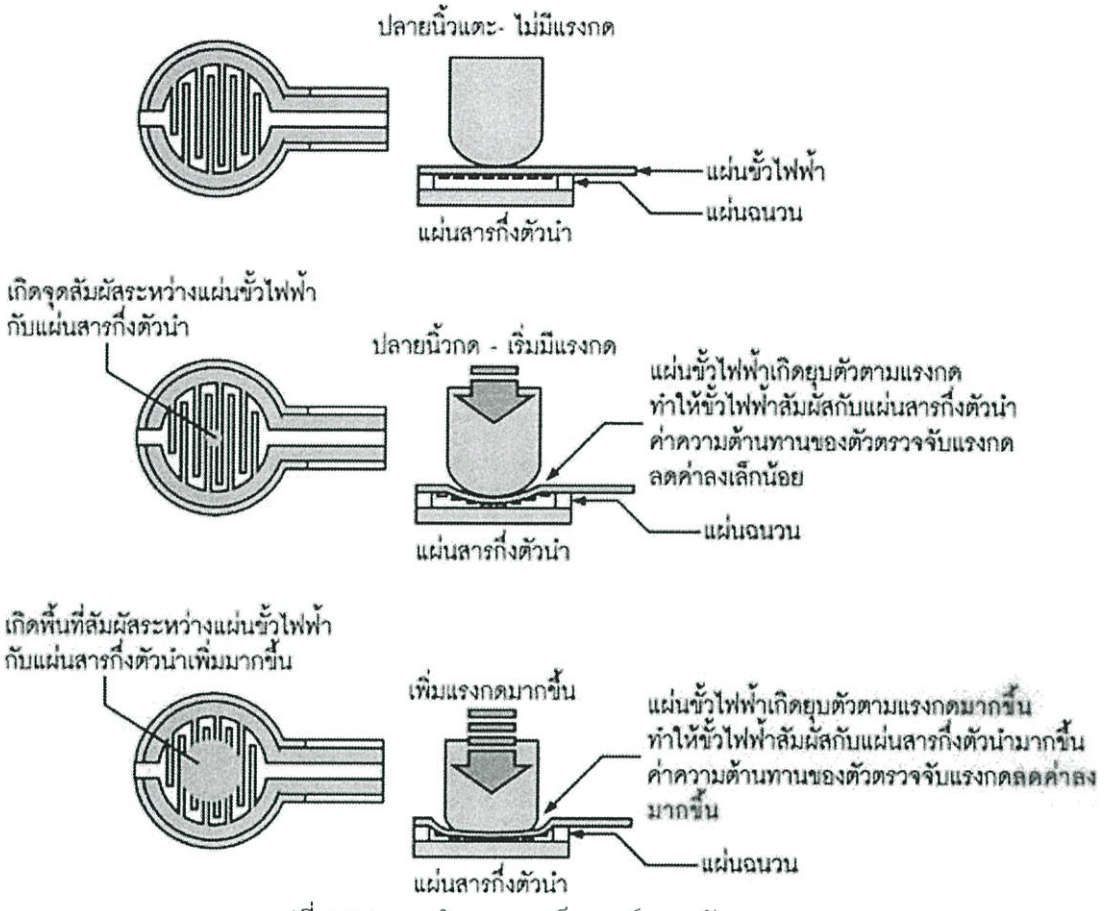
ลักษณะการทำงานของตัวตรวจจับแรงกด



รูปที่ 2.33 แสดงลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด

ตัวตรวจจับแรงกดหรือ force sensor มีหลายประเภท สำหรับงานในระดับนักเล่นนักทดลองที่นำมาเสนอนี้เป็นตัวตรวจจับแรงกดแบบค่า ความต้านทานหรือ Force Sensing Resistor (FSR) ที่ใช้เทคโนโลยีฟิล์มโพลีเมอร์แบบหนา (Polymer Thick Film) โดยแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวตรวจจับจะลดลง เมื่อมีแรงกดมากระทำบนแผ่นตรวจจับ มีโครงสร้างของตัวตรวจจับแสดงในรูปที่ 2.33 ประกอบด้วยแผ่นสารกึ่งตัวนำแบบอ่อนที่เป็นตัวกำหนดค่าความต้านทานไฟฟ้าประกบ เข้ากับแผ่นขั้วไฟฟ้าแบบอ่อน โดยมีแผ่นฉนวนแบบอ่อนคั่นกลาง ทำให้เกิดค่าความต้านทานไฟฟ้าขึ้นระหว่างขาต่อใช้งาน เมื่อมีการกดลงบนแผ่นขั้วนำไฟฟ้า จะทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างสารกึ่งตัวนำ

กับขั้วไฟฟ้า ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงกระบวนการทำงานในรูปที่ 2.34

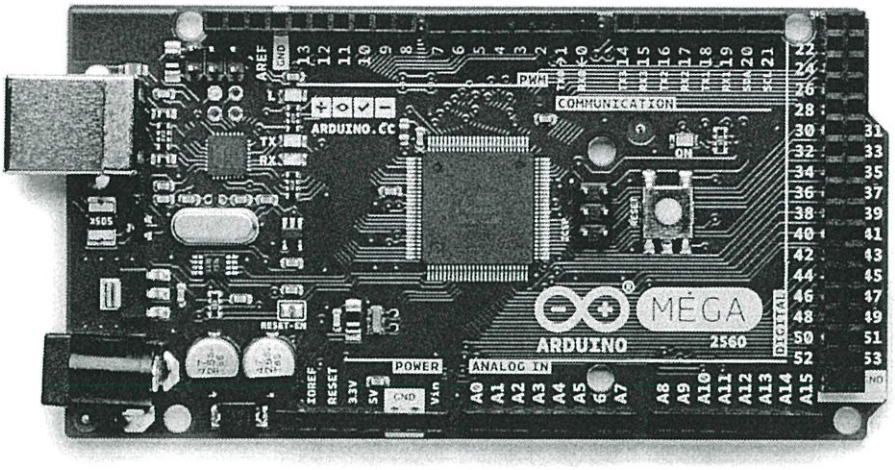


รูปที่ 2.34 การทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงกด

Force Sensing Resistor ไม่ใช่โหลดเซล (load cell) หรือสเตรนเกจ (strain gauge) แต่มีคุณสมบัติในการทำงานที่คล้ายกัน นั่นคือ สามารถตรวจจับแรงกดได้ แต่ Force Sensing Resistor จะให้ค่าในเชิงแนวโน้ม จึงเหมาะสำหรับการตรวจจับเพียงว่า เกิดแรงกดขึ้นที่ตัวตรวจจับหรือไม่ หรืออาจพอวัดได้ว่า แรงกดนี้มีแนวโน้มมากหรือน้อย โดย Force Sensing Resistor ไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการวัดค่าแรงกดจริงๆ

ดังนั้นตัวตรวจจับแรงกดแบบนี้จึงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการรับรู้ว่า มีการกดเกิดขึ้นหรือไม่ เนื่องจากค่าที่ได้จากตัวตรวจจับเป็นการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้า ที่สัมพันธ์กับพื้นที่ของการกด[4]

2.10 Arduino



รูปที่ 2.35 แสดงตัวอย่าง Arduino MEGA 2560 R3

Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรือ อาดุยโน่) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือ มีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ด หรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ดหรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield , Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield , Arduino Wireless Shield , Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้

2.10.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

- เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ผ่านทางโปรแกรม ArduinoIDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
- หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้ และหมายเลข Com port

- กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออับโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง "Done uploading" และ บอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที[8][9]

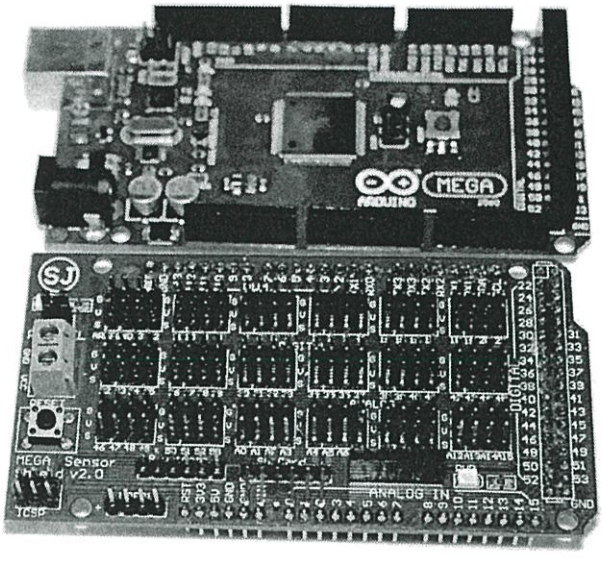
2.10.2 Arduino Mega 2560 R3

Arduino Mega 2560 R3 บอร์ดรุ่นใหญ่ในของตระกูล Arduino มีคุณสมบัติต่าง ๆ เพิ่มขึ้นจาก Arduino Uno R3 ใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output มากถึง 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ต้องการบอร์ด Arduino ที่มีหน่วยความจำและขาสัญญาณต่าง ๆ ให้ต่อใช้งานมากขึ้น

ข้อมูลจำเพาะ

ชิปไอซีไมโครคอนโทรเลอร์	ATmega2560
ใช้แรงดันไฟฟ้า	5V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่แนะนำ)	7 – 12V
รองรับการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (ที่จำกัด)	6 – 20V
พอร์ต Digital I/O	54 พอร์ต (มี 15 พอร์ต PWM output)
พอร์ต Analog Input	16 พอร์ต
กระแสไฟฟ้ารวมที่จ่ายได้ในทุกพอร์ต	40mA
กระแสไปที่จ่ายได้ในพอร์ต 3.3V	50mA
พื้นที่โปรแกรมภายใน	256KB แต่ 8KB ถูกใช้โดย Bootloader
พื้นที่แรม	8KB
พื้นที่หน่วยความจำถาวร (EEPROM)	4KB
ความถี่คริสตัล	16MHz

2.10.3 Arduino MEGA Sensor Shield



รูปที่ 2.36 แสดงตัวอย่าง Arduino MEGA Sensor Shield

Arduino ทุกเวอร์ชั่น (ยกเว้นพวกที่เป็น SMD และ เวอร์ชั่นที่ทำขึ้นเอง) จะถูกออกแบบให้มี Layout ของ Pin ต่าง ๆ ในรูปแบบเดียวกัน เพื่อให้สามารถใช้อุปกรณ์เสริมหลาย ๆ อย่างร่วมกันได้ โดยวิธี Plug n' play หมายถึง แค่เสียบลงไปแล้วก็นำไปใช้งานได้เลยทำให้อุปกรณ์เสริมที่นำมาใช้ต่อพ่วงร่วมกันเรียกว่า Shield

Shield ส่วนใหญ่จะใช้ ICSP Connector ในการเชื่อมต่อกับ Arduino board (หรือ Galileo board) โดยเมื่อเชื่อมต่อ Shield แล้วเรายังสามารถใช้งาน Digital pin และ Analog pin บางอันได้อยู่ หมายถึงว่าจะเสียการเชื่อมต่อบางอันไปให้ Shield ทำงาน ในปัจจุบันมีการออกแบบให้ Shield ใช้ทรัพยากรในการเชื่อมต่อกับบอร์ดน้อยที่สุด ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้มากขึ้น

สำหรับ Arduino นั้น Shield เป็นอุปกรณ์เสริมที่สำคัญ เพราะทำให้สามารถใช้งานได้มากขึ้น โดยเฉพาะ Shield ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เขียนมากก็คือ Ethernet Shield เพราะในยุคของ IoT (Internet of Things) อะไรก็เป็นการเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่าย เก็บข้อมูลไว้บน Cloud เสียหมด แต่บน Intel Galileo นั้น Ethernet Shield จะไม่มีความหมายอีกต่อไป เพราะถูกทดแทนด้วย Ethernet ที่ถูกฝังมาพร้อมกับบอร์ดอยู่แล้ว

2.11 MATLAB

Matlab เป็นโปรแกรมสำหรับการคำนวณเชิงตัวเลขและ Visualization ที่มีประสิทธิภาพสูง ชื่อของ โปรแกรม “Matlab” ย่อมาจากคำเต็มว่า MATrix LABoratory และเป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัท MathWorks ซึ่งการทำงานภายในโปรแกรม Matlab อยู่บนพื้นฐานของการคำนวณทางเมตริกซ์ (Matrix Manipulation and Computation) เป็นแกนหลักโปรแกรม Matlab สามารถทำงานแบบโต้ตอบ (interactive) ซึ่งคล้ายๆ กับ ภาษา Basic ในโปรแกรม QBasic และแบบ compiled mode คล้ายๆ กับภาษา C และ Pascal นอกจากนี้เราสามารถใช้ Matlab เป็นเสมือนเครื่องคิดเลข ทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ทันที

การโปรแกรม Matlab สามารถทำได้ง่ายเมื่อเทียบกับภาษาโปรแกรมอื่นๆ เราสามารถสร้างและกำหนดค่า ตัวแปรได้ทันทีโดยไม่ต้องประกาศตัวแปรก่อน ซึ่งสะดวกในการเขียนโปรแกรม เพราะผู้ใช้ไม่ต้องกังวลในเรื่อง โครงสร้างของภาษา เช่น ในเรื่องการต้องประกาศตัวแปรก่อนใช้งาน แต่มาสนใจอัลกอริทึมในการแก้โจทย์ปัญหา เป็นหลักข้อมูลไม่ว่าจะเป็นตัวเลข หรือตัวอักษร (strings) จะถูกจัดเก็บในรูปแบบของแถวและหลัก หรือ array ซึ่ง ก็คือ matrix นั่นเอง เช่น จำนวนสเกลล่าร์ (scalar) จะถูกแทนด้วยเมตริกซ์ขนาด 1x1 ข้อมูลที่เป็นเวกเตอร์จะถูก แทนที่ด้วยเมตริกซ์ที่มีเพียง 1 แถว ในกรณีที่เป็นเวกเตอร์แบบแถว (Row vector) หรือถูกแทนที่ด้วยเมตริกซ์ที่มี เพียง 1 หลักในกรณีที่เป็นเวกเตอร์แบบหลัก (Column vector) เป็นต้น การที่ Matlab ถูกออกแบบมาให้มีการทำงานภายในเช่นนี้ทำให้การเขียนโปรแกรมแก้โจทย์ปัญหาที่มีลักษณะของ vector และ matrix เป็นเรื่องง่าย ตัวอย่างเช่น การแก้ระบบสมการเชิงเส้น ซึ่งระบบสมการ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบ [A]{x} = {b} ได้เป็นต้น จะสามารถสรุปความสามารถของโปรแกรม Matlab เบื้องต้น ดังนี้

- Matlab เป็นโปรแกรมเพื่อการคำนวณและแสดงผลได้ทั้งตัวเลขและรูปภาพซึ่งมีประสิทธิภาพสูงสามารถ ทำการเขียนกราฟทั้ง 2 มิติและ 3 มิติได้อย่างง่ายดายและมีประสิทธิภาพ
- เราสามารถควบคุมการทำงานของ Matlab ด้วยชุดคำสั่ง (command line) และยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่ง เป็นโปรแกรม (script file) ได้ด้วย
- ลักษณะการเขียนโปรแกรมใน Matlab จะใกล้เคียงการเขียนสมการคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคยจึงง่ายกว่าการ เขียนโปรแกรมด้วยภาษาชั้นสูง เช่น ภาษา C, Pascal, Fortran และอื่นๆ
- Matlab มีฟังก์ชั่นสำเร็จรูป (built-in function) เพื่อทำงานเฉพาะทางมากมาย นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถเขียน ฟังก์ชั่นขึ้นมาใหม่โดยใช้ประโยชน์จากฟังก์ชั่นที่มีอยู่เดิมได้เพื่อให้

เหมาะสมกับงานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม สำหรับผู้ใช้ที่ต้องการใช้งานเฉพาะทางขั้นสูง เช่น งานด้าน Control, Image Processing, Artificial Neural Network หรืออื่นๆ Matlab ก็มี toolbox หรือชุด function พิเศษ เพื่อทำงานเฉพาะทางนั้นๆ ด้วย

- Matlab สามารถเชื่อมโยงหรือส่งข้อมูลแบบ Dynamic Link กับโปรแกรมอื่นๆ ได้เช่น Excel หรือ โปรแกรมที่เขียนขึ้นเองจากภาษา C หรือ Visual Basic ที่ร่วมทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการ Windows

ความสามารถหลักของ MATLAB ที่เหมาะสมกับการทำงานทางด้านวิศวกรรม

- MATLAB เป็นโปรแกรมเพื่อการคำนวณและแสดงผลได้ทั้งตัวเลขและรูปภาพซึ่งมีประสิทธิภาพสูง
- MATLAB จะควบคุมการทำงานด้วยชุดคำสั่งและยังสามารถรวบรวมชุดคำสั่งเป็นโปรแกรมได้อีกด้วย
- MATLAB มี function ที่เหมาะสมกับงานทางวิศวกรรมพื้นฐานมากมาย นอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถเขียน function ขึ้นมาใหม่โดยสามารถใช้ประโยชน์จาก function ที่มีอยู่แล้วเพื่อให้เหมาะสมกับงานของผู้ใช้แต่ละกลุ่ม
- ลักษณะการเขียนโปรแกรมใน MATLAB จะใกล้เคียงการเขียนสมการทางคณิตศาสตร์ที่เราคุ้นเคย จึงง่ายกว่าการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาชั้นสูงเช่น C, FORTRAN หรืออื่น ๆ
- MATLAB มีความสามารถในการเขียนกราฟและรูปภาพทั้ง 2 มิติและ 3 มิติได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- MATLAB สามารถทำ Dynamic Link กับโปรแกรมอื่น ๆ ได้ไม่ว่าจะเป็น Microsoft Word, Microsoft Excel หรืออื่น ๆ ที่ร่วมทำงานอยู่บน windows
- MATLAB มี toolbox หรือชุด function พิเศษสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการใช้งานเฉพาะทางหรืองานด้านวิศวกรรมขั้นสูงอื่น ๆ

2.11.1 Graphical User Interface (GUI)

Graphical User Interface (GUI) เป็น user interface ที่สร้างขึ้นด้วย graphical object แบบต่าง ๆ เช่น ปุ่ม เมนูslider Application ต่าง ๆ ที่ออกแบบมาเป็น GUI จะพบว่าสามารถทำให้ผู้ใช้เข้าใจการใช้application นั้นได้อย่างรวดเร็ว การทำงานของ application จะเกิดขึ้นทันทีที่ได้รับ input

2.11.1.1 การสร้าง GUI ด้วย GUIDE

MATLAB ได้สร้าง Graphical User Interface Development Environment หรือ GUIDE ขึ้นเพื่อช่วยให้เราสร้าง บันทึกและแก้ไข GUI ได้สะดวกขึ้น

การสร้าง GUI จะประกอบด้วยขั้นตอนสองขั้นตอน

- กำหนดและวางส่วนประกอบต่าง ๆ ลงบน GUI
- เขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดการทำงานของส่วนประกอบต่าง ๆ ใน GUI

GUIDE นั้นโดยหลักใหญ่แล้วจะมีหน้าที่ในการวางส่วนประกอบที่เราต้องการให้มีลงใน GUI จากนั้น GUIDE จะสร้าง M-file ที่บรรลุ handle ของวัตถุหรือ object ทั้งหมดที่เราสร้างขึ้นรวมทั้งคำสั่งให้ GUI ทำงาน นอกเหนือจากนั้น M-file จะให้แนวทางในการเขียนฟังก์ชัน ที่ทำงานหลังจากผู้ใช้กดเมาส์ ปุ่มซ้ายหรือปรับเปลี่ยนค่าของวัตถุนั้น ซึ่งเราเรียกว่า callback ของวัตถุนั้น

2.11.1.2 ส่วนประกอบของ GUI ใน MATLAB

GUI สามารถขึ้นมาได้โดยการเขียนเป็น M-file ขึ้นมาล้วน ๆ แต่การใช้ GUIDE จะทำให้การทำงานง่ายขึ้นมาก เพราะ จะช่วยให้เรากำหนดตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ ได้โดยง่าย หลังจากนั้น GUIDE จะสร้างไฟล์ขึ้งมา 2 ไฟล์เพื่อเก็บและนำ GUI มาใช้ต่อไปซึ่งจะประกอบด้วย

- FIG-file ซึ่งจะบรรจุรายละเอียดของวัตถุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในหน้าต่างรูปภาพที่ เป็น GUI ที่สร้างขึ้น
- M-file ที่จะบรรจุฟังก์ชันที่กำหนดการทำงานของ GUI รวมถึง callback ทั้งหมด ซึ่ง callback เหล่านี้จะบรรจุเป็น sub function อยู่ใน M-file และจะเรียก M-file ที่ควบคุมการทำงานของ GUI นี้ว่า Application M-file ดังนั้น Application M-file จะไม่มีข้อมูลใด ๆ เกี่ยวกับรูปแบบของส่วนประกอบที่บรรจุอยู่ใน GUI เช่น สี ขนาด ตำแหน่ง หรืออื่น ๆ เลยเพราะข้อมูลเหล่านั้นจะบรรจุอยู่ใน FIG-file

2.11.1.3 ส่วนประกอบสำคัญของ Application M-file ที่สร้างโดย GUIDE

GUIDE จะรวบรวมองค์ประกอบต่าง ๆ ภายใน GUI แล้วสร้าง Application M-file โดยอัตโนมัติ โดยมีรูปแบบของการสร้างที่ชัดเจน เพื่อให้ได้โครงสร้างของ Application M-

file จากนั้นสามารถนำโครงสร้างที่สร้างโดยอัตโนมัตินั้นมาปรับแก้เพื่อให้เกิดการควบคุม GUI ได้ตามที่ต้องการ การกระทำดังกล่าวทำให้มีข้อได้เปรียบหลายประการ เช่น

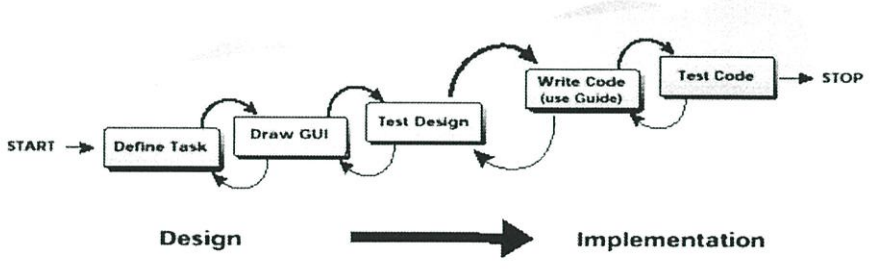
- M-file จะประกอบด้วยคำสั่งที่จำเป็นในการควบคุม GUI ครบถ้วน
- M-file จะทำให้ส่งข้อมูลไปที่ส่วนต่าง ๆ ได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว
- การใช้ M-file จะทำให้เราส่งข้อมูลไปที่ส่วนต่าง ๆ ภายใต้ MATLAB ได้ง่ายขึ้น

แม้ว่า GUIDE จะให้ทางเลือกกับว่าจะให้ GUIDE สร้างเฉพาะ fig-file เพื่อเก็บและใช้เป็นข้อมูลของ GUI ที่สร้างขึ้นเพียงอย่างเดียว แล้วเขียน M-file ขึ้นมาเอง แต่สำหรับผู้เริ่มเขียน GUI บน MATLAB การสร้าง GUI ด้วย GUIDE จะสะดวกกว่า การสร้าง GUI ด้วย GUIDE มีการกำหนดขั้นตอนดังนี้

- เลือก GUIDE Application option แล้วเลือกให้ GUIDE สร้างทั้ง FIG-file และ M-file
- การใช้ Layout Editor เพื่อวางรูปแบบของ GUI
- เรียนรู้การสร้าง Application M-file จาก GUIDE และเข้าใจถึงวิธีการทำเพื่อจะนำไปใช้ต่อ
- ปรับแก้ Application M-file ให้ทำงานตามที่ผู้ใช้กำหนด

2.11.1.4 กระบวนการการออกแบบ GUI

การออกแบบ GUI ที่ดีจำเป็นจะต้องมีการวางแผนการที่ดี หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่ง กระบวนการการออกแบบ GUI จะมีความสำคัญต่อ GUI ที่ได้เป็นอย่างมาก



รูปที่ 2.37 แสดงขั้นตอนการออกแบบ GUI

เริ่มจากการวางโครงร่างด้วยแนวความคิดก่อนว่าต้องการจะทำอะไรเป็นขั้นแรก ในขั้นตอนนี้จะต้องวางโครงร่าง หลักการการทำงานและสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องเพื่อจะประกอบเป็น

GUI ซึ่งอาจเป็นขั้นที่ยากที่สุดของการออกแบบก็ว่าได้ เพราะเป็นขั้นที่จะต้องคิดว่า จะต้องออกแบบอะไร และทำงานเพื่อให้สำเร็จจุดประสงค์ใด นอกจากรูปร่างที่ปรากฏภายนอกแล้ว ยังรวมไปถึงความสามารถในการเขียนหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์ ควบคุมแต่ละส่วน หรือก็คือการเขียน callback ของส่วนควบคุมแต่ละส่วนอีกด้วย ขั้นต่อไปก็จะเป็นการสร้าง GUI และทดสอบ GUI ที่สร้างขึ้น การวางส่วนควบคุม ต่างๆ เป็นการวางรูปลงไปบน figure windows ส่วนการเขียน callback ก็จะมี Callback Editor เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการเขียนคำสั่งเหล่านี้ หลังจากที่เราได้เขียน GUI รวมถึงได้เขียนโปรแกรม callback และอื่นๆที่เกี่ยวข้องเรียบร้อยแล้ว จะต้องมีการทดสอบการทำงาน โดยการทดสอบอาจจะทำเอง หรือการให้ผู้อื่นช่วยทดสอบโปรแกรมจะทำให้สามารถมองหาจุดบกพร่องหรือข้อจำกัดของโปรแกรมได้ง่ายขึ้น

2.11.1.5 ข้อเสนอแนะในการออกแบบ GUI

ข้อแนะนำประการแรกก็คืออย่าเริ่มทำอะไรกับ MATLAB หรือ GUIDE จนกระทั่งได้วางโครงร่าง ออกแบบ กำหนดการเขียน Callback และหน้าที่ต่าง ๆ ของวัตถุที่ใช้ควบคุมทั้งหมดบน GUI เป็นที่เรียบร้อย แล้วจึงทำการสร้าง GUI ตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งการวางแผนจะช่วยให้เข้าใจการทำงาน แก้ไข และปรับปรุงการทำงานของ GUI ได้โดยง่าย ในการออกแบบ GUI โดยทั่วไปมีหลักที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการ สำหรับหลักการใหญ่ ๆ ของการออกแบบ GUI เพื่อให้กลุ่มผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความพึงพอใจ ผู้ออกแบบ GUI ควรจะคำนึงถึงหลักการต่อไปนี้

- ต้องออกแบบให้มีความง่ายในการใช้
- ต้องออกแบบให้มีรูปแบบที่ชัดเจน
- ต้องออกแบบให้มีรูปแบบที่ผู้ใช้งานคุ้นเคย

ซึ่งถ้าหากผู้ใช้ได้ใช้ GUI ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถที่จะใช้งาน GUI ได้อย่างรวดเร็วแม้ว่าจะเป็นการใช้งานในครั้งแรก ซึ่งแน่นอนที่สุดเมื่อผู้ใช้สามารถที่จะใช้งานได้อย่างรวดเร็ว สำหรับ หลักการทั้งสามมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังต่อไปนี้

- การออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน

ในการออกแบบ GUI นั้นเราจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำถึงความง่ายในการใช้งาน เพราะการที่เรา ออกแบบ GUI ที่ซับซ้อนโดยไม่จำเป็นนั้นจะทำให้ผู้ใช้มี

ความรู้สึกว่า GUI นี้ยุ่งยากเกินกว่าที่จะสามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และจะเลิกใช้ไปในที่สุด ตัวอย่างของการออกแบบให้ง่ายต่อการใช้งาน เช่น พยายามให้มีการ Interactive กับผู้ใช้ให้น้อยที่สุด การที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้เกินความจำเป็นนั้น จะทำให้ผู้ใช้มีความรู้สึกว่าต้องตอบคำถามมากมายก่อนที่จะได้สิ่งที่ตนเองต้องการ ดังนั้นการเขียน GUI เราควรจะมีปุ่มต่าง ๆ ให้น้อยที่สุดและมีเฉพาะปุ่มที่จำเป็นที่จะต้องควบคุมโดยผู้ใช้เท่านั้น ไม่ควรใช้หน้าต่างหลายๆหน้าต่างในการแสดงผลและรับข้อมูล เพราะการที่มีหน้าต่างหลายหน้าต่าง จะทำให้ผู้ใช้สับสนได้ง่าย ดังนั้นถ้าเป็นไปได้เราควรจะเลือกออกแบบให้GUI มีหน้าต่างเพียงหน้าต่างเดียว ในหลายกรณีถ้าเป็นไปได้อาจจะเลือกใช้รูปภาพ หรือสัญลักษณ์แทนตัวอักษร ยกตัวอย่าง เช่น การช้ Slider แทนการใช้การป้อนข้อมูลด้วยตัวเลข เป็นต้น ทั้งนี้ต้องขึ้นกับความเหมาะสมของการใช้สัญลักษณ์แบบนั้น ๆ ด้วย

- การออกแบบให้มีรูปแบบที่ชัดเจน

การออกแบบให้มีรูปแบบที่จัดเจนหมายความว่าในกรณีที่เราสร้าง GUI ขึ้นมาใช้เป็นลำดับขั้น คือหลังจากการกรอกข้อมูลหน้าต่างแรกเสร็จ ก็จะปรากฏหน้าต่างที่สองขึ้นมา และอาจมีหน้าต่างอื่นๆ ตามขึ้นมาอีก เป็นต้น การออกแบบแต่ละหน้าต่างควรจะให้มีการกำหนดลักษณะของแถบเมนูที่ ใกล้เคียงกัน GUI ควรจะมีสีพื้นที่เหมือนกัน คำอธิบายต่าง ๆ ก็ควรจะวางไว้ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงกัน ในทุกหน้าต่าง การทำเช่นนี้จะไม่ทำให้ผู้ใช้มีความรู้สึกว่าจะต้องมีการเปลี่ยนหน้าต่างเพื่อใส่ข้อมูลอยู่ ตลอดเวลาแม้ว่าในความเป็นจริงแล้วมีการเปลี่ยนหน้าต่างอยู่หลายหน้าต่าง

- การออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้คุ้นเคย

สำหรับผู้ที่ใช้โปรแกรมมานานพอสมควรคงสังเกตเห็นการจัดเรียงรายการบนแถบเมนูของ หลายๆโปรแกรมจะคล้ายๆกันแม้ว่าจะมาจากผู้ผลิตที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น File จะเป็นเมนูแรก และ help จะเป็นเมนูสุดท้ายเสมอ สาเหตุก็เพราะว่าผู้ใช้ส่วนใหญ่มีความคุ้นเคยในรูปแบบดังกล่าว ดังนั้นข้อคิดในที่นี้ก็คือเราอาจไม่มีความจำเป็นที่จะต้องออกแบบสิ่งที่ผู้ใช้คุ้นเคยอยู่แล้วนี้ขึ้นมาใหม่ เพราะผู้ใช้ทุกกลุ่มคุ้นเคยการใช้งานอย่างนี้อยู่แล้วนั่นเอง[10]

บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อตรวจวัดการลงน้ำหนักในจุดต่าง ๆ บริเวณฝ่าเท้าของผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับเท้าเพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยเหลือแพทย์ในการวินิจฉัย และรักษาโรคหรืออาการต่าง ๆ เช่น ภาวะแผลกดทับของผู้ป่วยเบาหวาน โรครองช้ำ และรวมไปถึงภาวะเท้าแบน โดยได้นำความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มาประยุกต์ใช้ในการสร้างโครงข่ายของเซ็นเซอร์วัดแรงกดบนฝ่าเท้าในตำแหน่งต่าง ๆ ของผู้ป่วย โดยชิ้นงานนี้มีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ ส่วนของการประดิษฐ์เซ็นเซอร์ และ ส่วนของการเขียนโปรแกรมประมวลผลและแสดงผล

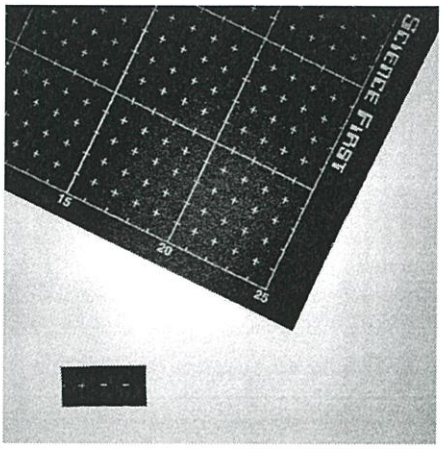
3.1 ส่วนของการประดิษฐ์เซ็นเซอร์ (Force Sensor)

3.1.1 วัสดุที่ใช้ในการทำเซ็นเซอร์

- กระดาษ Conductive
- กระดาษ Logik
- เทปคอปเปอร์
- ตัวต้านทานขนาด 50 โอห์ม

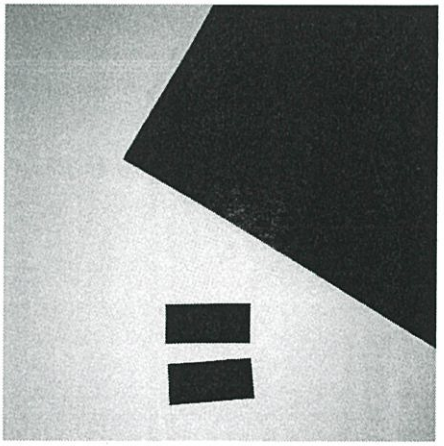
3.1.2 ขั้นตอนการทำเซ็นเซอร์

- ออกแบบขนาดและรูปร่างลักษณะของเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกดที่ต้องการจะทำ แล้วตัดกระดาษ Conductive ตามขนาดที่กำหนดไว้



รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการตัดกระดาษคอนดักทีฟ

- ตัดกระดาษ Logik ให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของกระดาษ Conductiveด้านละ 1 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น เพื่อนำมาประกบกระดาษ Conductive ทั้ง 2 ด้าน สาเหตุที่ต้องตัดกระดาษ Logik ให้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของกระดาษ Conductive คือ เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษ Logik ที่ประกบทั้ง 2 ด้านสัมผัสกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดของค่าที่ได้รับ

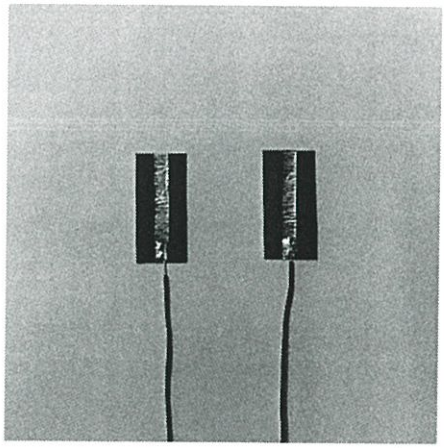


รูปที่ 3.2 แสดงการตัดกระดาษโลจิค

- นำเทปคอปเปอร์มาติดที่กระดาษ Logik ทั้งสองชิ้น บริเวณตรงกลางตามแนวยาว

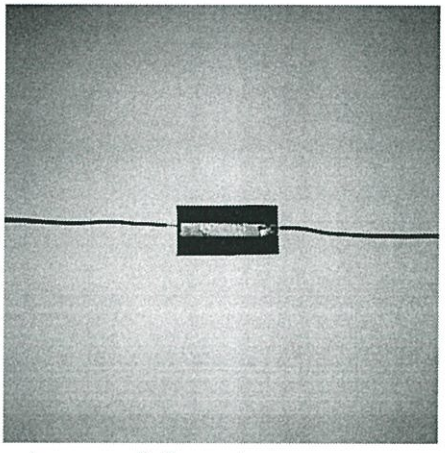
รูปที่ 3.3 แสดงการติดเทปคอปเปอร์บนกับกระดาษโลจิค

- จากนั้นทำการบัดกรีสายไฟเข้ากับเทปคอปเปอร์ที่ติดบนกระดาษ Logik ทั้ง 2 ชิ้น



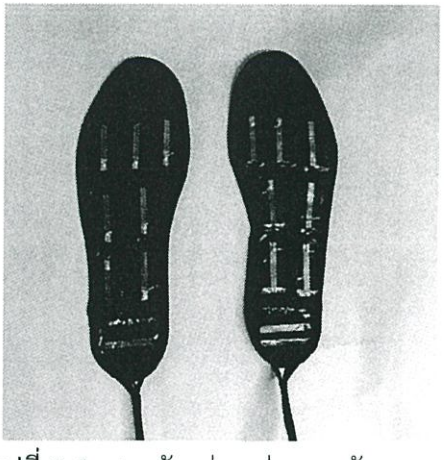
รูปที่ 3.4 แสดงการบัดกรีสายไฟเข้ากับเทปคอปเปอร์ที่ติดบนกระดาษโลจิค

- นำกระดาษ Logik ที่มีการบัดกรีสายไฟเข้ากับเทปคอปเปอร์ มาประกบกระดาษ C onductive ทั้ง 2 ด้าน



รูปที่ 3.5 แสดงการนำกระดาษโลจิคมาประกบกระดาษคอนดักทีฟทั้งสองด้าน

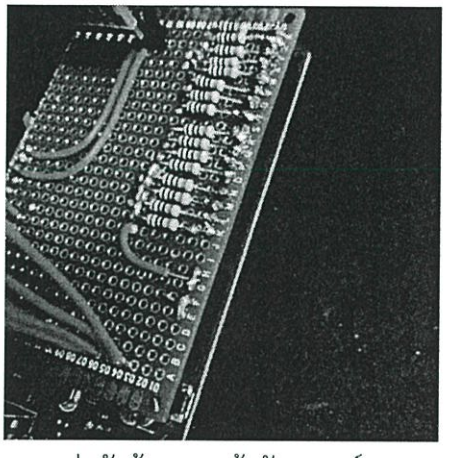
- เซ็นเซอร์มาติดบนวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นแผ่นตรวจวัดแรงกดในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยการเลือกตำแหน่งจะสอดคล้องกับตำแหน่งของกระดูกเท้า



รูปที่ 3.6 แสดงตัวอย่างแผ่นตรวจวัดแรงกด

3.1.3 การต่อเซ็นเซอร์เข้ากับ Arduino Mega

- หลังจากที่ได้แผ่นตรวจวัดแรงกดแล้ว เซ็นเซอร์แต่ละตัวจะมีขาข้างหนึ่งที่ต่อกับตัวต้านทานขนาด 50 โอห์ม ส่วนขาอีกข้างของเซ็นเซอร์จะใช้สำหรับต่อเข้ากับไฟ 5 โวลต์
- ขาของตัวต้านทานที่ต่อเข้ากับเซ็นเซอร์ จะต่อเข้ากับ Analog Read A0 ถึง A15
- ขาอีกข้างหนึ่งของตัวต้านทานจะต่อเข้ากับกราวด์ของ Arduino Mega



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อตัวต้านทานเข้ากับกราวด์ของ Arduino Mega

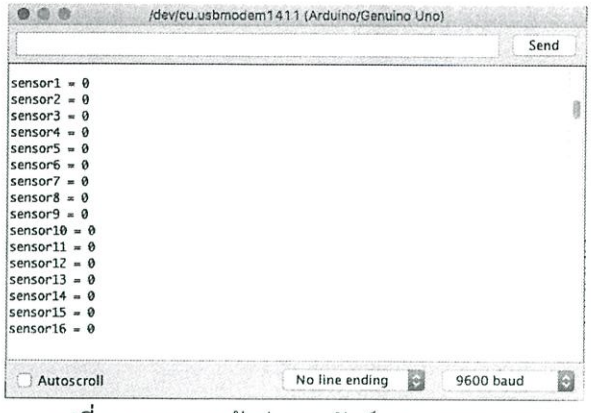
3.2 ส่วนของการเขียนโปรแกรมประมวลผลและแสดงผล

3.2.1 โปรแกรมที่ใช้ทดสอบการใช้งานของเซ็นเซอร์

การทดสอบการใช้งานเซ็นเซอร์ จะใช้โปรแกรม Arduino ในการทดสอบ ซึ่งโค้ดที่ใช้มีดังนี้

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
}
void loop() {
    int a = analogRead(A0);
    int b = analogRead(A1);
    int c = analogRead(A2);
    int d = analogRead(A3);
    int e = analogRead(A4);
    int f = analogRead(A5);
    int g = analogRead(A6);
```

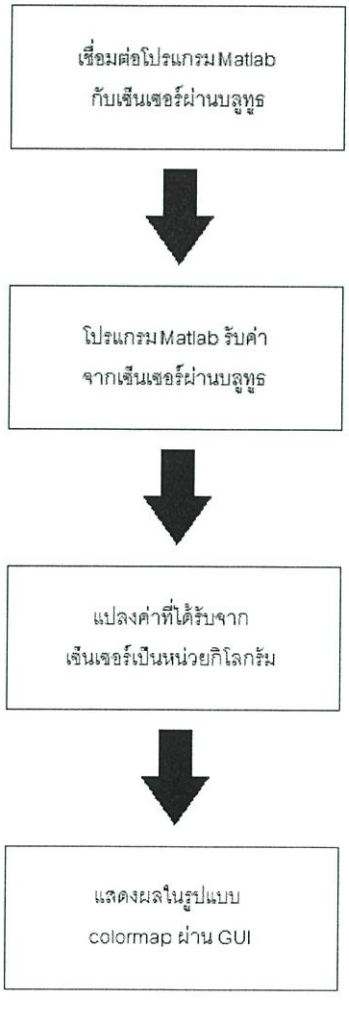
```
    int h = analogRead(A7);
    int i = analogRead(A8);
    int j = analogRead(A9);
    int k = analogRead(A10);
    int l = analogRead(A11);
    int m = analogRead(A12);
    int n = analogRead(A13);
    int o = analogRead(A14);
    int p = analogRead(A15);
    Serial.println("sensor1 = "); Serial.print(a);
    Serial.println("sensor2 = "); Serial.print(b);
    Serial.println("sensor3 = "); Serial.print(c);
    Serial.println("sensor4 = "); Serial.print(d);
    Serial.println("sensor5 = "); Serial.print(e);
    Serial.println("sensor6 = "); Serial.print(f);
    Serial.println("sensor7 = "); Serial.print(g);
    Serial.println("sensor8 = "); Serial.print(h);
    Serial.println("sensor9 = "); Serial.print(i);
    Serial.println("sensor10 = "); Serial.print(j);
    Serial.println("sensor11 = "); Serial.print(k);
    Serial.println("sensor12 = "); Serial.print(l);
    Serial.println("sensor13 = "); Serial.print(m);
    Serial.println("sensor14 = "); Serial.print(n);
    Serial.println("sensor15 = "); Serial.print(o);
    Serial.println("sensor16 = "); Serial.print(p);
delay(500);
}
```



รูปที่ 3.8 แสดงหน้าต่างผลลัพธ์ของการทดสอบ

3.2.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์และแสดงผล

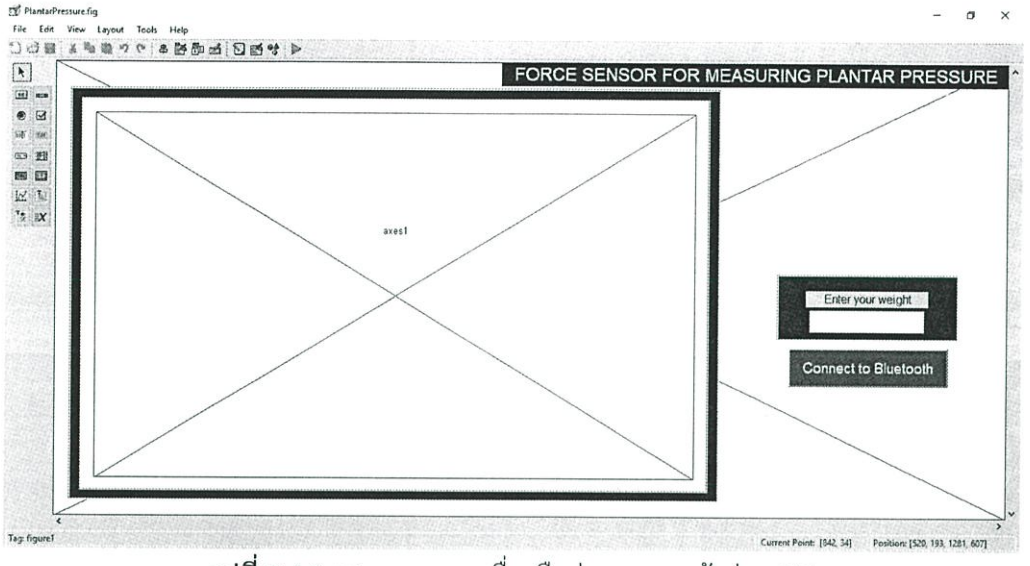
จะใช้โปรแกรม Matlab (Graphical User Interfaces) โดยมีหลักการดังนี้



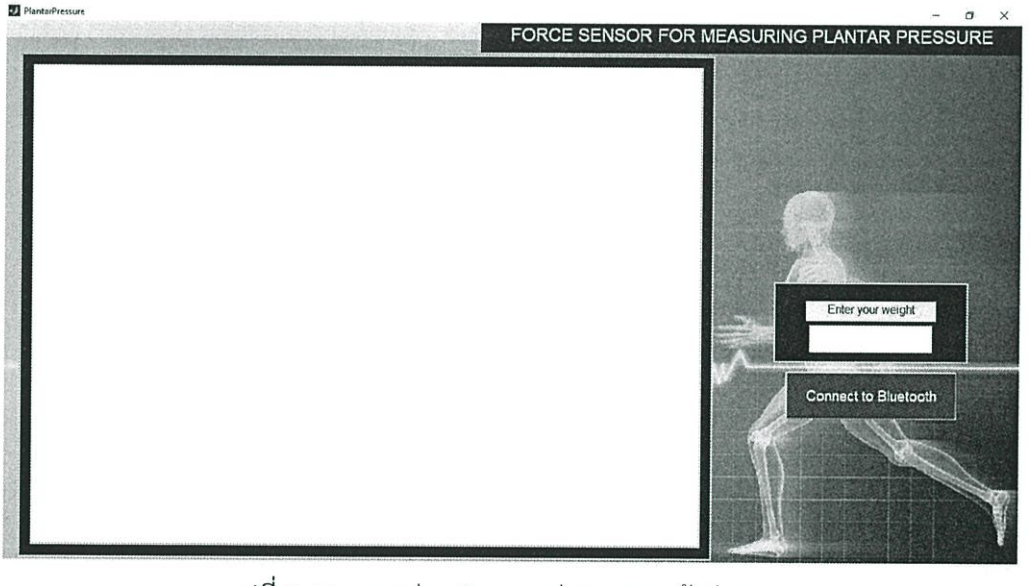
รูปที่ 3.9 แสดงแผนผังกระบวนการทำงานของโปรแกรมแมทแลป

3.2.3 การสร้าง Graphical User Interfaces (GUI)

การสร้าง Graphical User Interfaces (GUI) โดยกำหนดเครื่องมือและส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3.10 แสดงการวางเครื่องมือต่าง ๆ บนหน้าต่าง GUI



รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ บนหน้าต่าง GUI

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

หลังจากที่ได้ประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้า โดยมีขั้นตอนการทำงานแบ่งเป็นสี่ส่วนย่อย ได้แก่

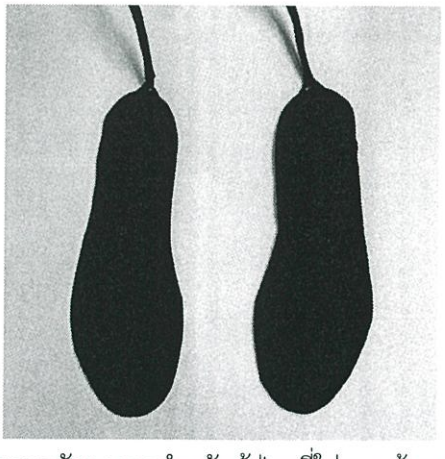
ขั้นตอนแรก คือ การกำหนดวัตถุประสงค์ของการประดิษฐ์อุปกรณ์ โดยมีการคำนึงถึงโครงสร้างของเท้า ความผิดปกติต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และการทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกด

ขั้นที่สอง คือ การประดิษฐ์เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกด โดยในอุปกรณ์นี้ใช้เซ็นเซอร์ทั้งหมด 16 ตัวและ ทำการทดลองการใช้งาน

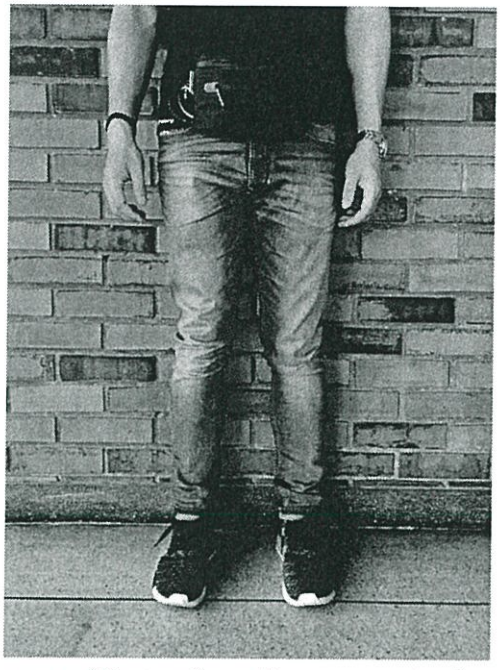
ขั้นตอนที่สาม คือ การเขียนโปรแกรมในโปรแกรม MATLAB ให้มีการแสดงผลผ่าน Colormapและเขียนโปรแกรมในการส่งข้อมูลผ่านบลูทูธไปยังตัวรับ

และขั้นตอนที่สี่ คือ ขั้นตอนการประกอบส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกันเป็นชิ้นงาน ซึ่งหลังจากทำการทดลองการใช้งานแล้วได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

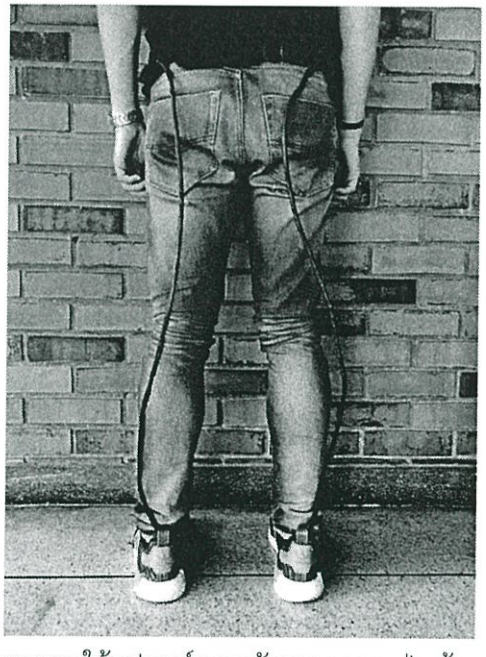
4.1 โครงสร้างของอุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้า



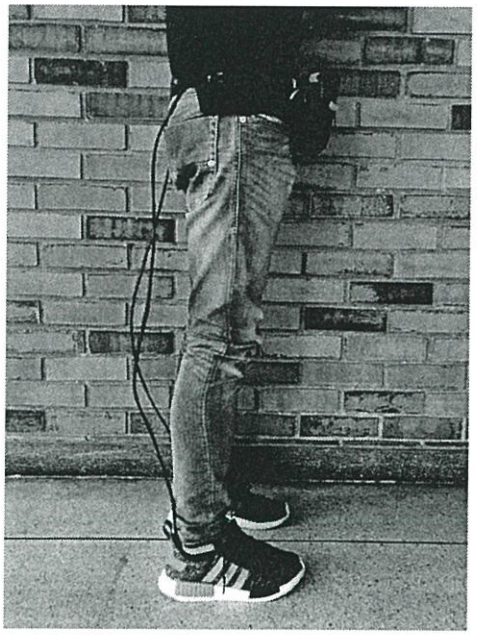
รูปที่ 4.1 แสดงแผ่นตรวจวัดแรงกดสำหรับผู้ป่วยที่ใส่รองเท้าขนาดประมาณ 38-42



รูปที่ 4.2 แสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้าจากด้านหน้า



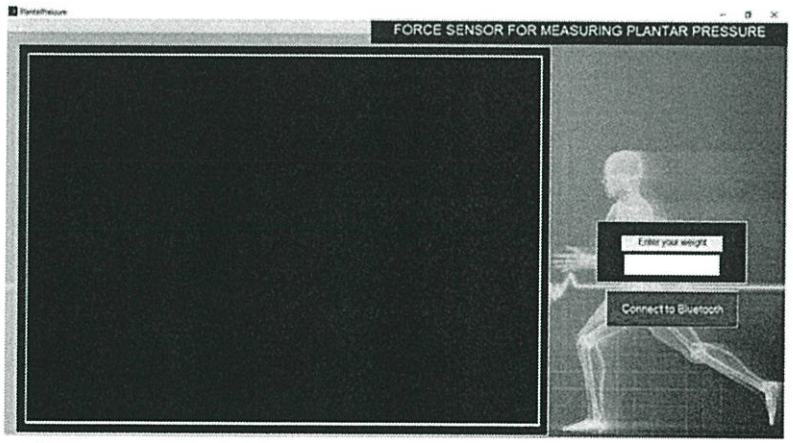
รูปที่ 4.3 แสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้าจากด้านหลัง



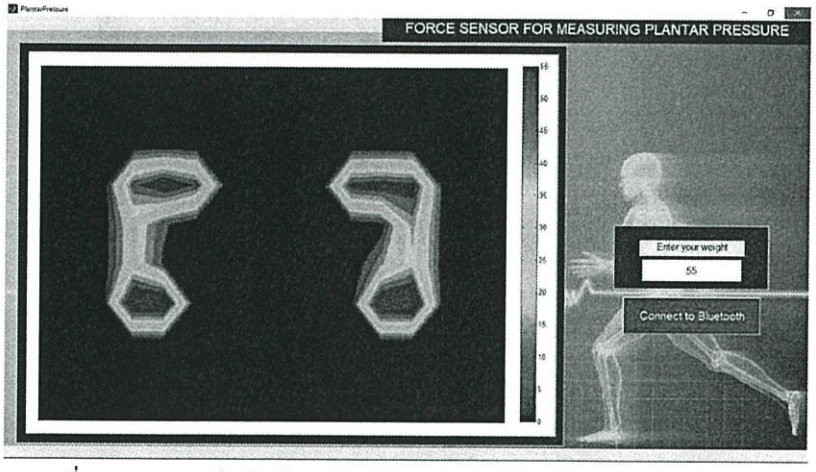
รูปที่ 4.4 แสดงการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดแรงกดของฝ่าเท้าจากด้านข้าง

4.2 หน้าจอแสดงผลของโปรแกรม MATLAB

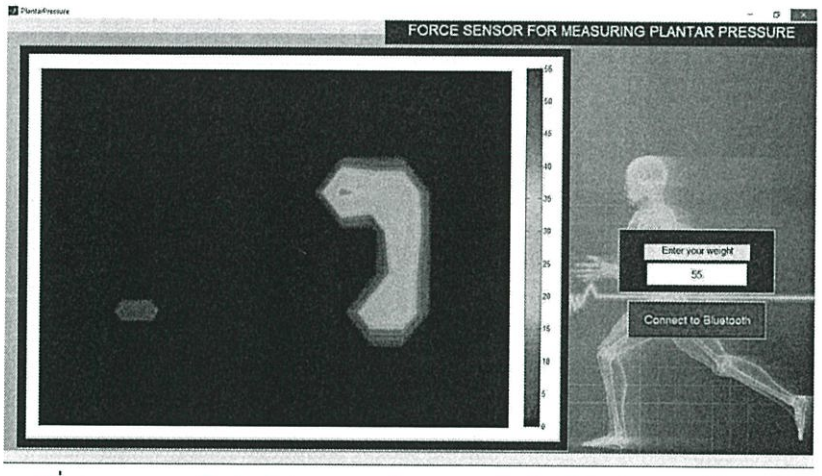
โดยจะต้องกำหนดข้อมูลน้ำหนักของผู้ป่วยเข้าไปในโปรแกรม



รูปที่ 4.5 แสดงหน้าต่างโปรแกรมก่อนการทดลองยืนบนแผ่นตรวจวัดแรงกด

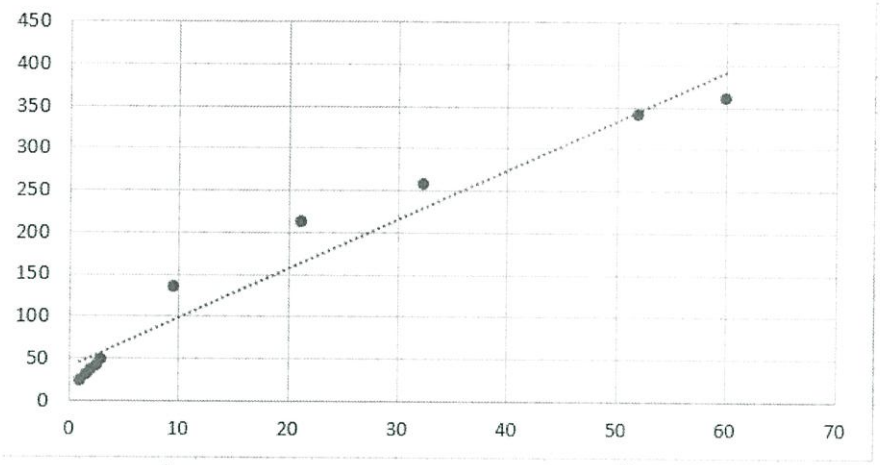


รูปที่ 4.6 แสดงหน้าต่างโปรแกรมหลังทดลองยืนบนแผ่นตรวจวัดแรงกด



รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างโปรแกรมหลังทดลองเดินโดยใส่แผ่นตรวจวัดแรงกด

4.3 การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการทดสอบเซ็นเซอร์ที่ค่าน้ำหนักต่าง ๆ

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

โรคที่เกิดขึ้นบริเวณเท้า เกี่ยวข้องกับเท้า หรือมีผลกระทบต่อเท้า จะส่งผลกระทบอย่างมากกับการทำกิจวัตรประจำวัน และการทำงานอย่างมาก เนื่องจากเท้าเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญอย่างมากอวัยวะหนึ่งของร่างกาย เนื่องจากเป็นอวัยวะที่รองรับน้ำหนักทุกส่วนของร่างกาย และใช้ในการเคลื่อนที่ ซึ่งโรคที่เกิดขึ้นบริเวณเท้าที่พบมากในปัจจุบันคือ โรครองช้ำ แผลกดทับบริเวณฝ่าเท้า และอาการเท้าแบน อาการของโรคอาจเกิดความเจ็บปวดและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการทำงานของเท้าชั่วคราว หรืออาจเกิดความเจ็บปวดที่เรื้อรัง ยิ่งไปกว่านั้นในผู้ป่วยเบาหวานที่เป็นแผลกดทับบริเวณเท้าหากมีอาการรุนแรงคือแผลเกิดการติดเชื้อ จะยิ่งเพิ่มโอกาสในการลุกลามของแผล อาจทำให้ผู้ป่วยต้องตัดขาทิ้งในที่สุด อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้าจะช่วยให้สามารถทราบการลงน้ำหนักที่จุดต่างๆ บนฝ่าเท้า หรือแรงที่ฝ่าเท้ากระทำต่อพื้น ซึ่งอาจแสดงถึงความผิดปกติของโครงสร้างเท้าจากการลงน้ำหนักนี้อีกด้วย โดยค่าต่างๆ เหล่านั้นจะมาสามารถนำไปช่วยในกระบวนการผลิตอุปกรณ์เสริมภายในรองเท้าเพื่อใช้ในการปรับรูปร่างฝ่าเท้าให้เกิดการกระจายน้ำหนักแต่ละจุดที่เหมาะสม เพื่อบรรเทาอาการเจ็บปวดจากโรคหรืออาการดังกล่าว และเพื่อลดอัตราการเกิดแผลกดทับบริเวณฝ่าเท้าอีกด้วย

หลักการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้า คือ ใช้เซ็นเซอร์ตรวจวัดแรงกดที่อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้า โดยศักย์ไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวตรวจจับจะลดลงเมื่อมีแรงกดมากระทำบนแผ่นตรวจวัด ซึ่งเซ็นเซอร์ที่ติดตามจุดต่างๆ บริเวณแผ่นรองรองเท้าจะส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านบลูทูธไปยังคอมพิวเตอร์และประมวลผลออกมาเป็นแผนภาพได้ทันที ทำให้สามารถใช้ได้ทั้งขณะที่ผู้ป่วยยืนนิ่งอยู่กับที่ และขณะที่ผู้ป่วยมีการเคลื่อนไหว โดยจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของสีตามการลงน้ำหนักในหน่วยกิโลกรัม และเนื่องจากอุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้ามีขนาดบางจึงสามารถใช้วัดแรงกดของฝ่าเท้าหลังจากมีการใช้อุปกรณ์เสริมในรองเท้าได้อีกด้วย เพื่อเป็นการติดตามผลการรักษาที่สามารถแสดงให้เห็นความเปลี่ยนแปลงได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละจุดอาจให้ผลลัพธ์ที่คลาดเคลื่อนกันเล็กน้อย แต่เนื่องจากเซ็นเซอร์ทำจากกระดาษจึงมีความหนาที่เหมาะสม และสามารถกำหนดขนาดได้ตามความต้องการ
- การส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ไปยังคอมพิวเตอร์แบบไร้สายผ่านบลูทูธทำให้เกิดสัญญาณรบกวนเล็กน้อย
- อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่งแรงกดของฝ่าเท้า มีขนาดที่กำหนดแน่นอน จึงใช้ทดสอบได้กับคนเฉพาะกลุ่มเท่านั้น

บรรณานุกรม

[1] กาญจนา หาญศิริวัฒนกิจ.(2015) “Plantar of Foot, Arches of the foot and Joints of the Lower Limb ” [สืบค้นวันที่ : 15 มกราคม 2561] จาก http://www.med.cmu.ac.th/secret/edserv/curriculum/file/2558/ไฟล์สำหรับขึ้นเว็ป/MSS%202558/อ.กาญจนา/Lower%20limb%202-%20MSS%20208.pdf

[2] จตุพร โชติกวณิชย์. “เท้าแบน” [สืบค้นวันที่ : 15 มกราคม 2561] จาก https://www.samitivejhospitals.com/th/เท้าแบนในเด็ก/

[3] Knite, M; Teteris, V; Kiploka, A; Kaupuzs, J.(2003) "Polyisoprene-carbon black nanocomposites as tensile strain and pressure sensor materials" [สืบค้นวันที่ : 17 มกราคม 2561]
จาก https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924424703004205?via%3Dihub

[4] gaprobot.(2012) “DIY Force Sensor” [สืบค้นวันที่ : 19 มกราคม 2561] จาก https://gaprobot.wordpress.com/2012/04/03/diy-force-sensor/

[5] kylemcdonald.(2008) “DIY FORCE SENSITIVE RESISTOR (FSR)” [สืบค้นวันที่ : 19 มกราคม 2561] จาก http://www.instructables.com/id/DIY-Force-Sensitive-Resistor-FSR/

[6] Stassi, S; Cauda, V; Canavese, G; Pirri, C.(2014) "Flexible Tactile Sensing Based on Piezoresistive Composites: A Review" [สืบค้นวันที่ : 20 มกราคม 2561] จาก http://www.mdpi.com/1424-8220/14/3/5296

[7] Tarun Agarwal.(2016) “Know all about Force Sensing Resistor” [สืบค้นวันที่ : 25 มกราคม 2561] จาก Technology https://www.elprocus.com/force-sensing-resistor-technology/

[8] Anuchit Chalothorn.(2015) “สั่งงาน Arduino ผ่าน Bluetooth โดยใช้ SerialCommand” [สืบค้นวันที่ : 1 กุมภาพันธ์ 2561] จาก http://thaiopensource.org/สั่งงาน-arduino-ผ่าน-bluetooth-โดยใช้-serialcommand/

[9] WINGOODHARRY.(2014) “Anrdroid Send/Receive Data With Arduino Via Bluetooth” [สืบค้นวันที่ : 3 กุมภาพันธ์ 2561] จาก https://wingoodharry.wordpress.com/2014/04/07/anrdroid-sendreceive-data-with-arduino-via-bluetooth-part-1/

[10] Vista Medical.(2012) “Pressure Imaging and Pressure Sensing” [สืบค้นวันที่ : 28 มีนาคม 2561] จาก http://www.pressuremapping.com/

ภาคผนวก

โค้ดที่ใช้สำหรับการประมวลผลและแสดงผลในโปรแกรม Matlab มีดังนี้

```
function varargout = PlantarPressure(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @PlantarPressure_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @PlantarPressure_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end


function PlantarPressure_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);


function varargout = PlantarPressure_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;
```

```
function axes2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
p = imread('D:\BG.jpg');
imshow(p);
```

โหลดรูปภาพเพื่อนำมาใช้เป็นพื้นหลังของหน้าต่าง GUI

```
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
weight = str2num(get(handles.edit1,'string'));
handles.weight = weight;
guidata(hObject,handles);
```

ประกาศค่าข้อมูลน้ำหนักของผู้ป่วย เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม

```
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
     if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
     get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
     set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
blue = instrhwinfo('Bluetooth','HC-05');
bt = Bluetooth('HC-05',1)
fopen(bt);

     for x = 1:10000
         Bluetooth_Read = fgets(bt);
         setzero = str2double(Bluetooth_Read);

        if setzero == 999

           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a0 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a1 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a2 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a3 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a4 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a5 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a6 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a7 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a8 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a9 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a10 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a11 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a12 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a13 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a14 = str2double(Bluetooth_Read)
           Bluetooth_Read = fgets(bt);
             a15 = str2double(Bluetooth_Read)
```

เชื่อมต่อโปรแกรม Matlab กับเซ็นเซอร์ผ่านบลูทูธ เพื่อรับค่าที่วัดได้จากเซ็นเซอร์แต่ละตัวแล้วไปใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม

```
w0 = (a0/2);
w1 = (a1/2);
w2 = (a2/2);
w3 = (a3/2);
w4 = (a4/2);
w5 = (a5/2);
w6 = (a6/2);
w7 = (a7/2);
w8 = (a8/2);
w9 = (a9/2);
w10 = (a10/2);
w11 = (a11/2);
w12 = (a12/2);
w13 = (a13/2);
w14 = (a14/2);
w15 = (a15/2);
```

นำค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์แต่ละตัวมาแปลงให้อยู่ในหน่วยของกิโลกรัม

```
    axes(handles.axes1),axis off;
    drawnow
    w =[1 0 0  0  0  0 0 0 0 0  0   0   0 0 0 0;
        0 0 0  0  0  0 0 0 0 0  0   0   0 0 0 0;
        0 0 0  0  0  0 0 0 0 0  0   0   0 0 0 0;
        0 0 0 s7 s7  0 0 0 0 0  0 s15 s15 0 0 0;
        0 0 0 s5 s6  0 0 0 0 0  0 s13 s14 0 0 0;
        0 0 0 s3 s4  0 0 0 0 0  0 s11 s12 0 0 0;
        0 0 0 s2 s1 s0 0 0 0 0 s10 s9  s8 0 0 0;
        0 0 0  0  0  0 0 0 0 0  0   0   0 0 0 0;
        0 0 0  0  0  0 0 0 0 0  0   0   0 0 0 0;
        0 0 0  0  0  0 0 0 0 0  0   0   0 0 0 0;];

    [f,n] = contourf(w,10);
    set(n,'LineColor','none');
    colorbar;
    caxis([0 handles.weight]);
    cmap = jet(max(handles.weight));
    cmap(1,:) = [0,0,0];
    colormap(cmap);
end
```

แสดงผลในรูปแบบของ colormap โดยใช้คำสั่ง contourf

```
end
fclose(bt)
```