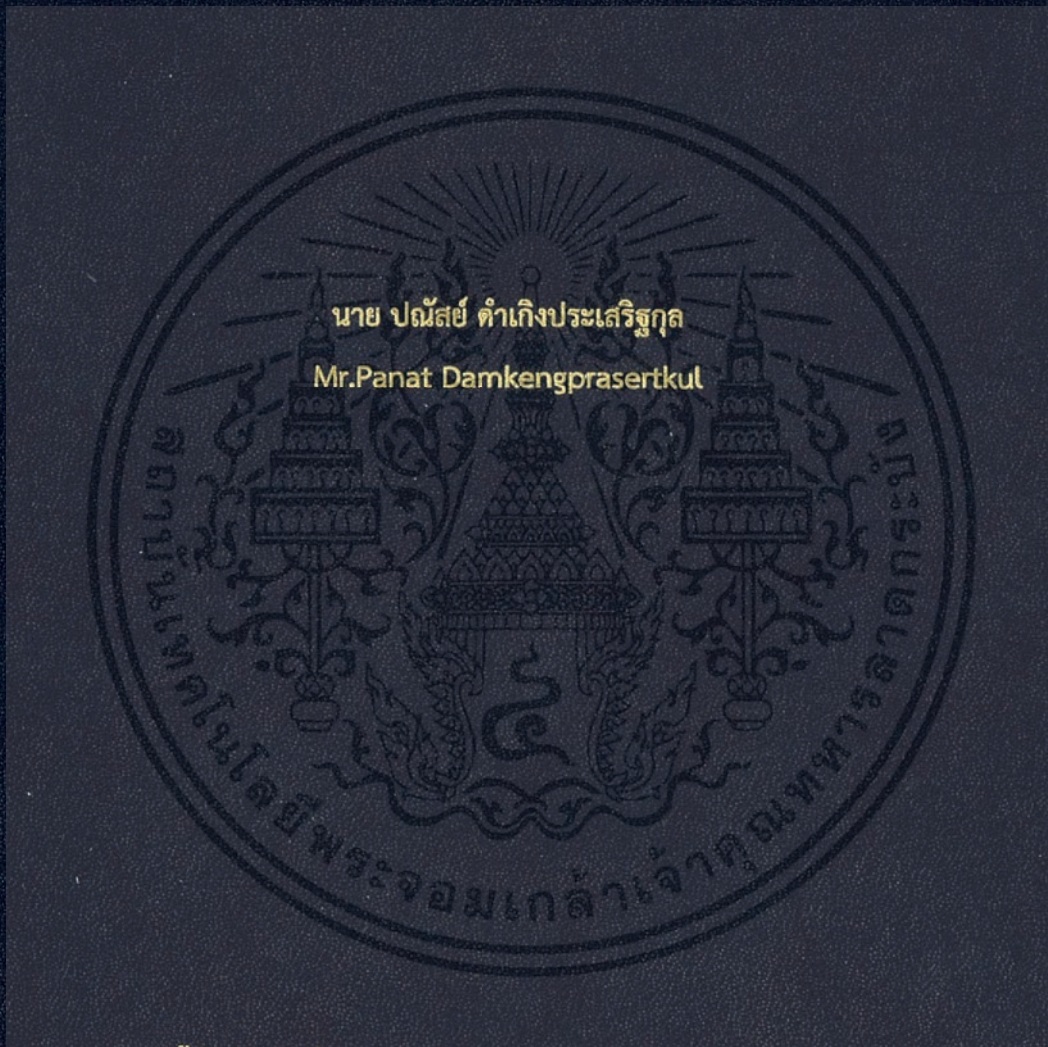


อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง
Vertical Jump Height Measuring Device



นาย ปณัสย์ ดำเกิงประเสริฐกุล
Mr.Panat Damkengprasertkul

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง
Vertical Jump Height Measuring Device



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vertical Jump Height Measuring Device

Mr.Panat Damkengprasertkul



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

2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์

อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง

Vertical Jump Height Measuring Device

นักศึกษา

นาย ปณัสน์ ดำเกิงประเสริฐกุล รหัสนักศึกษา 58010717

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาชีวการแพทย์

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์

(ดร. สุรเดช ตรีไตรลักษณ์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง
นักศึกษา	นายปณัสน์ ดำเกิงประเสริฐกุล
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณะ

บทคัดย่อ

การวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งเป็นหนึ่งในวิธีลำดับแรกที่ใช้วัดสมรรถภาพทางร่างกายของนักกีฬา ในกีฬาหลายประเภทใช้การวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งเพื่อทดสอบความแข็งแรงทางร่างกายของผู้เล่นใน กีฬาประเภทนั้นในปัจจุบันวิธีการวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งที่มีความน่าเชื่อถือนั้นมีหลายอย่างเช่น การใช้แผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดและกล้องอินฟราเรดความเร็วสูงในการจับภาพการกระโดดสูง แต่ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์เหล่านี้มีราคาสูง โครงการวิจัยนี้จึงได้สร้างและออกแบบอุปกรณ์วัดการกระโดด สูงในแนวดิ่ง ซึ่งราคาถูกและมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งนี้ ประกอบด้วยเซนเซอร์ วัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุมโดยควบคุมการทำงานผ่านอุปกรณ์ประมวลผล ไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่งข้อมูลผ่านบลูทูธไปวิเคราะห์หาความสูงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Thesis Title	Vertical Jump Height Measuring Device
Student	Panat Damkengprasertkul
Degree	Bachelor of Engineering in Biomedical Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Dr.Suradej Tretriluxana

Abstract

Vertical Jump measurements are used primarily in athletic to measure performance. Many sports measure their players vertical jumping ability during physical examinations. In the present method to measure vertical jump is reliable for example Force plate and Motion capture camera, however these devices are very expensive. This project design Vertical Jump Height Measuring Device that effective and low cost. Device compose accelerometer and gyroscope sensor. Operated by Microcontroller send data via Bluetooth to analyze in Computer program.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. สุรเดช ตรีไตรลักษณะ ที่คอยชี้แนะและให้คำปรึกษามาโดยตลอด 1 ปีการศึกษาที่ผ่านมา กระทั่งโครงการนี้เสร็จสิ้น ในด้านเรื่องแนวทางการดำเนินงาน การแก้ไขปัญหาระหว่างดำเนินงาน ตลอดจนช่วยประสานงานให้ข้าพเจ้าสามารถไปเก็บข้อมูลที่วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดลได้

ขอขอบคุณ รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่คอยให้คำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ ตลอดทุกสัปดาห์ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถมีแนวทางในการทำโครงการได้หลากหลายมากขึ้น

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล ที่คอยเสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหาต่าง ๆ คอยให้คำแนะนำเพิ่มเติมจากอาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ยังให้ความช่วยเหลือด้านของอุปกรณ์ในการทำโครงการมาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์และพี่เจ้าหน้าที่ที่วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดลที่ช่วยให้เก็บข้อมูลในการทำโครงการให้สำเร็จไปได้

ขอขอบคุณ อ.อุกฤษฏ์ จันทศรี (พี่โต้ง) ที่ช่วยประสานงานในการเก็บข้อมูลที่ ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ ด้านการเดินและเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และ นายกิตติกร สีหาบุตร (พี่กิ้ง) พี่เจ้าหน้าที่ที่ช่วยในการเก็บข้อมูลและน้อง ๆ นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่มาเป็นอาสาสมัครในการเก็บข้อมูล ทำให้สามารถเก็บข้อมูลไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนในห้อง BMCL และ BURN LAB ในการให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมและเทคนิคการกรองสัญญาณให้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้สะดวกขึ้น

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณทุกพ่อแม่ญาติพี่น้องและทุกๆ คนที่มีส่วนช่วยทำให้โครงการครั้งนี้สำเร็จขึ้นมาได้

นายปณัสน์ คำเกิงประเสริฐกุล

ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์	2
1.7 โครงสร้างวิทยานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 การกระโดดสูงในแนวตั้งและวิธีการกระโดดสูงในแนวตั้ง	5
2.1.1 วิธีการกระโดดสูงในแนวตั้ง	5
2.2 ประเภทของการกระโดดสูงในแนวตั้ง	7
2.2.1 การกระโดดแบบย่อขาค้างไว้ SJ (Squat Jump)	7
2.2.2 การกระโดดแบบย่อขาอย่างรวดเร็ว CMJ (Counter Movement Jump)	8
2.2.3 การกระโดดลงจากที่สูงแล้วเหวตัวขึ้น DJ (Drop Jump)	10
2.3 เครื่องมือที่ใช้วัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง	11
2.3.1 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งติดฝาผนัง (Wall Mounted Vertical Jump Tester)	11
2.3.2 เครื่องมือวัดระยะการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้ง (Yardstick)	13

สารบัญ

2.3.3 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบ (Jump Mat)	14
2.3.4 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงจากแผ่นรองรับแรง (Force plate)	16
2.3.5 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบใช้ความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุม	17
2.4 ระบบกล้ามเนื้อ	18
2.4.1 หน้าที่สำคัญของกล้ามเนื้อ	19
2.4.2 ประเภทของกล้ามเนื้อ	19
2.4.3 การทำงานของกล้ามเนื้อ	21
2.4.4 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย	21
2.4.5 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อลาย	23
2.5 กล้ามเนื้อในส่วนล่างของร่างกาย	24
2.5.1 กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและขา (Muscle of the lower limb)	24
2.6 IMU (Inertial Measurement Unit)	29
2.7 เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer)	29
2.7.1 หลักการทำงานโดยทั่วไปของ Accelerometer	30
2.7.2 ประเภทของมิเตอร์วัดความเร่ง	30
2.7.3 การนำเซนเซอร์วัดความเร่งมาประยุกต์ใช้งาน	33
2.8 เครื่องวัดสภาพการเอียง (Gyro sensor)	36
2.9 Arduino	39
2.9.1 Arduino รุ่นต่าง ๆ	43
2.10 Arduino Pro mini	48
2.11 Bluetooth	49
2.11.1 กำเนิด Bluetooth	50
2.11.2 ระบบการทำงานของ Bluetooth	51
2.11.3 ประโยชน์ของ Bluetooth	52
2.12 HC-05 Bluetooth Module	53
2.13 การติดต่อสื่อสารแบบ I2C หรือ Inter-Integrated Circuit	53
2.14 การติดต่อสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)	54
2.14.1 SPI ใช้สายสัญญาณทั้งหมด 4 เส้นดังนี้	55

สารบัญ

2.14.2 รูปแบบสัญญาณใน SPI BUS	56
2.15 GY-521 MPU6050	57
2.16 Real Time Clock (RTC)	58
บทที่ 3 การดำเนินงาน	60
3.1 ระบบตรวจวัดสัญญาณความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุมจากการกระโดดสูง	60
3.1.1 บอร์ด Arduino Pro Mini 328	61
3.1.2 เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม (MPU-6050)	63
3.1.3 Real Time Clock (RTC) DS3231	64
3.1.4 HC-05 Bluetooth	65
3.2 ส่วนบันทึกผล	66
3.3 ส่วนแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล	68
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	72
4.1 การทดสอบอุปกรณ์ที่วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล	73
4.2 การทดสอบอุปกรณ์ที่ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ ด้านการเดินและเคลื่อนไหวโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์	79
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	121
5.1 สรุปผลการทดลอง	121
5.2 ปัญหาระหว่างการศึกษา	122
5.3 ข้อเสนอแนะ	122
เอกสารอ้างอิง	123
ภาคผนวก	124

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 การดำเนินงานในภาคการการศึกษาที่ 1/2561	3
ตารางที่ 1.2 การดำเนินงานในภาคการการศึกษาที่ 2/2561	4
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงผลการทดสอบกระโดดสูง (ผู้ใหญ่)	6
ตารางที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดความเร่ง กับ บอร์ด Arduino Pro Mini	63
ตารางที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อโมดูล Real Time Clock DS3231 กับ Arduino Pro Mini	64
ตารางที่ 3.3 แสดงการเชื่อมต่อโมดูล HC-05 Bluetooth กับ Arduino Pro Mini	65



สารบัญรูป

รูปที่ 2.01 ยืนตรงแขนข้างที่ถนัดยกขึ้นเหนือศีรษะแขนชิดหู แขนอีกข้างจับเอว (ชาย)	4
รูปที่ 2.02 ยืนในท่าเริ่มต้นย่อเข่ากระโดดขึ้นให้สูงสุดใช้มือปิดกั้นบอกระยะความสูง (ขวา)	4
รูปที่ 2.03 การกระโดดแบบย่อขาข้างไว้	7
รูปที่ 2.04 การกระโดดแบบย่อขาข้างไว้แบบต่อเนื่อง	8
รูปที่ 2.05 การกระโดดแบบย่อขาอย่างรวดเร็ว	9
รูปที่ 2.06 แสดงส่วนกล้ามเนื้อมัดขาที่ใช้กระโดด	9
รูปที่ 2.07 การกระโดดลงจากที่สูงแล้วเทคตัวขึ้น	10
รูปที่ 2.08 แสดงการกระโดดลงจากที่สูงแล้วเทคตัวขึ้นเต็มรูปแบบ	11
รูปที่ 2.09 แผ่นกระดานเหล็กวัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง (a)	12
รูปที่ 2.10 สาธิตการใช้แผ่นวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งโดยใช้ชอล์กขีด (b)	12
รูปที่ 2.11 สาธิตการใช้แผ่นกระดานเหล็กวัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง (c)	12
รูปที่ 2.12 แสดงเครื่องมือวัดระยะการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้ง	13
รูปที่ 2.13 สาธิตการใช้งานเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้ง	14
รูปที่ 2.14 เครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบ	15
รูปที่ 2.15 สาธิตการใช้งานเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบ	15
รูปที่ 2.16 สาธิตการใช้งานแผ่นเหยียบแรง	16
รูปที่ 2.17 แสดงหน้าต่างการวิเคราะห์ฟังก์ชันเพิ่มเติมของแผ่นรองรับแรง	17
รูปที่ 2.18 ค่าที่วัดได้จากเครื่อง	18
รูปที่ 2.19 กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์	18
รูปที่ 2.20 กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle)	19
รูปที่ 2.21 กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)	20
รูปที่ 2.22 กล้ามเนื้อลาย (Skeletal Muscle)	20
รูปที่ 2.23 การทำงานของกล้ามเนื้อ	21
รูปที่ 2.24 เส้นใยกล้ามเนื้อลาย	22
รูปที่ 2.25 ตัวอย่างกล้ามเนื้อลายจากแขน	22
รูปที่ 2.26 กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและขา	24
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างกล้ามเนื้อลายจากต้นขา	25

สารบัญรูป

รูปที่ 2.28 แสดงกล้ามเนื้อลายส่วนขา	26
รูปที่ 2.29 กล้ามเนื้อส่วนเท้า	27
รูปที่ 2.30 กล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการกระโดด	28
รูปที่ 2.31 ตัวอย่างส่วนประกอบและลักษณะของ IMU	29
รูปที่ 2.32 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซมิกแมส	31
รูปที่ 2.33 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบ Piezoelectric Accelerometer	32
รูปที่ 2.34 เซนเซอร์จับการเคลื่อนไหวด้วยความเร่งที่ใช้ในรถยนต์	33
รูปที่ 2.35 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงในเซนเซอร์เมื่อเกิดการกระแทก	34
รูปที่ 2.36 การนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์กีฬา	34
รูปที่ 2.37 piezoelectric accelerometer ที่ติดในรองเท้า	35
รูปที่ 2.38 หลักการทำงานของ Accelerometer ในสมาร์ตโฟน	36
รูปที่ 2.39 ส่วนประกอบพื้นฐานของไจโรสโคป	36
รูปที่ 2.40 Gyrostabilizer	37
รูปที่ 2.41 หลักการทำงานพื้นฐานของไจโรสโคป	38
รูปที่ 2.42 บอร์ด Arduino Uno	39
รูปที่ 2.43 บอร์ด Arduino ที่ต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB	40
รูปที่ 2.44 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload	40
รูปที่ 2.45 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด	41
รูปที่ 2.46 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม	41
รูปที่ 2.47 Upload โค้ดโปรแกรม	42
รูปที่ 2.48 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino UNO R3	42
รูปที่ 2.49 บอร์ด Arduino UNO R3	43
รูปที่ 2.50 บอร์ด Arduino UNO SMID	44
รูปที่ 2.51 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3	44
รูปที่ 2.52 บอร์ด Arduino Mega ADK	45
รูปที่ 2.53 บอร์ด Arduino Leonardo	45
รูปที่ 2.54 บอร์ด Arduino Mini 05	46

ณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.55 บอร์ด Arduino Pro Mini 328 3.3V	46
รูปที่ 2.56 บอร์ด Arduino Pro Mini 328 5V	47
รูปที่ 2.57 บอร์ด Arduino Ethernet with PoE module	47
รูปที่ 2.58 บอร์ด Arduino Due	48
รูปที่ 2.59 บอร์ด Arduino Pro Mini	48
รูปที่ 2.60 Pinout Diagram ของบอร์ด Arduino Pro Mini	49
รูปที่ 2.61 โลโก้ Bluetooth	49
รูปที่ 2.62 การเชื่อมต่อของบลูทูธ	50
รูปที่ 2.63 ตัวรับ Bluetooth แบบ USB	51
รูปที่ 2.64 การเชื่อมต่อ Bluetooth ระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์มือถือ	52
รูปที่ 2.65 โมดูล Bluetooth HC-05	53
รูปที่ 2.66 สถานะในการรับ-ส่งข้อมูล แบบ I2C	54
รูปที่ 2.67 รูปแบบสถานะในการรับ-ส่งข้อมูล แบบ I2C	54
รูปที่ 2.68 การเชื่อมต่อการสื่อสารแบบ SPI ระหว่างอุปกรณ์ Master – Slave หลายตัว	55
รูปที่ 2.69 การเชื่อมต่อการสื่อสารแบบ SPI ระหว่างอุปกรณ์ Master – Slave	56
รูปที่ 2.70 GY-521	57
รูปที่ 2.71 ภาพแสดงแกนหมุนต่าง ๆ ของวัตถุ Yaw Pitch Row	58
รูปที่ 2.73 RTC DS3231	59
รูปที่ 3.01 ระบบตรวจวัดสัญญาณความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุมจากการกระโดดสูง	60
รูปที่ 3.02 บอร์ด Arduino Pro Mini 328	61
รูปที่ 3.03 USB-TTL	61
รูปที่ 3.04 Pinout Diagram Arduino Pro Mini	62
รูปที่ 3.05 เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (MPU-6050)	63
รูปที่ 3.06 Real Time Clock (RTC) DS3231 ด้านบน (ซ้าย)	64
รูปที่ 3.07 Real Time Clock (RTC) DS3231 ด้านล่าง (ขวา)	64
รูปที่ 3.08 HC-05 Bluetooth	65
รูปที่ 3.09 การทำงานของอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง	66

ญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 3.10 แสดงแบดเตอร์รี่และวงจรรชาร์จไฟภายในอุปกรณ์	66
รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบวงจรภายในอุปกรณ์	66
รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์ขณะชาร์จแบดเตอร์รี่	67
รูปที่ 3.12 แสดงสวิตช์เปิด-ปิด ด้านข้างอุปกรณ์ (ซ้าย)	67
รูปที่ 3.13 แสดงรูเสียบชาร์จ ด้านข้างอุปกรณ์ (ขวา)	67
รูปที่ 3.14 แสดงอุปกรณ์แบบสมบูรณ์ (ซ้าย)	67
รูปที่ 3.15 แสดงอุปกรณ์ด้านบน (ขวา)	67
รูปที่ 3.16 แสดงอุปกรณ์ด้านหน้า (ซ้าย)	68
รูปที่ 3.17 แสดงอุปกรณ์ด้านบนฝาปิด (ขวา)	68
รูปที่ 3.18 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน X จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	68
รูปที่ 3.19 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน Y จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	69
รูปที่ 3.20 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	69
รูปที่ 3.21 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump รวม X,Y,Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	69
รูปที่ 3.22 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน X จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	69
รูปที่ 3.23 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน Y จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	69
รูปที่ 3.24 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	70
รูปที่ 3.25 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน X,Y,Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	70
รูปที่ 3.26 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน X,Y,Z ของผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี	71
รูปที่ 3.27 แสดงหน้าต่าง GUIDE สำหรับวิเคราะห์หาความสูงจากการกระโดด	71
รูปที่ 4.01 การกระโดดสูงท่า Counter Movement Jump	72

ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 4.02 แสดงการกระโดดสูงท่า Squat Jump	72
รูปที่ 4.03 ท่า Set up และการติดตั้งตำแหน่งของอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง	73
รูปที่ 4.04 แสดงการติดตั้งเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งเพื่อเทียบกับอุปกรณ์ Marker	73
รูปที่ 4.05 เครื่องวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดและกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง	74
รูปที่ 4.06 แสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน X จากเครื่องที่ทำขึ้น	74
รูปที่ 4.07 แสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน Y จากเครื่องที่ทำขึ้น	74
รูปที่ 4.08 แสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน Z จากเครื่องที่ทำขึ้น	75
รูปที่ 4.09 แสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน X,Y,Z จากเครื่องที่ทำขึ้น	75
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงค่า Squat Jump จาก Marker X	76
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงกราฟความสูงแกน Y ที่กระโดดในแนวตั้งของเครื่องที่ทำขึ้น	76
รูปที่ 4.12 แสดงกราฟความสูงแกน Y ที่กระโดดในแนวตั้งของ Marker Y	76
รูปที่ 4.13 แสดงค่า Squat Jump จาก Camera Marker Z	77
รูปที่ 4.14 แสดงค่า Squat Jump จาก Marker X,Y,Z	77
รูปที่ 4.15 แสดงค่า Squat Jump จาก Force plate 1	78
รูปที่ 4.16 แสดงค่า Squat Jump จาก Force plate 2	78
รูปที่ 4.17 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1	79
รูปที่ 4.18 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1	80
รูปที่ 4.19 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1	81
รูปที่ 4.20 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1	82
รูปที่ 4.21 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1	83
รูปที่ 4.22 ความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1	84
รูปที่ 4.23 แสดงกราฟ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2	85
รูปที่ 4.24 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2	86
รูปที่ 4.25 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2	87
รูปที่ 4.26 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2	88
รูปที่ 4.27 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2	89
รูปที่ 4.28 ความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2	90
รูปที่ 4.29 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3	91
รูปที่ 4.30 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3	92

ฉ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 4.31 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3	93
รูปที่ 4.32 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3	94
รูปที่ 4.33 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3	95
รูปที่ 4.34 ความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3	96
รูปที่ 4.35 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4	97
รูปที่ 4.36 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4	98
รูปที่ 4.37 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4	99
รูปที่ 4.38 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4	100
รูปที่ 4.39 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4	101
รูปที่ 4.40 ความสูงจากการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4	102
รูปที่ 4.41 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5	103
รูปที่ 4.42 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5	104
รูปที่ 4.43 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5	105
รูปที่ 4.44 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5	106
รูปที่ 4.45 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5	107
รูปที่ 4.46 ความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5	108
รูปที่ 4.47 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6	109
รูปที่ 4.48 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6	110
รูปที่ 4.49 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6	111
รูปที่ 4.50 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6	112
รูปที่ 4.51 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6	113
รูปที่ 4.52 ความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6	114
รูปที่ 4.53 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7	115
รูปที่ 4.54 กราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7	116
รูปที่ 4.55 ความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7	117
รูปที่ 4.56 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7	118
รูปที่ 4.57 กราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7	119
รูปที่ 4.58 ความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7	120

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสังคมไทยผู้คนได้หันมาดูแลสุขภาพตัวเองกันมากขึ้นการเล่นกีฬาเป็นหนึ่งในทางเลือกของการออกกำลังกายที่ได้รับความนิยมมาตลอดในทุกยุคทุกสมัย ไม่ว่าจะเป็น ฟุตบอล, บาสเกตบอล , วอลเลย์บอล , แบดมินตัน และ เซปักตะกร้อ เป็นต้น บางคนเล่นกีฬาเป็นงานอดิเรกบางคนเล่นกีฬาเป็นอาชีพ ไม่ว่าจะเป็นในรูปแบบไหนก็ตามล้วนแต่เป็นสิ่งที่ดีในการเริ่มดูแลสุขภาพสมรรถภาพทางร่างกายของผู้เล่นกีฬานั้นก็เป็นสิ่งที่สำคัญเช่นกัน ต้องมีการประเมินสมรรถภาพทางร่างกายของผู้เล่นเพื่อลดอาการบาดเจ็บที่เกิดจากการเล่นกีฬา ปัจจุบันมีเครื่องมือต่าง ๆ ที่ช่วยในการประเมินสมรรถภาพทางร่างกายของผู้เล่นมากมาย เครื่องวัดความสูงเวลากระโดดในแนวดิ่ง เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ช่วยประเมินศักยภาพความพร้อมของร่างกายผู้เล่นกีฬา และ พลังกล้ามเนื้อขา กีฬาดังที่กล่าวมาข้างต้นล้วนแต่อาศัยการกระโดดสูงในแนวดิ่งเข้าไปเกี่ยวข้อง เครื่องมือที่ช่วยวัดความสูงเวลากระโดดในแนวดิ่งมีหลากหลายรูปแบบราคาแตกต่างกันไปโดยเริ่มตั้งแต่ การวัดโดยกระโดดแตะฝาผนัง (Wall Mounted Vertical Jump Testing) , เครื่องมือวัดระยะการกระโดดสูง (Yardstick) , เครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งจากความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม (Vertical Jump Height Measuring Device) และ เครื่องวัดการกระโดดสูงจากแรงที่กระทำ (Force plate) เป็นต้น

เครื่องมือเหล่านี้ล้วนแต่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น ผู้จัดทำจึงมีความเห็นว่าประเทศไทยเราควรมีเครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาที่ประดิษฐ์โดยคนไทยเพื่อเป็นการลดต้นทุนการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศและเป็นการส่งเสริมให้เกิดสิ่งประดิษฐ์โดยคนไทยขึ้น ในส่วนเครื่องมือวัดการกระโดดสูง ผู้จัดทำสนใจประดิษฐ์เครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งจากความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม (Accelerometer and Gyroscope) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Pro Mini 328 P เป็นตัวประมวลผล ใช้ IMU (Inertial Motion Unit) GY-521 เป็นตัววัดค่าความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมที่เปลี่ยนแปลงจากการกระโดด และสามารถบอกระยะเวลาที่ใช้ในการกระโดดได้โดยใช้ RTC (Real Time Clock) โดยส่งค่าที่ได้ผ่าน Bluetooth ในตัว HC-05 Bluetooth ไปแสดงผลผ่าน Oscillator บนหน้าจอกอมพิวเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง (Vertical Jump Height Measuring Device) ที่จัดทำขึ้นนี้คาดหวังให้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ,ราคาถูก และพกพาได้ ท้ายที่สุดนี้ผู้จัดทำคาดหวังว่าจะเป็นจุดเล็ก ๆ จุดหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ในสังคมไทยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนในภาคทฤษฎีและปฏิบัติตลอดระยะเวลาการเรียน 4 ปีมาประยุกต์ใช้ได้จริงในการทำโครงการวิจัย
2. สร้างเครื่องมือวัดการกระโดดสูงที่สามารถวัดการกระโดดสูงได้มีประสิทธิภาพ ,ราคาถูก และพกพาได้
3. สร้างเครื่องมือวัดการกระโดดสูงเพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

ข้อมูลการบันทึกความเร่งแบบ 3 แกน เป็นความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม สำหรับประเมินลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของการกระโดดสูง

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดการกระโดดสูงโดยใช้อุปกรณ์วัดความเร่ง 3 แกน เป็นความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม แบบไร้สาย สามารถประเมินลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปของการกระโดดสูง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษามาในระดับมหาวิทยาลัย ไปใช้ในการคิดและออกแบบการทำงานต่าง ๆ และมีความรู้ความเข้าใจในการทำงานของบอร์ดมากขึ้น

1.6 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

รายงานฉบับนี้เป็นผลจากการศึกษาค้นคว้าและทดลองตลอดภาคการศึกษาแล้วนำเสนอเป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง บทนำ ความเป็นมาของโครงการ และวัตถุประสงค์

บทที่ 2 กล่าวถึง หลักการและทฤษฎีต่าง ๆ

บทที่ 3 กล่าวถึง การออกแบบโปรแกรม การออกแบบวงจร คุณสมบัติของวงจร และการเลือกใช้อุปกรณ์

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดสอบคุณสมบัติ การทดลอง และผลการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึง วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 การดำเนินงานในภาคการศึกษาที่ 1/2561

การดำเนินงาน	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ค้นคว้าหัวข้อโปรเจคที่ต้องการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง			✓	✓												
2.ปรึกษาวิธีการดำเนินงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา					✓	✓	✓									
3.ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาสร้างเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง							✓	✓	✓	✓						
4.ร่างวิทยานิพนธ์บทที่ 1-3 ในภาคการศึกษาที่ 1/2561										✓	✓		✓	✓		
5.สร้างและออกแบบระบบเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งต้นแบบ										✓	✓		✓			
6.เก็บข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งจากอาสาสมัครเพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดจริงเพื่อนำไปคำนวณหาความสูงจากการกระโดดในภาคการศึกษาที่ 2/2561										✓	✓		✓	✓		
7.เตรียมสไลด์นำเสนอและสอบวิทยานิพนธ์ในภาคการศึกษาที่ 1/2561													✓	✓	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.2 การดำเนินงานในภาคการศึกษาที่ 2/2561

การดำเนินงาน	มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.ศึกษาวิธีการวิเคราะห์ความสูง ในโปรแกรม MATLAB			✓	✓												
2.วิเคราะห์ความสูงด้วย โปรแกรม MATLAB					✓	✓	✓									
3.พัฒนาอุปกรณ์ให้มีขนาดเล็ก กะทัดรัดและมีประสิทธิภาพ							✓	✓	✓	✓						
4.ร่างวิทยานิพนธ์บทที่ 4-5 ใน ภาคการศึกษาที่ 2/2561											✓	✓	✓	✓		
5.เก็บข้อมูลการกระโดดสูงใน แนวตั้งจากอาสาสมัครเพื่อ เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จาก เครื่องวัดจริงเพื่อนำไป คำนวณหาความสูงจากการ กระโดด											✓	✓	✓			
6.ปรับปรุงและพัฒนาการหา ความสูงให้มีประสิทธิภาพขึ้น											✓	✓	✓	✓		
7.เตรียมสไลด์นำเสนอและสอบ วิทยานิพนธ์ในภาคการศึกษาที่ 2/2561													✓	✓	✓	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การกระโดดสูงในแนวดิ่งและวิธีวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง

ในปัจจุบันกีฬาประเภทต่าง ๆ นั้นได้มีการกระโดดสูงเข้ามาเกี่ยวข้องเช่น กีฬาวอลเลย์บอลเป็นกีฬาที่ต้องใช้การกระโดดเป็นอย่างมากในจังหวะของการตบลูกหรือสกัดกั้นลูก , กีฬาบาสเกตบอล ที่ต้องอาศัยความแข็งแรงของร่างกาย , พลังกล้ามเนื้อและความคล่องแคล่วว่องไวในการกระโดดตั้งลูกบาสเกตบอล , กีฬาแบดมินตันต้องใช้ทักษะในการกระโดดสูงในการตบลูกขนไก่และกีฬาเซปัก-ตะกร้อที่ต้องกระโดดสูงเตะลูกตะกร้อข้ามตาข่ายเป็นต้น ดังนั้นการทดสอบสมรรถภาพการกระโดด (Jump Performance) จึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการศึกษาสมรรถภาพการกระโดดในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่จะรายงานในเรื่องความสูงของการกระโดดเป็นหลัก

2.1.1 วิธีวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง

เครื่องมือ

เครื่องมือวัดระยะการกระโดดสูง (Yardstick) หรือกระโดดแตะฝาผนัง (Wall Mounted)

วิธีการ

1. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนตรง โดยแขนข้างที่ถนัดยกขึ้นเหนือศีรษะแขนชิดหู แขนอีกข้างจับเอว

2. ให้เดินผ่านเสา Yardstick โดยใช้มือปิดกั้นบอกระยะความสูง

3. ให้ผู้เข้ารับการทดสอบยืนในท่าเริ่มต้นแล้วย่อเข้ากระโดดขึ้นให้สูงที่สุดโดยใช้มือปิดกั้น

บอกระยะความสูง

4. ให้ทดสอบ 3 ครั้ง ใช้ค่าที่กระโดดได้สูงที่สุด

การบันทึก

นำค่าที่กระโดดได้สูงที่สุดนำมาลบกับค่าที่ยืนยกแขนปิดกั้นบอกระยะความสูง



รูปที่ 2.01 ยืนตรงแขนข้างที่ถนัดยกขึ้นเหนือศีรษะแขนชิดหู แขนอีกข้างจับเอว (ชาย)
ที่มา : <http://www.mucomplex.ss.mahidol.ac.th/fitnesstest/manual/images/exam12-1.jpg>

รูปที่ 2.02 ยืนในท่าเริ่มต้นย่อเข้ากระโดดขึ้นให้สูงสุดใช้มือปิดกั้นบอกระยะความสูง (ขวา)
ที่มา : <http://www.mucomplex.ss.mahidol.ac.th/fitnesstest/manual/images/exam12-2.jpg>

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงผลการทดสอบกระโดดสูง (ผู้ใหญ่)

ผลการประเมิน	ชาย (ซม.)	หญิง(ซม.)
ดีเยี่ยม	> 70	> 60
ดีมาก	61 – 70	51 – 60
ดี	51 – 60	41 – 50
พอใช้	41 – 50	31 – 40
ค่อนข้างต่ำ	31 – 40	21 – 30
ต่ำ	21 – 30	11 – 20
ต่ำมาก	< 21	< 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประเภทของการกระโดดสูงในแนวตั้ง

การกระโดดสูงในแนวตั้งมีหลากหลายประเภทแต่ในที่นี่จะขอกล่าวถึง 3 ประเภทหลัก ๆ ของการกระโดดสูงในแนวตั้งได้แก่

2.2.1 การกระโดดแบบย่อขาค้างไว้ SJ (Squat Jump)

เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย , มีความสะดวกและมีความน่าเชื่อถือในการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายและกล้ามเนื้อขาเป็นต้น ดังนั้นวิธีการทดสอบโดยวิธีนี้จึงเป็นหลักสำคัญสำหรับทดสอบความแข็งแรงต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นการทดสอบที่นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและโค้ชให้การยอมรับ

โดยวิธีการทดสอบแบ่งเป็นตามภาพข้างต้นคือ

- 1.นั่งย่อตัวลงในลักษณะนั่งย่อๆ มือจับศีรษะ
- 2.กระโดดขึ้นไปในแนวตั้งในสุดแรง มือจับศีรษะ



รูปที่ 2.03 การกระโดดแบบย่อขาค้างไว้

ที่มา : [https://www.verywellfit.com/thmb/7YL5xn1fNHmNWg6wNNc07DXQLfU=/2560x1704/filters:no_upscale\(\):max_bytes\(150000\):strip_icc\(\)/5-PrisonerSquatJump-56faca375f9b582986737351.jpg](https://www.verywellfit.com/thmb/7YL5xn1fNHmNWg6wNNc07DXQLfU=/2560x1704/filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc()/5-PrisonerSquatJump-56faca375f9b582986737351.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.04 การกระโดดแบบย่อขาค้างไว้แบบต่อเนื่อง

ที่มา : <https://variety.topvalue.com/wp-content/uploads/2016/08/squat-jump.jpg>

2.2.2 การกระโดดแบบย่อขาอย่างรวดเร็ว CMJ (Counter Movement Jump)

เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย , มีความสะดวกและมีความน่าเชื่อถือในการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายและกล้ามเนื้อขาเป็นต้น ดังนั้นวิธีการทดสอบโดยวิธีนี้จึงเป็นหลักสำคัญสำหรับทดสอบความแข็งแรงต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นการทดสอบที่นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและโค้ชให้การยอมรับ แตกต่างจากการกระโดดแบบย่อขาธรรมดา เพราะมีประสิทธิภาพมากกว่าและใช้เวลาอยู่ในอากาศนานกว่า

โดยวิธีการทดสอบแบ่งเป็นตามภาพข้างต้นคือ

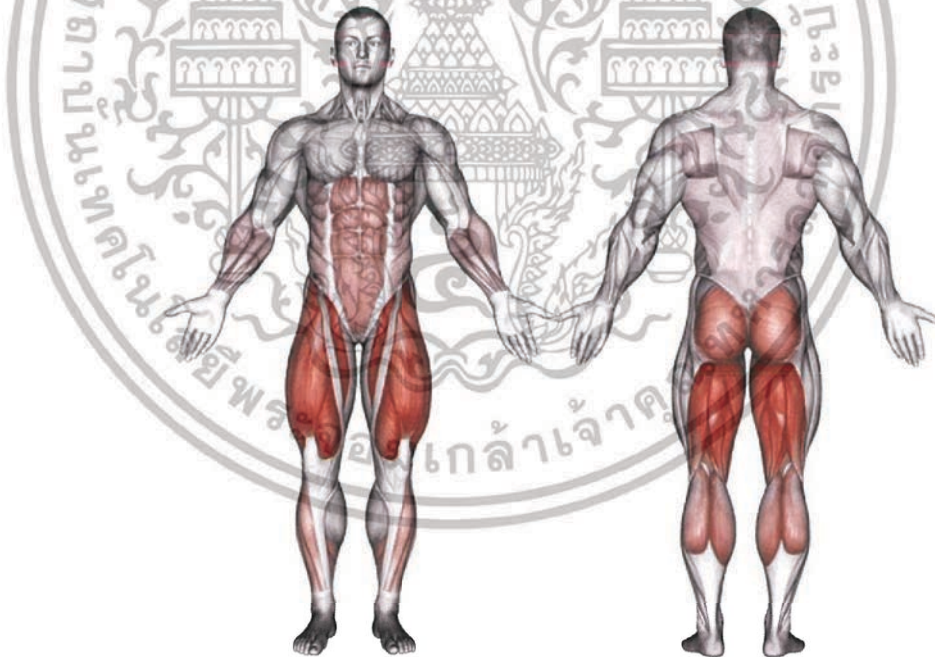
1. ยืนตัวตรงมือขนานแนบลำตัว
2. นั่งย่อตัวลงในลักษณะนั่งยองๆ มือขนานแนบลำตัว
3. กระโดดขึ้นไปในแนวตั้งในสุดแรง มือขนานแนบลำตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.05 การกระโดดแบบย่อขาอย่างรวดเร็ว

ที่มา : <https://fitz.hk/wp-content/uploads/2017/12/Squat-Jump%E6%B7%B3-%E5%A2%9E%E5%BC%B7%E5%8D%94%E8%AA%BF%E7%88%86%E7%99%BC%E5%8A%9Bf.jpg>



รูปที่ 2.06 แสดงส่วนกล้ามเนื้อมัดขาที่ใช้กระโดด

ที่มา : https://fitz.hk/wp-content/uploads/2017/12/Kettlebell_Squat.png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การกระโดดลงจากที่สูงแล้วเทคตัวขึ้น DJ (Drop Jump)

เป็นวิธีการทดสอบที่ง่าย , มีความสะดวกและมีความน่าเชื่อถือในการประเมินสมรรถภาพของกล้ามเนื้อส่วนล่างของร่างกายและกล้ามเนื้อขาเป็นต้น ดังนั้นวิธีการทดสอบโดยวิธีนี้จึงเป็นหลักฐานสำคัญสำหรับทดสอบความแข็งแรงต่าง ๆ ของร่างกาย เป็นการทดสอบที่นักวิทยาศาสตร์การกีฬาและโค้ชให้การยอมรับ มีลักษณะแตกต่างจากการกระโดดแบบย่อขาค้างไว้ โดยจะกระโดดจากที่สูงลงมาแล้วย่อขาค้างไว้แล้วกระโดดขึ้นไปสูงสุด

โดยวิธีการทดสอบแบ่งเป็นตามภาพข้างต้นคือ

1. ยืนบนกล่องสำหรับกระโดดและกระโดดลงมายังพื้น
2. นั่งย่อขาค้างไว้มือจับข้างลำตัว
3. กระโดดสูงในแนวตั้งมือจับข้างลำตัว



รูปที่ 2.07 การกระโดดลงจากที่สูงแล้วเทคตัวขึ้น

ที่มา : <http://www.freemagebank.com/wp-content/uploads/edd/2015/05/>

XB000148-1560x802.jpg



รูปที่ 2.08 แสดงการกระโดดลงจากที่สูงแล้วเพศตัวขึ้นเต็มรูปแบบ
ที่มา : <https://www.orthovirginia.com/orthovirginia/media/pagecontent/jumping.jpg>

2.3 เครื่องมือที่ใช้วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง

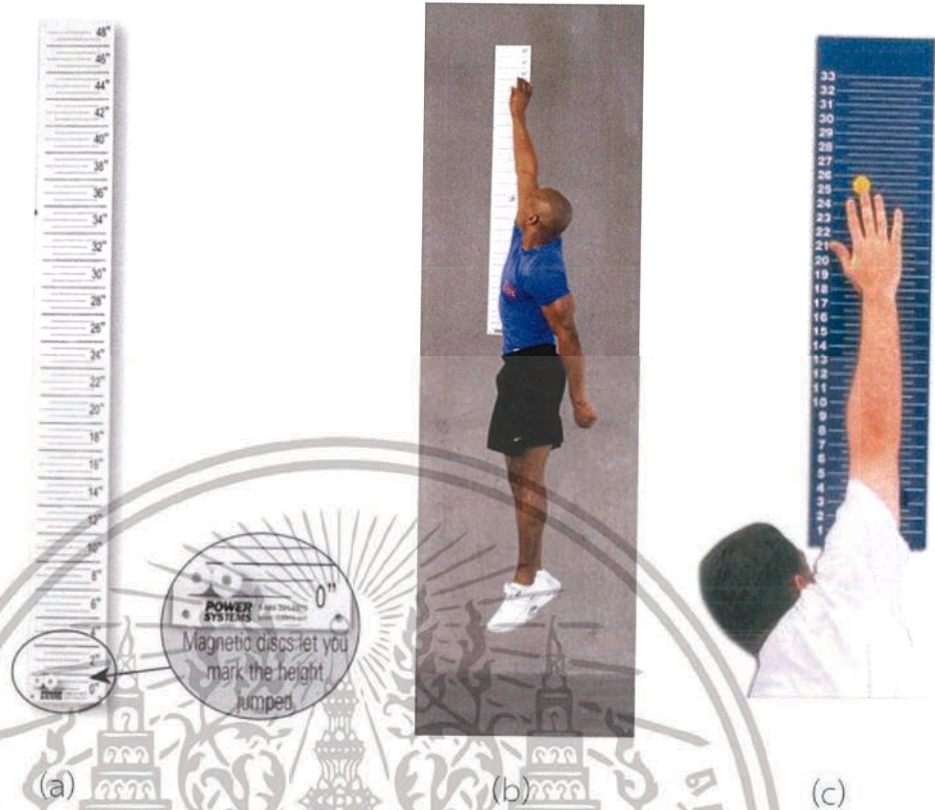
ในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งมีมากมายหลากหลายแต่ขอยกตัวอย่างเครื่องมือที่ได้รับความนิยมในการใช้งานที่แพร่หลายตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน

2.3.1 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งติดฝาผนัง (Wall Mounted Vertical Jump Tester)

เป็นวิธีการวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งแบบดั้งเดิมและเป็นวิธีง่ายในการวัดโดยใช้ชอล์กขีดไปยังจุดสูงสุดที่กระโดดสูงได้แต่ในปัจจุบันเครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งได้พัฒนาขึ้นโดยเป็นแผ่นกระดานเหล็กที่บอกขนาดความสูงติดฝาผนัง โดยวิธีการใช้งานคือใช้แผ่นแม่เหล็กขนาดเล็กติดกับขนาดความสูงของกระดานแผ่นเหล็กขนาดใหญ่ที่ผู้ทดสอบกระโดดได้สูงสุด

โดยแผ่นกระดานเหล็กขนาดใหญ่มีขนาดความสูงตั้งแต่ 1-48 นิ้ว โดยมีขนาดเพิ่มทีละ ½ นิ้ว สามารถใช้งานได้หลายปีมีขนาดเหมาะสม ราคาถูกสุดเริ่มต้นตั้งแต่ \$71.99 (2,614.04 บาท)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.09 แผ่นกระดาษเหล็กวัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง (a)
ที่มา : https://www.power-systems.com/shop/images/product/large/2582_1_.jpg

รูปที่ 2.10 สาธิตการใช้แผ่นวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งโดยใช้ชอล์กขีด (b)
ที่มา : https://i5.walmartimages.com/asr/49610819-b123-46c8-b545-0a59f1690ffb_1.19b66c4e46a5cc92fbb947b1bad3a991.jpeg

รูปที่ 2.11 สาธิตการใช้แผ่นกระดาษเหล็กวัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง (c)
ที่มา : https://www.palossports.com/imagez/25100_16.jpg

ข้อดีของวิธีนี้

1.สามารถทำได้ง่ายสะดวกและรวดเร็วเหมาะสำหรับการทดสอบที่ต้องการความเร็ว

ข้อเสียของวิธีนี้

1.อาจเกิดความผิดพลาดได้ในการวัดจากการใช้ชอล์กเพราะขนาดความสูงที่วัดได้หน่วยเป็นนิ้วจนทำให้การคำนวณความสูงที่แท้จริงเกิดความผิดพลาดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 เครื่องมือวัดระยะการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้ง (Yardstick)

เป็นเครื่องมือวัดความสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้งที่สามารถพับเก็บได้พกพาสะดวกในการขนส่งมีขนาดความสูงบอกละเอียดในหน่วยเซนติเมตรความสูงเพิ่มขึ้นทีละ 1 เซนติเมตรช่วงข้อมูลที่สามารถวัดได้เริ่มตั้งแต่ 160-395 เซนติเมตร โครงสร้างน้ำหนักเบาทำจากอะลูมิเนียม ราคาเริ่มต้นที่ \$1000 (32,665.60 บาท)



รูปที่ 2.12 แสดงเครื่องมือวัดระยะการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้ง

ที่มา : https://www.hartsport.com.au/images/ProductImages/500/6-007_2.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 สวัสดิการใช้งานเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบเสาตั้ง

ที่มา : <https://www.hartssport.com.au/Images/ProductImages/Medium/6-007.png>

2.3.3 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบ (Jump Mat)

เป็นเครื่องมือวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบที่สามารถวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งได้อย่างต่อเนื่องและแม่นยำโดยขั้นตอนการทดสอบเริ่มโดยให้ผู้ทดสอบขึ้นไปบนแผ่นเหยียบ จากนั้นผู้ทดสอบจะต้องกระโดดสูงในแนวตั้งแล้วตกลงมาบนแผ่นเหยียบโดยเครื่องจะคำนวณความสูงจากเวลาที่ผู้ทดสอบลอยอยู่ในอากาศ (Flight Time) นำมาคำนวณในสมการเพื่อหาความสูงในการโดดแต่ละครั้ง โดยจะแสดงผลผ่านหน้าจอของอุปกรณ์ที่เป็นตัวตั้งค่า เพื่อนำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 เครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบ

ที่มา : <https://performbetter.co.uk/wp-content/uploads/2016/01/jumpmat.jpg>



รูปที่ 2.15 สาธิตการใช้งานเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบแผ่นเหยียบ

ที่มา : https://sportsphysio.ie/media/catalog/product/cache/1/image/1800x/040ec09b1e35df139433887a97daa66f/j/u/just_jump_3_1.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 เครื่องมือวัดการกระโดดสูงจากแผ่นรองรับแรง (Force plate)

แผ่นรองรับแรงเป็นแผ่นที่วิเคราะห์ความสูงเวลากระโดดแสดงถึงการเคลื่อนที่ที่มี ระยะทาง, ความเร็ว, อัตราเร่ง, ความเฉื่อย การเคลื่อนที่ในระนาบ 3 มิติ โดยสามารถคำนวณหาความสูงของการกระโดดได้จาก 1.เวลาที่กระโดดลอยอยู่ในอากาศ 2.คำนวณจากทฤษฎีโมเมนตัม กราฟแรงและเวลา 3.คำนวณได้โดยใช้ทฤษฎีงานและพลังงานจากกราฟระยะทางของแรงที่เปลี่ยนแปลงไป



รูปที่ 2:16 สถิติการใช้งานแผ่นเหยียบแรง

ที่มา : <https://static1.squarespace.com/static/5540dcffe4b0ef60cdd32b16/t/5795536b6a49633f949ec1b7/1469404017336/?format=750w>

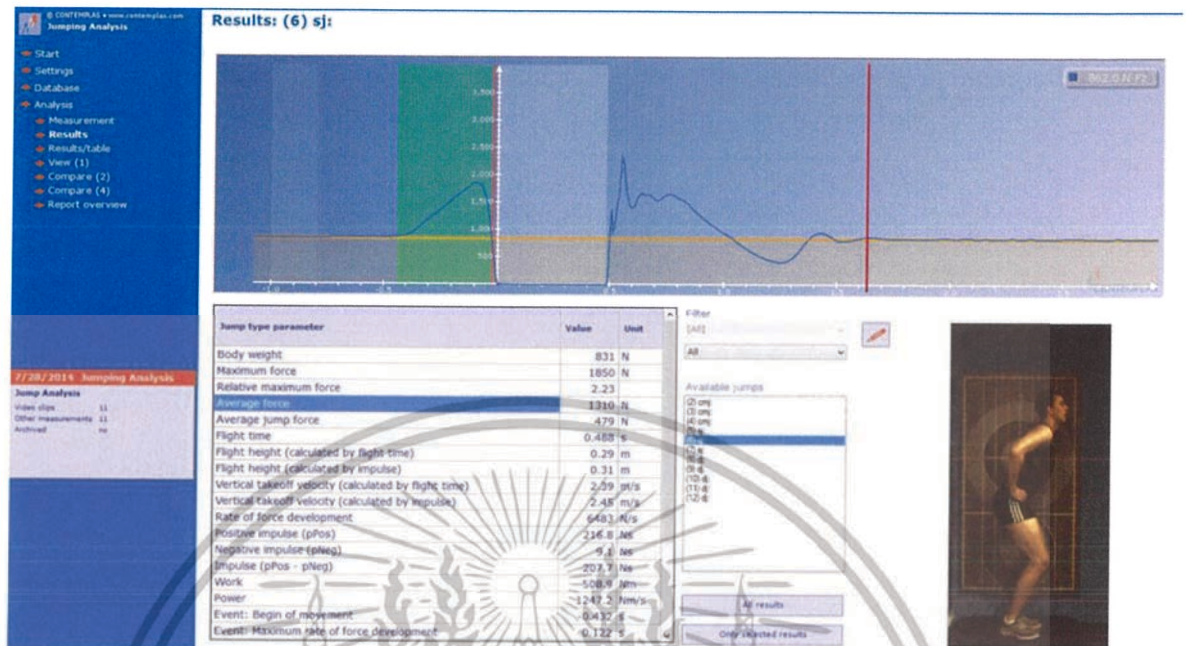
ข้อดีของวิธีนี้

นอกจากจะสามารถบอกความสูงของการกระโดดในแนวดิ่งได้ยังบอกข้อมูลอีกหลายแบบได้ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ความแข็งแรงและกำลังของความแรง

ข้อเสียของวิธีนี้

แผ่นรองรับแรงมีราคาแพงและต้องเก็บรักษาให้ดีต้องสามารถตั้งค่าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงหน้าต่างการวิเคราะห์ที่ฟังก์ชันเพิ่มเติมของแผ่นรองรับแรง
ที่มา : <http://www.mar-systems.co.uk/wp-content/uploads/2016/11/jump-analysis-1000.png>

2.3.5 เครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบใช้ความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุม

เครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบใช้ความเร่งเชิงเส้น (Accelerometer) และความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) โดยใช้หลักการของเซนเซอร์วัดความเฉื่อย IMU (Inertial Measurement Unit) ในการวัดความเร่งที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาและแปลงจากความเร็วเป็นระยะทางเพื่อจะหาความสูงที่กระโดดในแนวตั้งเนื่องจากเซนเซอร์ที่ใช้มีความแม่นยำสูงและมีราคาแพงขึ้นตามประสิทธิภาพการใช้งาน ดังนั้นค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์จึงมีความแม่นยำสูงในการทดสอบนั้น

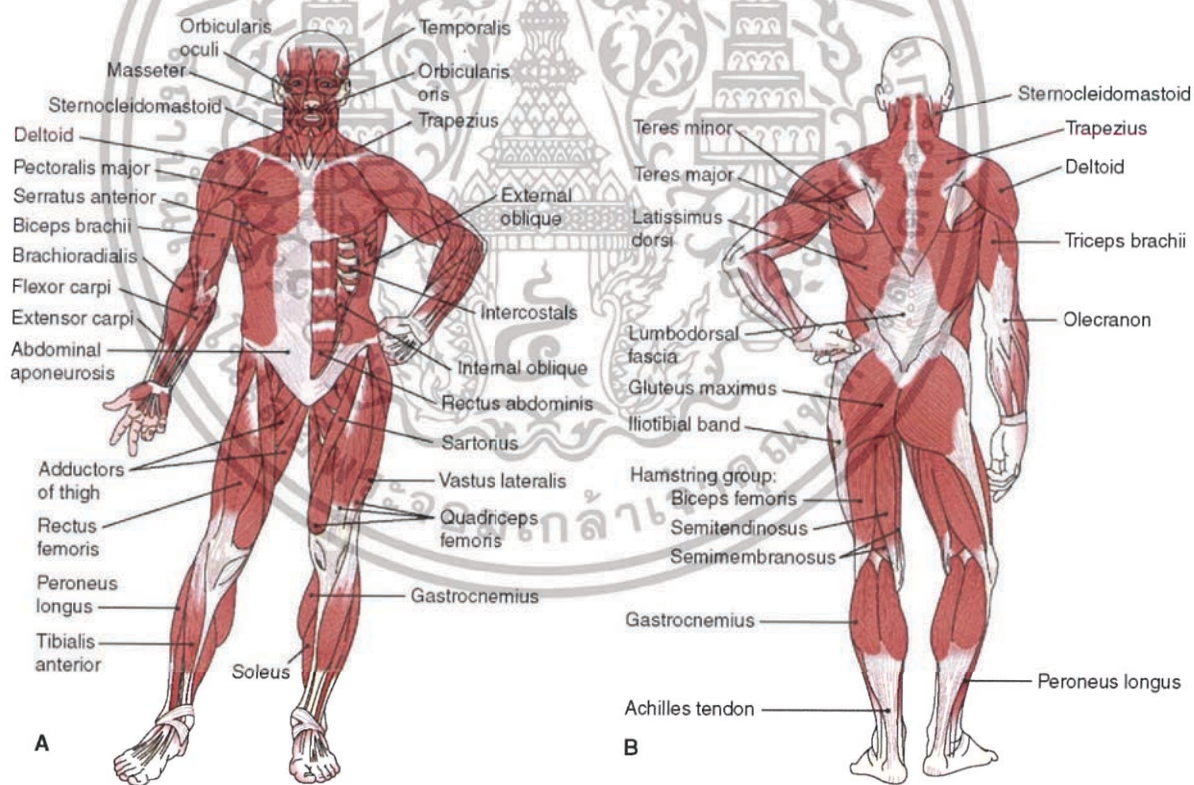
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ค่าที่วัดได้จากเครื่อง

ที่มา : https://images.techhive.com/images/article/2015/01/img_0706-100538778-orig.jpg

2.4 ระบบกล้ามเนื้อ



รูปที่ 2.19 กล้ามเนื้อในร่างกายมนุษย์

ที่มา : <https://humanbodyanatomy.co/wp-content/uploads/2018/02/skeletal-muscle-diagram-gallery-skeletal-muscle-label-human-anatomy-diagram.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้ามเนื้อ (Muscle) เป็นเนื้อเยื่อที่หดตัวได้ในร่างกาย เปลี่ยนแปลงมาจากเมโซเดิร์ม (Mesoderm) ของชั้นเนื้อเยื่อในตัวอ่อน และเป็นระบบหนึ่งของร่างกายที่สำคัญต่อการเคลื่อนไหวทั้งหมดของร่างกาย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ กล้ามเนื้อโครงร่าง (Skeletal Muscle) กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle) และกล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)

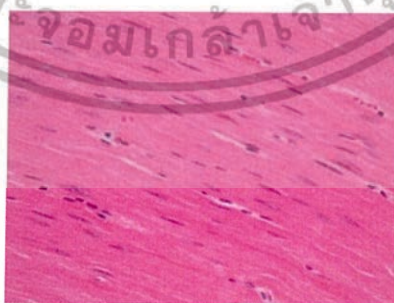
กล้ามเนื้อทำหน้าที่หดตัวเพื่อให้เกิดแรงและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ (Motion) รวมถึงการเคลื่อนที่และการหดตัวของอวัยวะภายใน กล้ามเนื้อจำนวนมากหดตัวได้นอกอำนาจจิตใจ และจำเป็นต่อการดำรงชีวิต เช่น การบีบตัวของหัวใจ หรือการบีบรัด (Peristalsis) ทำให้เกิดการผลักดันอาหารเข้าไปภายในทางเดินอาหาร การหดตัวของกล้ามเนื้อที่อยู่ใต้อำนาจจิตใจมีประโยชน์ในการเคลื่อนที่ของร่างกาย และสามารถควบคุมการหดตัวได้ เช่น การกลอกตา หรือการหดตัวของกล้ามเนื้อควอดริ-เซ็ป (Quadriceps Muscle) ที่ต้นขา

2.4.1 หน้าที่สำคัญของกล้ามเนื้อ

1. คงรูปร่างท่าทางของร่างกาย (Maintain Body Posture)
2. ยึดข้อต่อไว้ด้วยกัน (Stabilize Joints)
3. ทำให้ร่างกายเคลื่อนไหว (Provide Movement) กล้ามเนื้อทำให้ให้เราเคลื่อนไหวในส่วนที่ต้องการได้ กิจกรรมทุกอย่างที่เราทำอยู่ทุก ๆ วินาทีเกิดขึ้นได้เพราะร่างกายเราสามารถเปลี่ยนเอาพลังงานที่ได้จากสารอาหารมาเป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) หรือพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว
4. รักษาระดับอุณหภูมิของร่างกาย (Maintain Body Temperature) โดยผลิตความร้อนออกมาตามที่ร่างกายต้องการ

2.4.2 ประเภทของกล้ามเนื้อ

1. กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle)



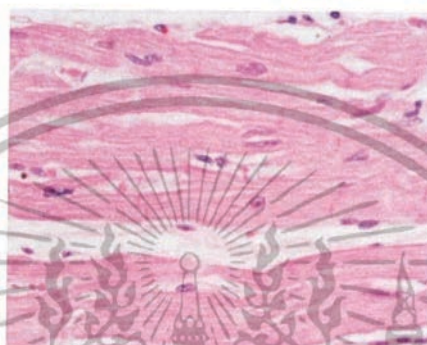
รูปที่ 2.20 กล้ามเนื้อเรียบ (Smooth Muscle)

ที่มา : <https://ohiostate.pressbooks.pub/app/uploads/sites/36/h5p/content/34/images/file-598f0db34ef64.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบได้ที่อวัยวะภายในของร่างกาย และเป็นกล้ามเนื้อที่ทำงานอยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อแบบนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า กล้ามเนื้อนอกอำนาจจิตใจ (Involuntary Muscle) เพราะเราไม่สามารถควบคุมกล้ามเนื้อชนิดนี้ได้ สมองและร่างกายจะสั่งให้กล้ามเนื้อเรียบทำงานด้วยตัวของมันเอง เช่น ในกระเพาะ (Stomach) และระบบการย่อยอาหาร (Digestive System) กล้ามเนื้อเหล่านี้จะหดตัวแน่นขึ้นและขยายตัวออก เพื่อให้อาหารเดินทางไปตามระบบย่อยอาหารส่วนอื่น ๆ ของร่างกายได้

2. กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)

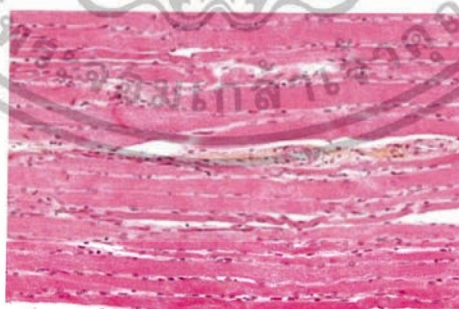


รูปที่ 2.21 กล้ามเนื้อหัวใจ (Cardiac Muscle)

ที่มา : https://c1.staticflickr.com/9/8088/8467081884_0315e955e4_o.jpg

กล้ามเนื้อที่ประกอบขึ้นเป็นหัวใจมีชื่อเรียกว่ากล้ามเนื้อหัวใจ กล้ามเนื้อชนิดนี้เป็นกล้ามเนื้อนอกอำนาจจิตใจเหมือนกับกล้ามเนื้อเรียบ ทำให้เกิดการเต้นของหัวใจ (Heart Beat) อยู่ตลอดเวลา กล้ามเนื้อหัวใจจะบีบตัว (Contract) เพื่อดันเลือดส่งออกไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และคลายตัว (Relax) เพื่อให้เลือดไหลกลับเข้ามาสู่หัวใจหลังจากที่ไหลวนไปสู่ส่วนอื่น ๆ ของร่างกายแล้ว

3. กล้ามเนื้อลาย (Skeletal Muscle)



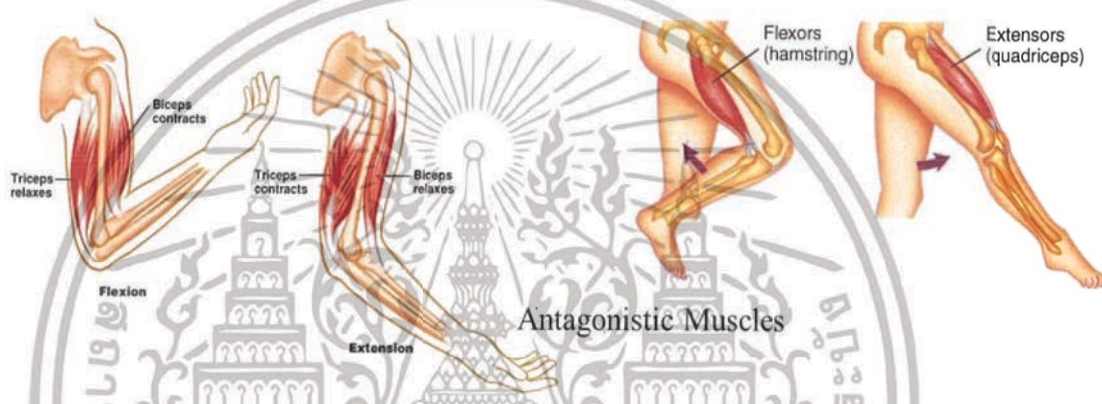
รูปที่ 2.22 กล้ามเนื้อลาย (Skeletal Muscle)

ที่มา : https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/38/Skeletal_striated_muscle.jpg/1200px-Skeletal_striated_muscle.jpg

กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อภายใต้อำนาจจิตใจ (Voluntary Muscle) ชนิดเดียวในร่างกาย กล้ามเนื้อลายเป็นกล้ามเนื้อที่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อชนิดนี้ได้ กล้ามเนื้อลายจะห่อหุ้มโครงกระดูกของเราไว้ และทั้งสองอย่างจะทำงานร่วมกัน ทำให้ร่างกายสามารถทำงาน กล้ามเนื้อลายมีรูปร่างและขนาดที่หลากหลาย จึงทำงานได้หลากหลายรูปแบบ

2.4.3 การทำงานของกล้ามเนื้อ

เมื่อสมองสั่งให้ร่างกายเคลื่อนไหว กล้ามเนื้อจะเกิดการหดตัวและคลายตัว ทำงานประสานเป็นคู่ ๆ พร้อมกัน แต่ตรงข้ามกัน ในขณะที่กล้ามเนื้อมัดหนึ่งหดตัว กล้ามเนื้ออีกมัดหนึ่งจะคลายตัว การทำงานของกล้ามเนื้อในลักษณะนี้ เรียกว่า Antagonistic Muscles



รูปที่ 2.23 การทำงานของกล้ามเนื้อ

ที่มา : https://sites.google.com/site/thealevelbiologistyourhub/_/rsrc/1497113670234/topics/wjec-a2-topics/forelimb-muscle-action-and-the-role-of-tendons/antagon.jpg

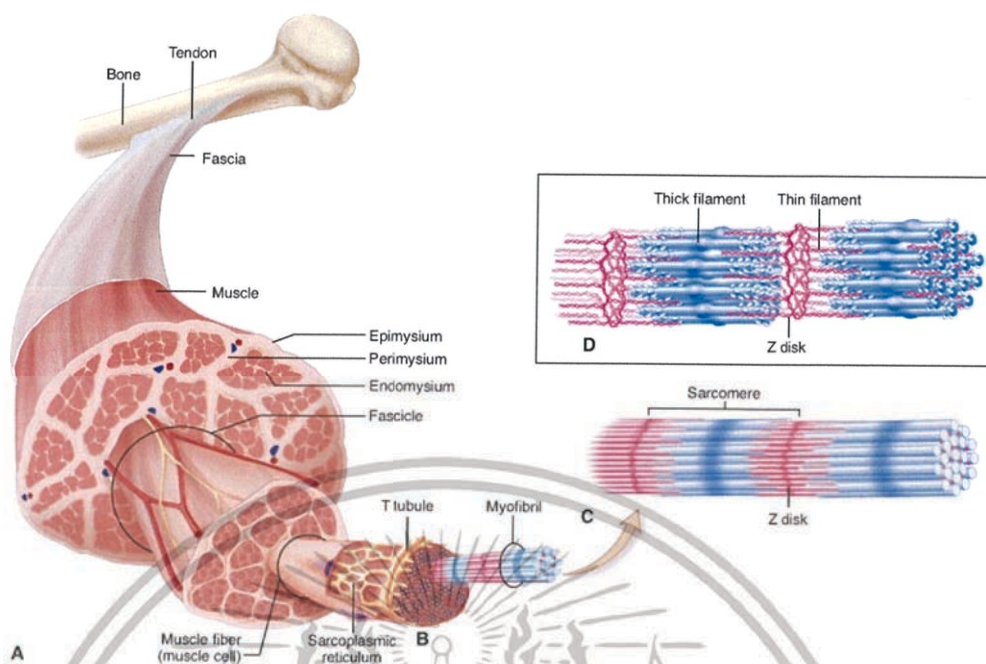
2.4.4 กลไกการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย

เส้นเยื่อไมโอไฟบริล ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการหดตัวของกล้ามเนื้อลาย ประกอบด้วยเส้นที่ประกอบด้วยโปรตีน (Protein filament) 2 ชนิด คือ

- 1.เส้นหนาประกอบด้วยโปรตีนหรือที่เรียกว่าเส้นใยไมโอซิน (Myosin Filament)
- 2.เส้นบางประกอบด้วยโปรตีนหรือที่เรียกว่าเส้นใยแอกติน (Actin Filament)

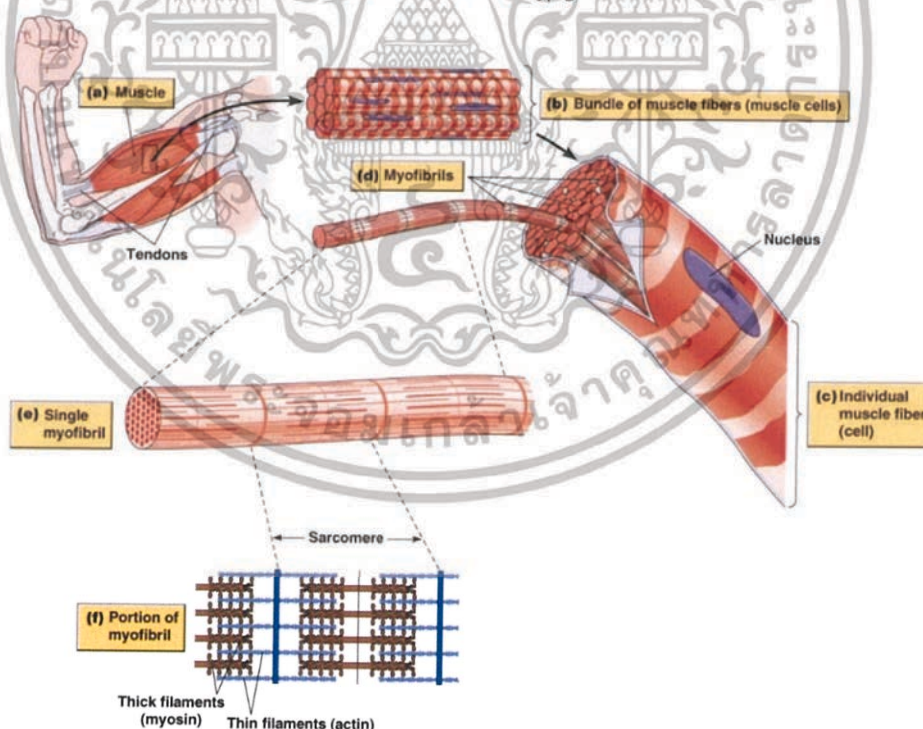
เส้นใยทั้ง 2 เส้น ซึ่งมีจำนวนมากมายนี้ จะรวมตัวกันเป็นหน่วยเรียกว่า ซาร์โคเมีย (Sarcomere) และเส้นใยทั้ง 2 เส้น ซึ่งมีจำนวนมากมายในแต่ละซาร์โคเมีย จะทำให้กล้ามเนื้อลายมีลักษณะเป็นลายมืดและลายสว่างสลับกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 เส้นใยกล้ามเนื้อลาย

ที่มา : <https://basicmedicalkey.com/wp-content/uploads/2016/05/F500220f12-01-9780323096003.jpg>



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างกล้ามเนื้อลายจากแขน

ที่มา : http://www.mun.ca/biology/desmid/brian/BIOL2060/BIOL2060-16/16_10.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นใยไมโอซินตั้งอยู่ในเขตที่มีดซึ่งเรียกว่า เอแบนด์ หรือ อนิโทรอปปิคแบนด์ (A-Band or Anisotropic Bands) อย่างไรก็ดี เส้นใยแอกทินจะยื่นเข้าไปในเขตเอแบนด์ด้วยและเมื่อเส้นใยกล้ามเนื้อคลายหดตัว เส้นใยแอกทินจะเคลื่อนตัวไปซ้อนทับเส้นใยไมโอซินในเขตเอแบนด์มากขึ้น เส้นใยแอกทินจะอยู่ติดกับเส้นซีไลน์ (Z-line) ซึ่งอยู่ที่ปลายซาร์โคเมียร์แต่ละข้าง เนื่องจากเส้นซีไลน์ตั้งอยู่ตลอดความยาวของเส้นใยกล้ามเนื้อคลาย ฉะนั้น ช่วงซาร์โคเมียร์มีเขตเอแบนด์และเขตไอแบนด์ (I-Band) บรรจุอยู่ จึงเป็นเหตุที่ทำให้เส้นใยกล้ามเนื้อคลายมีลักษณะปรากฏเป็นลาย

ถ้าเส้นใยกล้ามเนื้อคลายถูกดึงออกจากกันแรงมากผิดปกติ ปลายของเส้นใยแอกทินภายในเขตเอแบนด์จะถูกดึงออกจากกัน ซึ่งจะทำให้เขตเอชโซน (H-zone) ปรากฏอยู่ตรงกลางของเขตเอ-แบนด์ กล้ามเนื้อคลายจะหดตัวเมื่อเส้นใยไมโอซินและแอกทินเลื่อนเข้าหากัน ในขณะที่กล้ามเนื้อคลายหดตัว เนื่องจากเส้นใยแอกทินยึดแน่นอยู่กับเส้นซีไลน์ ดังนั้น เมื่อเส้นซีไลน์ถูกดึงเข้าหากันก็จะทำให้ช่วงไอแบนด์และช่วงซาร์โคเมียร์หดตัวสั้นลงตามไปด้วย

ทฤษฎีการหดตัวของกล้ามเนื้อคลายนี้เรียกว่า ทฤษฎีเส้นใยเลื่อนเข้าหากัน (Sliding Over The Filaments Theory)

2.4.5 ชนิดของเส้นใยกล้ามเนื้อคลาย

ในสมัยก่อนนักกายวิภาคและสรีรวิทยาได้จำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อคลายออกเป็น 2 ชนิด คือ เส้นใยกล้ามเนื้อสีแดง และเส้นใยกล้ามเนื้อสีขาว การที่เส้นใยกล้ามเนื้อคลายถูกจำแนกเป็นสีแดง และสีขาว เนื่องจากการสังเคราะห์ที่ประกอบเป็นส่วนใหญ่ของเส้นใยกล้ามเนื้อคลายในการจำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อคลายประเภทนี้ เส้นใยกล้ามเนื้อคลายสีแดง ถูกพิจารณาว่าเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อคลายที่หดตัวช้า (Slow Twitch Fiber) หรือที่เรียกย่อว่า เส้นใยกล้ามเนื้อคลายแบบเอสที (ST Fiber) เส้นใยกล้ามเนื้อคลายชนิดสีแดง เป็นเส้นใยกล้ามเนื้อคลายที่เหมาะสมกับการทำงานระยะยาว ซึ่งมักจะพบมากในกล้ามเนื้อที่ช่วยในการทรงรูปร่าง และกล้ามเนื้อที่มีหน้าที่ต่อต้านแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนเส้นใยกล้ามเนื้อคลายสีขาวถูกพิจารณาว่าเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อคลายที่หดตัวเร็ว (Fast Twitch Fiber) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อคลายแบบเอฟที (Ft Fiber) เส้นใยสีขาวมักจะพบมากในกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการงอ

ในปัจจุบันการจำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อคลาย จึงได้เปลี่ยนแปลงไปจากระบบเก่า ซึ่งจำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อคลายตามสีเป็นการจำแนกออกตามลักษณะการทำงานของเส้นใยกล้ามเนื้อคลาย มีการค้นพบว่าเส้นใยกล้ามเนื้อคลายสีขาว ซึ่งเป็นเส้นใยกล้ามเนื้อคลายที่หดตัวเร็ว ยังสามารถแบ่งย่อยออกไปได้อีก 2 ชนิด ซึ่งเส้นใยกล้ามเนื้อคลายทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันในด้านการทำงานทางแง่สรีรวิทยา

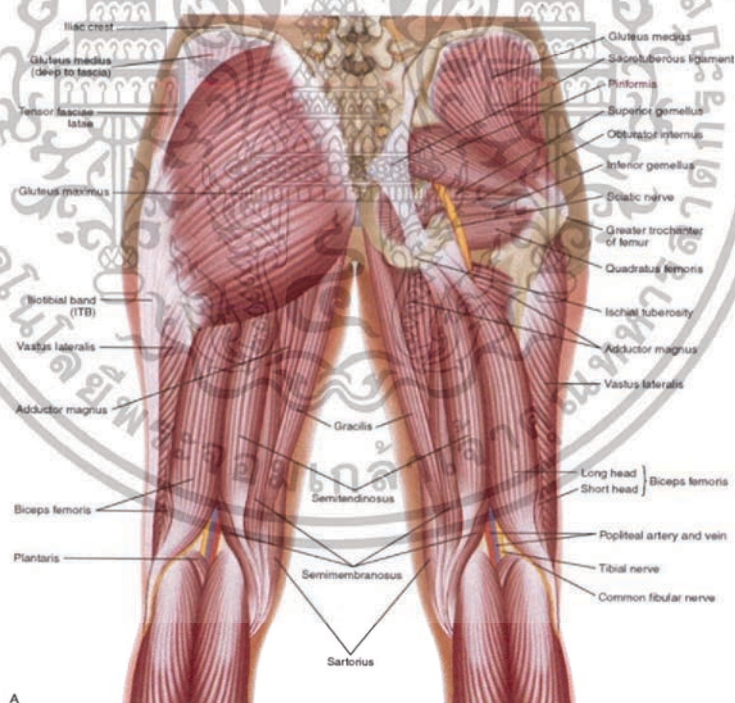
ปีเตอร์ และคณะ (Peter et al., 1972) ได้จำแนกเส้นใยกล้ามเนื้อลายตามลักษณะการทำงานให้เห็นได้ชัดเจน 3 ชนิด คือ

1. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวช้าและต้องใช้ออกซิเจนช่วยในการหดตัว (Slow, Oxidative Fiber) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอสโอ (SO Fiber)
2. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็ว และต้องใช้ออกซิเจนตลอดจนกลูโคสช่วยในการหดตัว (Fast, Oxidative, Glycolytic fiber) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟโอจี (FOG fiber)
3. เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบหดตัวเร็ว และต้องใช้กลูโคสช่วยในการหดตัวเพียงชนิดเดียว (Fast Glycolytic Fiber) หรือที่เรียกย่อ ๆ ว่า เส้นใยกล้ามเนื้อลายแบบเอฟจี (FG Fiber)

2.5 กล้ามเนื้อในส่วนล่างของร่างกาย

2.5.1 กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและขา (Muscle of the lower limb)

กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและขา (Muscle of the lower limb) ที่สำคัญ ดังนี้



รูปที่ 2.26 กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและขา

ที่มา : <https://anatomyclass01.us/wp-content/uploads/2017/12/muscle-gluteus-maximus-10-muscles-of-the-pelvis-and-thigh-musculoskeletal-key.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

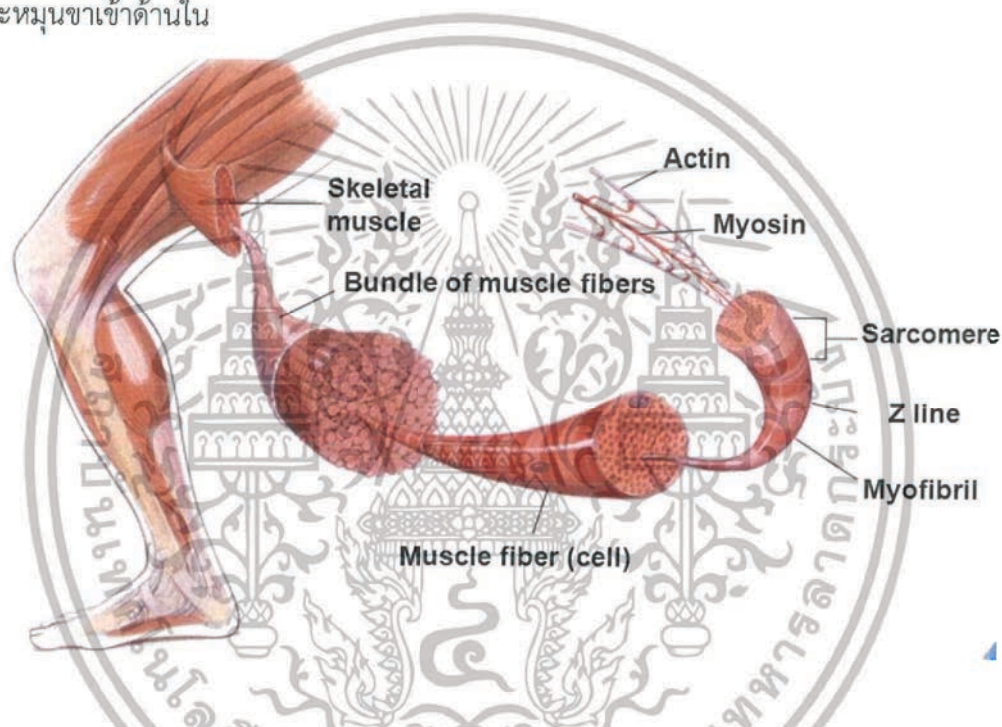
1. กล้ามเนื้อส่วนสะโพกและก้นกบ

1.1 Gluteus Maximus

เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่ และหนาที่สุดของส่วนสะโพก มีจุดเกาะที่ Ilium และ Sacrum ของกระดูกเชิงกราน แล้วไปเกาะยังกระดูกต้นขา ทำหน้าที่เหยียดขา กางต้นขา หมุนต้นขา ไปทางด้านข้าง

1.2 Tensor Fasciae Latae

เป็นกล้ามเนื้อทางด้านข้างของสะโพก เกาะอยู่ที่ส่วนหน้าของกระดูกเชิงกรานทำหน้าที่กางและหมุนขาเข้าด้านใน



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างกล้ามเนื้อลายจากต้นขา

ที่มา : <https://slideplayer.com/slide/5276869/17/images/16/Copyright+Pearson+Prentice+Hall.jpg>

2. กล้ามเนื้อส่วนโคนขา

กล้ามเนื้อส่วนนี้แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามตำแหน่งหน้าที่ และประสาทที่มาเลี้ยง ด้านหลังของต้นขาเรียกว่า Flexor Surface เป็นที่อยู่ของกล้ามเนื้อกลุ่มเอ็นหลังต้นขาด้านล่าง (Hamstring Group) อีกกลุ่มหนึ่งคือ กล้ามเนื้อกลุ่มดิ่งข้อ (Adductor Group) และยังมีกล้ามเนื้อกลุ่มด้านหน้าของต้นขา (Anterior Group) กล้ามเนื้อส่วนโคนขามัดที่สำคัญ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 Biceps Femoris

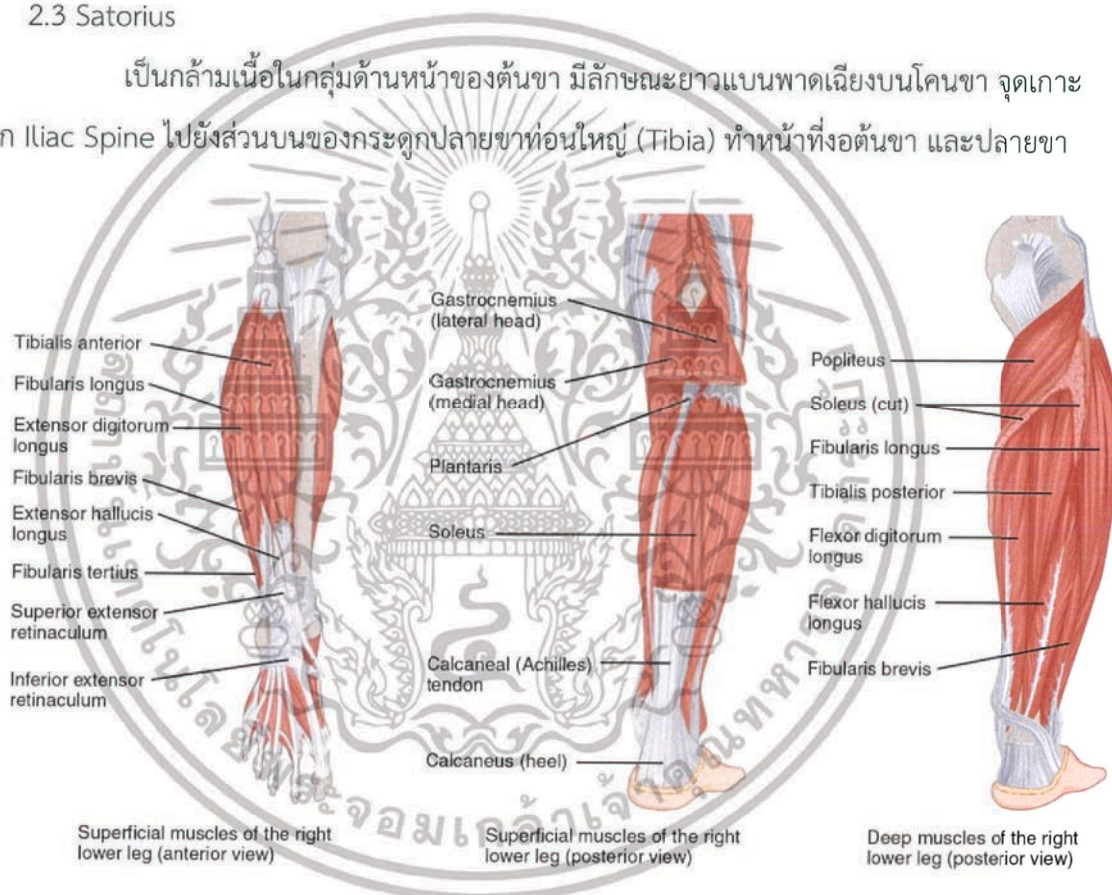
เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มกล้ามเนื้อเอ็นหลังต้นขาด้านล่าง จุดเกาะเริ่มจากกระดูก Ischium และกระดูกต้นขาไปยังส่วนหัวของกระดูกปลายขาท่อนเล็ก (Fibula) ทำหน้าที่เหยียดต้นขาและงอเข่า

2.2 Rectus Femoris

เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหน้าของต้นขา (Anterior Group) เป็นกล้ามเนื้อมัดใหญ่อยู่ทางด้านหน้าของต้นขา จุดเกาะเริ่มจากกระดูก Ilium ไปยังกระดูกปลายขาท่อนใหญ่ (Tibia) ทำหน้าที่งอต้นขาและเหยียดปลายขา

2.3 Satorius

เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหน้าของต้นขา มีลักษณะยาวแบนพาดเฉียงบนโคนขา จุดเกาะเริ่มจาก Iliac Spine ไปยังส่วนบนของกระดูกปลายขาท่อนใหญ่ (Tibia) ทำหน้าที่งอต้นขา และปลายขา



รูปที่ 2.28 แสดงกล้ามเนื้อหลายส่วนขา

ที่มา : https://opentextbc.ca/anatomyandphysiology/wp-content/uploads/sites/142/2016/03/1123_Muscles_of_the_Leg_that_Move_the_Foot_and_Toes.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กล้ามเนื้อส่วนปลายขา

กล้ามเนื้อส่วนปลายขาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มด้านหน้าของปลายขา (Anterior Compartment) กลุ่มด้านข้างของปลายขา (Lateral Compartment) และกลุ่มด้านหลังของปลายขา (Posterior Compartment) กล้ามเนื้อส่วนปลายขาที่สำคัญ ได้แก่

3.1 Tibialis

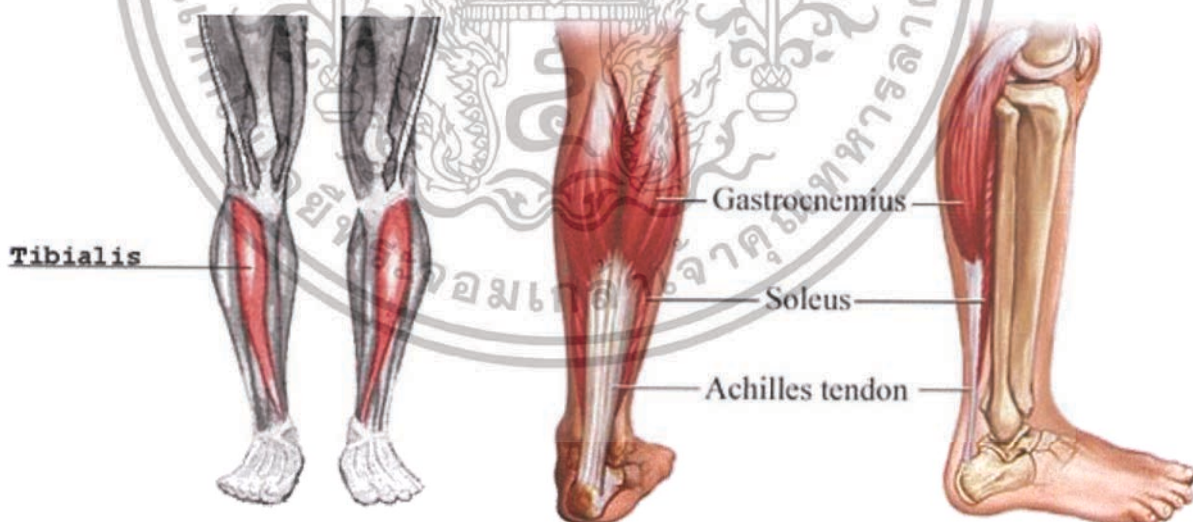
เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหน้าของปลายขา เกาะจากด้านข้างของกระดูกปลายขาท่อนใหญ่ (Tibia) และจากพังผืด ซึ่งยึดระหว่างกระดูกปลายขาท่อนใหญ่และท่อนเล็ก และเกาะที่กระดูกฝ่าเท้าทำหน้าที่กระดกข้อเท้า และบิดข้อเท้าเข้าด้านใน

3.2 Gastrocnemius

เป็นกล้ามเนื้อในกลุ่มด้านหลังของปลายขา เป็นกล้ามเนื้อน่องเกาะจากส่วนปลายของกระดูกต้นขาทั้งสองด้าน ส่วนปลายกลายเป็นเอ็นเกาะที่กระดูกส้นเท้า (Achilles Tendon) ทำหน้าที่งอหลังเท้า เขยียดนิ้วเท้า ถีบฝ่าเท้าลงและช่วยงอเข่าด้วย

3.3 Soleus

เป็นกล้ามเนื้อใหญ่ รูปร่างคล้ายปลาอยู่ใน Gastrocnemius ทำหน้าที่งอฝ่าเท้า



รูปที่ 2.29 กล้ามเนื้อส่วนเท้า

ที่มา : <https://www.bodytr.com/img/kalf-anatomisi.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กล้ามเนื้อส่วนเท้า

เป็นกล้ามเนื้อที่เกาะคล้ายบริเวณมือแตกต่างกันตรงที่เป็นกล้ามเนื้อที่ควบคุมสันเท้าระหว่างการเดิน กล้ามเนื้อส่วนเท้าที่สำคัญ มีดังนี้

4.1 Flexor Hallucis Longus

เกาะจากด้านหลังของกระดูกช่วงล่าง ส่วนปลายเป็นเอ็นเกาะที่กระดูกหัวแม่เท้า ท่อนปลายทำหน้าที่อปลายนิ้วหัวแม่เท้า ทำหน้าที่กระดกข้อเท้าลง และบิดเท้าเข้าด้านใน

4.2 Extensor Digitorum Brevis

เป็นกล้ามเนื้อด้านหลังเท้า ตรงปลายเป็นเอ็นไปเกาะที่นิ้วเท้าทั้ง 4 ยกเว้นนิ้วหัวแม่เท้า ทำหน้าที่เหยียดข้อของนิ้วเท้าทั้ง 4

4.3 Adductor Halluces

เป็นกล้ามเนื้อที่อยู่ลึกสุด ทำหน้าที่เหยียดหัวแม่เท้า

4.4 Flexor Digitorum Brevis

เป็นกล้ามเนื้อบริเวณอุ้งเท้า ทำหน้าที่ช่วยในการเคลื่อนไหว เป็นกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของเท้าเวลาเดิน



รูปที่ 2.30 กล้ามเนื้อขาที่ใช้ในการกระโดด

ที่มา : <https://static1.squarespace.com/static/55e406fbc4b0b03c5e7543ae/t/5935e19917bffc300fa2a708/1496703405647/Bodyweight+Jump+Squats>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 IMU (Inertial Measurement Unit)

เป็นระบบหนึ่ง ซึ่งบรรจุในระบบนำหนด้วยแรงเฉื่อย (Inertial Navigation System : INS) มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญ คือ เครื่องวัดความเร็วเชิงมุม และความเร็วเชิงเส้น (สำหรับการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง) และ ไจโรสโคป (เพื่อรักษาให้อยู่ในแนวอ้างอิงที่ถูกต้อง) ซึ่งโดยปกติจะต้องมี Sensor ตรวจวัดอย่างน้อยหนึ่งตัวในแต่ละแนวแกน ลักษณะการออกแบบโดยทั่วไป IMU จะมีลักษณะเป็นกล่อง ภายในบรรจุเครื่องวัดความเร็ว 3 ตัว และ ไจโรสโคป อีก 3 ตัว เครื่องวัดความเร็วจะถูกติดตั้งเข้าไปในแต่ละแนวแกนที่ต้องการวัดโดยที่แต่ละแนวแกนตั้งฉากกัน ไจโรสโคปอีก 3 ตัวจะถูกติดตั้งในลักษณะตั้งฉากเช่นเดียวกัน ทำการวัดอาการหมุน ที่เบี่ยงเบนไปจากแนวอ้างอิงในระบบพิกัดที่กำหนดไว้ จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าเซนเซอร์ตรวจวัดหลักๆ ของระบบ IMU เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดความเร็ว และ เซนเซอร์สำหรับตรวจวัดอาการเอียงในแนวแกนต่าง ๆ ซึ่งก็คือ เครื่องวัดความเร็ว (Accelerometer) และ ไจโรสโคป (Gyroscope)



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างส่วนประกอบและลักษณะของ IMU

ที่มา : https://i1.wp.com/bestperformancegroup.com/wp-content/uploads/2012/05/Fig_5.jpg

2.7 เซนเซอร์วัดความเร็ว (Accelerometer)

ในปัจจุบันอุปกรณ์ Sensor ต่าง ๆ เริ่มมีการติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์ทั่วไป เช่น GPS ในรถยนต์ หรือ โมดูล GPRS ใช้ทำโทรศัพท์ หรือว่าจะเป็น Ultrasonic ที่ใช้ทำ Sensor จับวัตถุที่ท้ายรถยนต์ มี Sensor ชนิดหนึ่ง ที่ใช้วัดความเอียง นั่นก็คือ Accelerometer และ Gyroscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 หลักการทำงานโดยทั่วไปของ Accelerometer

หากแปลตามตัวอักษรแล้ว Accelerometer มาจาก Acceleration + Meter หรือมิเตอร์ ความเร่ง ตามนิยามก็คือ Sensor วัดความเร่งเพิ่มขึ้น หรือลดลง (ในหน่วย m/s^2) ตัวอย่าง. ความเร่งของแรงโน้มถ่วงก็คือ $9.8 m/s^2$ หรือ a (มาจาก Acceleration) นั่นเอง

โดย หลักการทำงาน ให้นึกถึงห้องสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ ที่ทุกด้านของกำแพงจะมีสปริงติดอยู่ เวลาที่ห้องนี้เอียงไปทางใดทางหนึ่ง สปริงก็จะยุบไปด้านนั้น ๆ โดยสมมติว่าแรงดันของสปริงมีน้อยกว่าแรง โน้มถ่วงของโลก และใช้วงจรไฟฟ้าในการดึง Output Analog ออกมาใช้งาน (หรือ Output Digital ซึ่งก็แล้วแต่ตัว Sensor เอง)

เราจะใช้ Accelerometer สำหรับเป็นตัวชี้ว่าอยู่ในสถานะ Static (นิ่งเฉย) หรือ Dynamic (เคลื่อนไหวทันทีทันใด หรือหยุดทันทีทันใด) นั่นทำให้ Accelerometer เป็น Sensor สำหรับบอกสถานะการเอียงได้เป็นอย่างดี (Tilt Sensor) Sensor ยกตัวอย่างเช่นในโทรศัพท์สมาร์ทโฟนในปัจจุบัน ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจในเรื่องของอัตราเร่งกันก่อน

อัตราเร่งและการตรวจวัดอัตราเร่ง

อัตราเร่ง คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของความเร็วเทียบกับเวลา เครื่องมือที่ใช้วัดอัตราเร่งก็ คือ มิเตอร์วัดอัตราเร่ง หรือ แอ็กเซเลอโรมิเตอร์ (Accelerometer) โดยที่สามารถแบ่งลักษณะการ ตรวจวัด ได้ 2 ลักษณะ

1. การตรวจวัดการช็อก (shock) และการสั่นสะเทือน (Vibration) ซึ่งการช็อก คือ อัตราเร่งขนาดมหาศาลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ *การสั่นสะเทือน คือ อัตราเร่งขนาดเล็กที่เกิดขึ้นซ้ำกันไปเรื่อย ๆ
2. การตรวจวัดอัตราเร่งของวัตถุ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการระบุตำแหน่ง ความเร็ว และ ระยะทางที่ได้จากการเคลื่อนที่

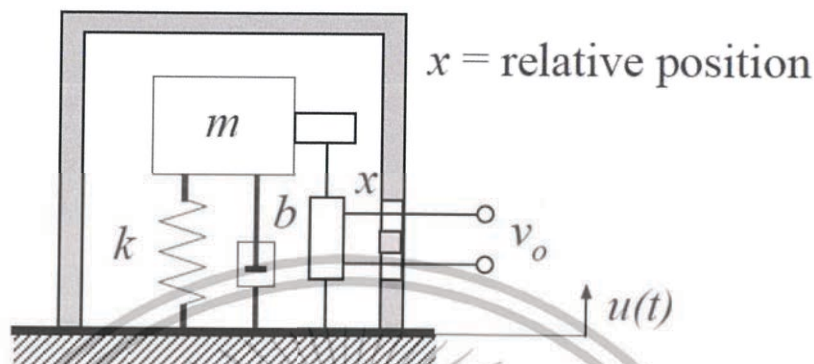
2.7.2 ประเภทของมิเตอร์วัดความเร่ง

โดยหลักๆแล้วจะแบ่งเป็น 2 ชนิด

1 มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซมิกแมส (Seismic Mass Accelerometer)

มิเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการตรวจวัดระยะขจัดเชิงเส้นแล้วนำไปคำนวณหาอัตราเร่งที่เกิดขึ้น โดยเทคนิคดังกล่าวสามารถอธิบายง่ายๆ ได้ก็คือ วัตถุชิ้นหนึ่งจะมีความเร่งได้ ก็จะต้องมีแรงมากระทำ ยังมีแรงมากระทำมาก ก็จะมีมีความเร่งมาก ในขณะที่เดียวกันแรงต้านการเคลื่อนที่ก็จะมากด้วย

นอกจากนี้เมื่อมีแรงมาทำให้วัตถุ เกิดการเคลื่อนที่ ก็จะมีระยะขจัด ซึ่งก็จะแปรผันตรงกับแรงที่มา กระทำที่วัตถุ ยิ่งแรงมากระยะขจัดยิ่งมาก จากความสัมพันธ์ดังกล่าวได้นำไป ใช้เป็นหลักการพื้นฐาน ของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมสในการตรวจวัดอัตรา เร่งของวัตถุในเทอมของระยะขจัดที่ เกิดขึ้น



รูปที่ 2.32 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบไซซมิกแมส

ที่มา : https://sites.google.com/site/me3113accelerometer/_/src/1323208594355/background-theory/spring%20mass.jpg

โครงสร้างนี้มีมวล M ที่เรียกว่ามวลตรวจการสั่นไหว (Seismic Mass) ยึดติดอยู่กับสปริงที่มี ค่า Spring Constant เท่ากับ K และมวลนี้สามารถเคลื่อนที่ในแนวระดับได้ซึ่งหลักการทำงานก็ง่ายๆ ไม่ได้ซับซ้อนอะไร เมื่อตัวเซนเซอร์ตัวนี้ถูกทำให้มีอัตราเร่งเกิดขึ้นจะส่งผลให้มวล M เคลื่อนที่ ซึ่ง ระยะที่เคลื่อนที่ออกไปจะเป็นระยะขจัดเท่ากับ X และมีทิศทางตรงกันข้ามกับการเคลื่อนที่ของตัว มิเตอร์ดังนั้น อัตราเร่ง a ของวัตถุสามารถคำนวณค่าได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$a = xk/m \text{ โดยที่} \quad (2.1)$$

a คือ อัตราเร่งของวัตถุ หน่วย เมตร/วินาที

x คือ ระยะขจัดของมวล m หน่วย เมตร

k คือ ค่าคงที่ของสปริง หน่วย นิวตัน/เมตร

m คือ น้ำหนักของมวล m หน่วย กิโลกรัม

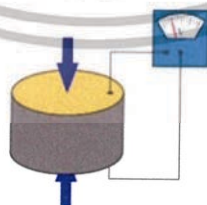
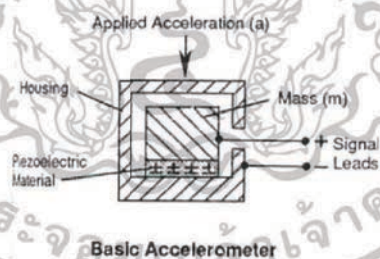
จากสมการดังกล่าวจะแสดงให้เห็นว่า เมื่ออัตราเร่งของวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ระยะขจัดของ มวล m มีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เมื่ออัตราเร่งของวัตถุมีค่าลดลง ทำให้มวล m เคลื่อนที่ไปดันสปริง เมื่ออัตรา เร่งของวัตถุหยุดลง ก็จะทำให้มวล m เคลื่อนที่กลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม (ตำแหน่งอ้างอิง) แต่ในทางปฏิบัติ เราสามารถวัดระยะขจัดของมวล m ได้โดยอาศัยมิเตอร์อีกชนิดหนึ่ง คือมิเตอร์วัด ระยะขจัดเชิงเส้น

(LVDT, Potentiometer) ส่วนการวิเคราะห์หาค่าอัตราเร่งที่เกิดขึ้นเราสามารถ คำนวณหาได้โดยใช้ คอมพิวเตอร์

มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบโซลิดสเตต นี้จะนิยมใช้ในการตรวจวัดลักษณะการช็อกและลักษณะ การสั่นสะเทือนที่มีความถี่ต่ำมาก ๆ เช่น ในเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว หรือในเครื่องมือตรวจวัด การปะทุใต้ดินของภูเขาไฟ ฯลฯ

2 มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Accelerometer)

คุณสมบัติพื้นฐานทางไฟฟ้าของผลึกเพียโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Crystal) ถูกค้นพบ โดย Pierre และ Jacques Curie ในราวปี ค.ศ.1880 ซึ่ง Piezoelectric Crystal นี้มีคุณสมบัติพิเศษ คือ เมื่อ ถูกแรงทางกลมากระทำ จะสร้างประจุไฟฟ้าขึ้นมา โดยเป็นส่วนหนึ่งของแรงกระทำนั้น ซึ่งจาก คุณสมบัติ พิเศษนี้ได้ถูกดัดแปลงนำไปใช้สร้างอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น ใช้เป็นแบตเตอรี่จ่ายพลังงาน ไฟฟ้าให้กับ นาฬิกาข้อมือดิจิตอลที่เราใช้ทั่วไป และยังใช้สร้างมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริก อีกด้วย โครงสร้างของมิเตอร์วัดอัตราเร่ง แบบเพียโซอิเล็กทริกจะประกอบด้วย Seismic Mass ยึด ติดกับ Piezoelectric Crystal และบรรจุอยู่ในตัวถังป้องกัน โดย Piezoelectric Crystal ที่นิยม นำมาใช้งาน ได้แก่ ผลึกควอตซ์ และผลึกโซเดียมโพตัสเซียมเตตระเตรต (Sodium Potassium Tartrate) เพราะมีความ ทนทานต่อแรงกระทำ และราคาไม่แพงมากนัก



รูปที่ 2.33 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบ Piezoelectric Accelerometer

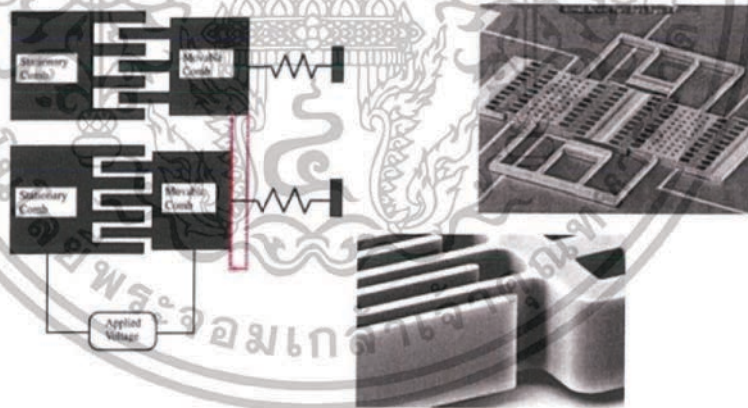
ที่มา : http://www.industrial-electronics.com/DAQ/images/10_116.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถอธิบายการทำงานง่ายๆ ได้ดังนี้เมื่อ Seismic Mass (m) ถูกทำให้เกิดอัตราเร่งขึ้น (ถูกกด) มันจะส่งผ่านแรงกดไปกระทำกับ Piezoelectric Crystal ที่ถูกยึดติดอยู่ด้วยกัน ด้วย คุณสมบัติพิเศษของมันจะทำให้ประจุไฟฟ้าถูกสร้างขึ้น และถูกสายนำสัญญาณออกไปยังเอาต์พุตของ วงจร โดยที่ด้านเอาต์พุตจะต้องมีวงจร ขยายประจุไฟฟ้า (Charge Amplifier) เพื่อขยายค่าประจุ ไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นแรงดันเอาต์พุตตามสัดส่วนของอัตราเร่ง ที่เกิด จะได้สามารถแสดงผลได้ด้วยโวลต์ มิเตอร์ มิเตอร์วัดอัตราเร่งแบบเพียโซอิเล็กทริกตอบสนองต่อทางด้านความถี่สูงได้ดีแต่ในทางกลับกันก็จะมีผล ตอบสนองทางด้านความถี่ต่ำที่ไม่ดีนัก มีขนาดค่อนข้างเล็ก น้ำหนักเบา และ สามารถใช้งานที่มีอัตราเร่งได้สูงถึง $250,000 \text{ m.s}^{-2}$ ส่วนการประยุกต์ใช้งานที่น่าสนใจและกำลังเป็นที่นิยมอยู่ในขณะนี้เห็นจะเป็นเทคโนโลยี ทัชสกรีน (Touch Screen) ที่ใช้ Accelerometer ตรวจจับ การเคลื่อนไหวนิ้วมือของผู้ใช้ เวลาเราใช้นิ้วลากเร็วๆ มิเตอร์วัดความเร่งจะจับความเร่งที่นิ้วเรา เคลื่อนไหวแล้วส่งให้หน้าจอเลื่อนไปตามความเร่งนั้น ถ้าเราเลื่อนนิ้วเร็วหน้าจอก็เลื่อนเร็ว แต่ถ้าเลื่อน นิ้วช้าหน้าจอก็จะค่อยๆ เลื่อนไป

2.7.3 การนำเซนเซอร์วัดความเร่งมาประยุกต์ใช้งาน

1) ในระบบกลุมนิรภัยในรถยนต์กลุมนิรภัยนั้นจะใช้เซนเซอร์จับการเคลื่อนไหวด้วยความเร่งที่กำหนดไว้ในช่วง ๆ หนึ่ง ซึ่ง Accelerometer นี้จะทำจากซิลิกอนรูปร่างเหมือนหวีสับหว่าง กันสองอัน (เรียกว่า Comb Drive เล็กมากต้องส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์)



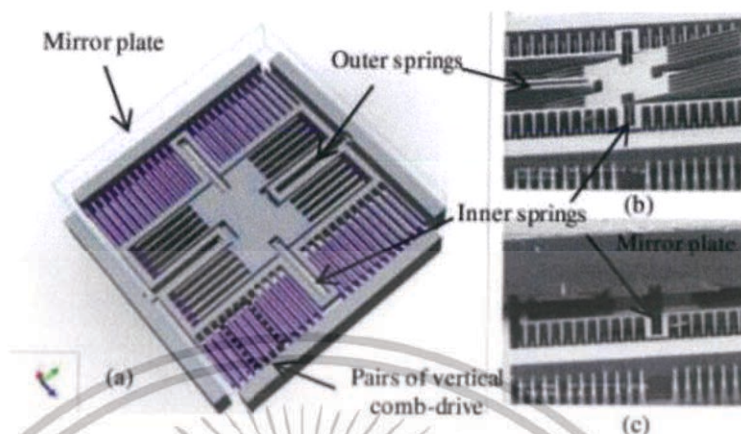
รูปที่ 2.34 เซนเซอร์จับการเคลื่อนไหวด้วยความเร่งที่ใช้ในรถยนต์

ที่มา : http://images.books24x7.com/bookimages/id_7887/fig4-12.jpg

ซึ่ง Comb Drive นี้จะเคลื่อนเข้าหาและออกจากกันตามความเร็วที่คงที่และทำหน้าที่เป็นตัวเก็บประจุ เมื่อเอาหัวนี้ไปติดไว้กับรถ เวลารถเคลื่อนที่ในแนวราบ ไม่ว่าจะความเร็วใด ๆ ก็ตามมันจะทำงานปกติแต่ถ้าเกิดการกระแทกหรือรถคว่ำหัวนี้จะไม่เคลื่อนเข้าออกอย่างเดียวยังอีกแล้วแต่จะแกว่ง ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลงด้วยทำให้ประจุไฟฟ้าระหว่างหัวทั้งสองเปลี่ยนแปลงไปหรือเกิดการช็อตเซนเซอร์ จะรีพอร์ตให้ ปล่อย
ตุ้ลมออกมา



รูปที่ 2.35 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงในเซนเซอร์เมื่อเกิดการกระแทก
ที่มา : <https://i.ytimg.com/vi/E0yaGF10Kp8/hqdefault.jpg>

2) ในอุปกรณ์วัดระยะทางและความเร็วในขณะวิ่ง (ที่ Nike ทำร่วมกับ iPod)

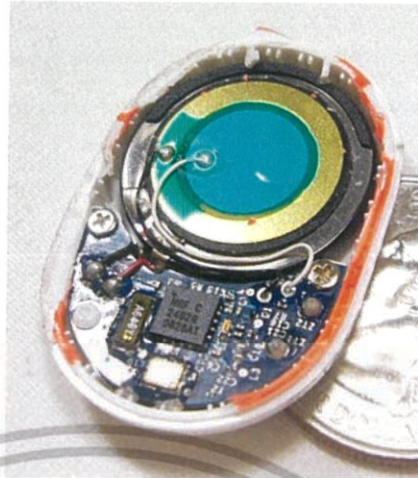


รูปที่ 2.36 การนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์กีฬา

ที่มา : https://images.apple.com/in/ipod/nike/a/screens/images/overview_hero.jpg

อุปกรณ์ตัวนี้ที่เห็นในภาพสีส้มคือ Piezoelectric Accelerometer ซึ่งเมื่อแก้มันออกมาหน้าตา
ก็จะ เป็นดังภาพด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

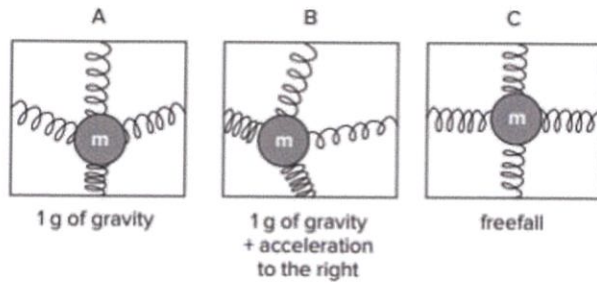


รูปที่ 2.37 Piezoelectric Accelerometer ที่ติดในรองเท้า

ที่มา : <https://www.sparkfun.com/images/tutorials/Nike+iPod/Nike+iPod-3.jpg>

ในการใช้งานผู้ใช้ก็ต้องมีเซนเซอร์ตัวนี้ใส่ไว้ตรงพื้นรองเท้า (Nike ทำช่องไว้ให้ใส่) ทุกครั้งที่มีการวิ่ง ในช่วงที่เท้าตกลงบนพื้นรองเท้าก็จะไปกด Piezoelectric Crystal ด้วย จะทำให้มี ประจุไฟฟ้าเกิดขึ้น เซนเซอร์ก็จะรีพอร์ทไปที่ Transmitter เพื่อส่งสัญญาณกระแสไฟฟ้าไปที่ Receiver ที่ต่อกับ iPod แล้วแสดงผลออกมาทางมอนิเตอร์ของ iPod โดยการส่งสัญญาณจาก ตัวเซนเซอร์ไปที่ iPod จะใช้คลื่นวิทยุที่มีความถี่ 2.4 GHz ซึ่งจะไม่รบกวนอุปกรณ์สื่อสารพวก โทรศัพท์มือถือ wireless หรือแม้กระทั่งบนเครื่องบิน

3) สมาร์ทโฟนทั่วไป เช่น iPhone ตัวอย่างการใช้งานเช่น การเขย่าเพื่อเปลี่ยนเพลง หรือ การเขย่าตัวเครื่องเพื่อใช้ในการควบคุมการเล่นเกมนั้นล้วนเป็นคุณสมบัติของ Accelerometer ที่ติดมา ในเครื่องโครงสร้างของ Accelerometer จะประกอบด้วยสปริงและลูกตุ้มน้ำหนัก เมื่อมีการเคลื่อนที่ ด้วยความแรงลูกตุ้มน้ำหนักจะถูกกดไปอีกฝั่งตรงข้ามกับ การเคลื่อนที่ สปริงก็ทำหน้าที่ดึงกลับเข้าที่ อีกครั้งเมื่อหยุดการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่คือความเร่งเท่ากับศูนย์ค่าที่วัดได้ก็จะไม่เปลี่ยนแปลง Accelerometer ที่อยู่ในมือถือเป็นชิพซิลิคอนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) การทำงานจะมีหลักการคล้ายๆกับการนำลูกเหล็กมาผูกกับสปริงไว้ภาพด้านล่าง



รูปที่ 2.38 หลักการทำงานของ Accelerometer ในสมาร์ทโฟน

ที่มา : http://l.exam-10.com/pars_docs/refs/8/7808/7808_html_m2df698d.jpg

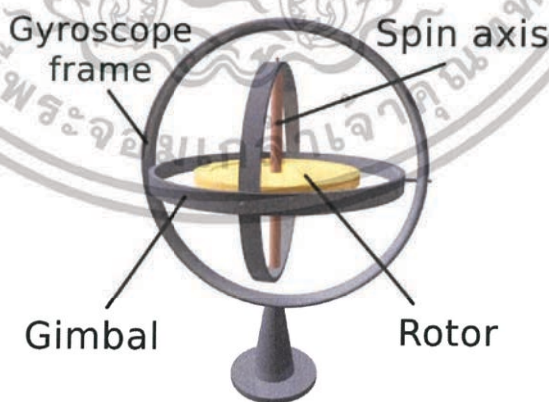
ภาพ A : เมื่อเราวางมือถือเราไว้เฉยๆ บนโต๊ะ ก็มีแรงดึงดูดของโลกกระทำต่อมือถือของเรา เพียงอย่างเดียว

ภาพ B : เมื่อเราแกว่งมือถือไปทางขวา ก็จะมี ความเร่งไปทางขวาและค่าแรงดึงดูดของโลกกระทำพร้อมกัน

ภาพ C : เมื่อเราปล่อยมือถือตกแบบ freefall ก็จะไม่มีความเร่งใดๆ มากระทำ

2.8 เครื่องวัดสภาพการเอียง (Gyro sensor)

ไจโรสโคปเป็นอุปกรณ์ที่อาศัยความเฉื่อยของล้อหมุน เพื่อช่วยรักษาทิศทางของแกนหมุน ประกอบด้วยล้อหมุนเร็วบรรจุอยู่ในกรอบอีกทีหนึ่ง ทำให้เอียงในทิศทางต่างๆ ได้โดยอิสระ โดยจะชี้ทิศทางเดิมถ้าไม่มีทอร์กมากระทำ นำเอามาใช้สำหรับตรวจเช็คสภาพการเอียง ของวัตถุที่ติดตั้งตัวมัน อยู่ เช่น เครื่องบิน เรือ หุ่นยนต์ จรวด จานดาวเทียม ซึ่งของเหล่านี้ล้วนแต่ต้องการที่จะทราบสถานะ ความสมดุลของมันอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.39 ส่วนประกอบพื้นฐานของไจโรสโคป

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope#/media/File:3D_Gyroscope.png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gyroscope ได้กำเนิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1852 โดย นักวิทยาศาสตร์ ชาวฝรั่งเศสที่ชื่อ ฌอง โบนาปาร์ต เลอง ฟูโกลต์ (Leon Foucault) ได้คิดประดิษฐ์ ล้อที่ติดตั้ง อยู่ในวงแหวนที่หมุนได้เมื่อ หมุนล้อหรือโรเตอร์แล้วเจ้าล้อมันจะหมุนในทิศทางเดิมของมันในอากาศ โดยไม่ขึ้นกับการเอียงไป เอียงมาของกรอบหรือวงแหวนที่ล้อมรอบมัน ซึ่งเค้าได้ตั้งชื่อ อุปกรณ์ตัวนี้ว่า Gyroscope ซึ่งจากคุณสมบัติในข้อนี้เอง ทำให้ มันสามารถที่จะเป็นเครื่องบ่งชี้ทิศทางได้นั่นเอง

ไจโรสโคปนั้นมีประโยชน์อย่างมากมายการใช้ไจโรสโคปครั้งแรกนั้น เกิดขึ้น ในปี ค.ศ. 1910 ได้นำไปติดตั้งในเรือรบของเยอรมนี ต่อมาในปี ค.ศ. 1909 นายเอลเมอร์ เอ. สเปนอร์รี่ (Elmer A. Sperry) ได้สร้างเครื่องบินที่บินอัตโนมัติ ที่ใช้คุณสมบัติการรักษาทิศทาง ของไจโรสโคปเพื่อให้ เครื่องบิน บินได้ตรงทิศทาง

สำหรับการติดตั้งบนเรือนั้นเริ่มขึ้นในปี ค.ศ.1915 บริษัท อันซิซซ ตั้งอยู่ที่ เมืองคิล ประเทศเยอรมนี ได้ติดตั้งบนเรือโดยสาร ของเดนมาร์ก ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่เอาไว้รักษา เสถียรภาพการของเรือ เพื่อให้ลดการโคลง ของเรือ ซึ่งทำให้สินค้ามีความเสียหายน้อยลง และทำให้ผู้โดยสารรู้สึกสบายขึ้น ซึ่งระบบ ตรงนี้ เค้า เรียกว่า Gyrostabilizer แต่ใช้วิธีนี้มีข้อเสียมากมาย คือ เรือนั้นมีน้ำหนัก มาก และเสียเนื้อที่มาก เพราะต้องสร้างไจโรสโคปขนาดใหญ่



รูปที่ 2.40 Gyrostabilizer

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-rolling_gyro#/media/File:Ship_stabilizing_gyroscopes_USS_Henderson_1917.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาในปี 1916 มีผู้นำหลักการของไจโรสโคปนี้ไปทำอุปกรณ์ที่เรียกว่า ขอบฟ้าประดิษฐ์ เพื่อใช้ในเครื่องบินสำหรับบอก ระดับการโคลงเคลง ไปซ้ายขวา หน้าหลัง ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่ง ใน เวลาที่สภาพอากาศไม่ดีเวลาที่มองไม่เห็นขอบฟ้า หลังจากนั้นวิศวกรก็ได้มีการนำไจโร สโคปไปใช้ อย่างมากมายแพร่หลาย เช่น นำไปใช้กับจรวดนำวิถีเพื่อบังคับทิศทางโดยอัตโนมัติ หรือนำไปใช้ ใน เครื่องบิน เป็นต้น

1. หลักการทำงานของไจโรสโคป



รูปที่ 2.41 หลักการทำงานพื้นฐานของไจโรสโคป

ที่มา : https://www.mathworks.com/help/supportpkg/android/ref/Simulinkandroid-supportpackage_galaxys4_gyroscopee0545c3dd6e0d54d37feccea60d134d9.png

จากภาพ ล้อที่แขวนไว้อยู่บนเข็มนั้นเมื่อยังไม่ได้หมุนล้อ จะทำให้ล้อที่แขวนอยู่นั้นห้อยลง ตามลักษณะที่ผูกเชือกไว้ แต่เมื่อทำการหมุนล้อแล้ว จะทำให้ล้อสามารถตั้งได้ดูเหมือนกับบออยู่ใน สภาวะไร้น้ำหนักทั้งนี้เพราะการทำงานของ Gyroscope นั้น จะเป็นไปตามกฎ ของนิวตันคือ มวลจะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงด้วยความเร็วคงที่ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากกระทำ เมื่อตัวไจโรหมุนไป 90 องศา จุดบนจะหมุนเปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา และยังเคลื่อนที่ไปทางซ้าย เช่นเดียวกับจุดล่าง เมื่อ หมุนขึ้นมา 90 องศา มันยังคงเคลื่อนที่ไปทางขวา ทำให้ล้อเกิดการหมุนควง ขณะที่จุดบนและจุดล่าง เปลี่ยนตำแหน่งไป 90 องศา การเคลื่อนที่ในครั้งแรก จะถูกยกเลิกไป ไม่เกิดการพลิกของล้อ ดังนั้น แกนหมุนของไจโรจะเหมือนกับห้อยอยู่กับที่ตลอดเวลา

ดังนั้นเมื่อเอาคุณสมบัติแบบนี้ไปสร้าง อุปกรณ์วัดระดับเราก็จะสามารถรู้ได้เลยว่าอุปกรณ์ที่ติดตั้งGyro มันเอียงไปจากเดิมเท่าไร ซึ่งเมื่อ โรเตอร์หมุนแล้ว มันก็จะคงตำแหน่งอยู่แบบนั้น กรอบที่

เป็นแหวนซึ่งอยู่ล้อมรอบเมื่อเราได้ติดตั้งตัววัดระยะ วัดการหมุนก็สามารถเชื่อมที่เปลี่ยนไปได้เลย ในปัจจุบันก็มีไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่อย่างมากมาย ซึ่งมีขนาดเล็ก และยังสามารถใช้งานง่ายอีกด้วย

2.9 Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัวบอร์ดหรือโปรแกรมต่อได้อีกด้วย

ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ คือผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่าง ๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบกับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อได้เลย



รูปที่ 2.42 บอร์ด Arduino Uno

ที่มา : <https://cdn.sparkfun.com/assets/9/1/e/4/8/515b4656ce395f8a38000000.png>

จุดเด่นที่ทำให้บอร์ด Arduino เป็นที่นิยม

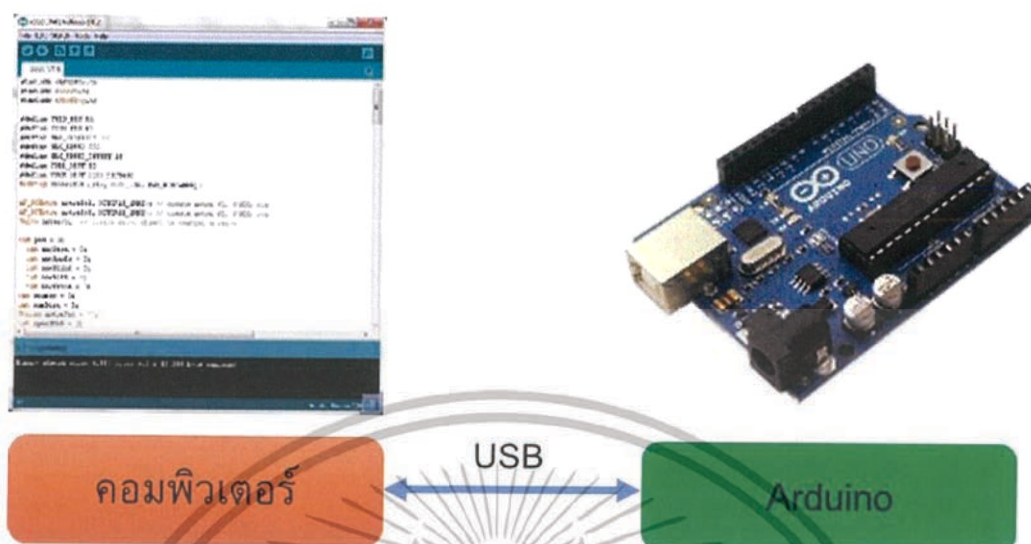
- ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
- มี Arduino Community กลุ่มคนที่ร่วมกันพัฒนาที่แข็งแรง
- Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน

ราคาไม่แพง

- Cross Platform สามารถพัฒนาโปรแกรมบน OS ใดก็ได้

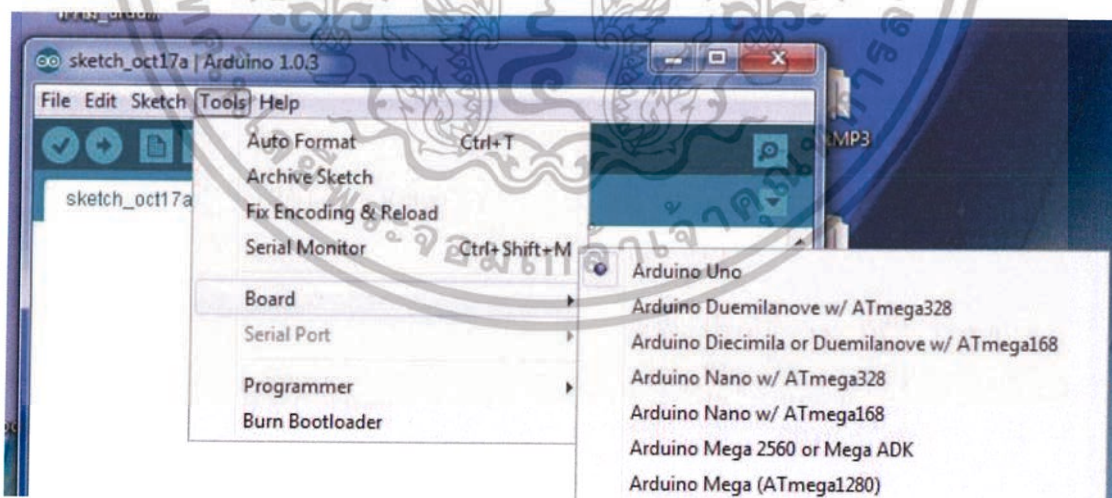
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino



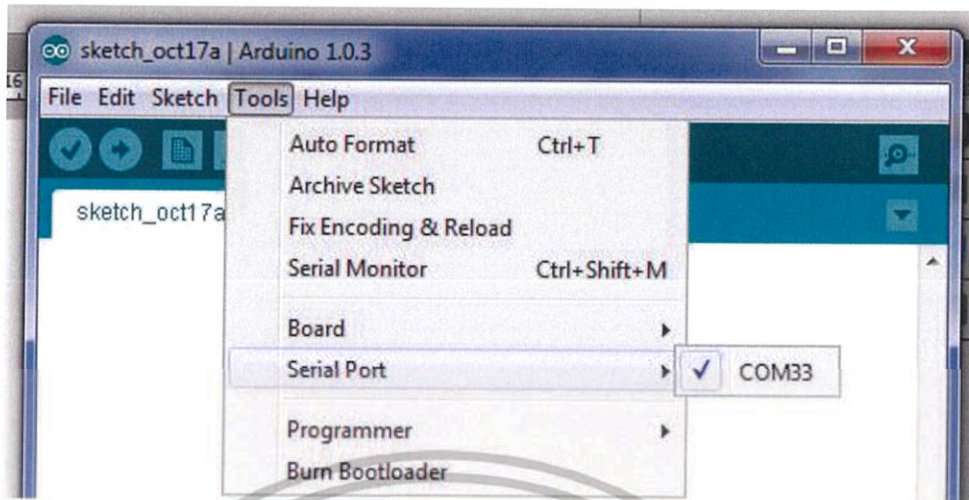
รูปที่ 2.43 บอร์ด Arduino ที่ต่อเชื่อมกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software
2. หลังจากเขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com Port



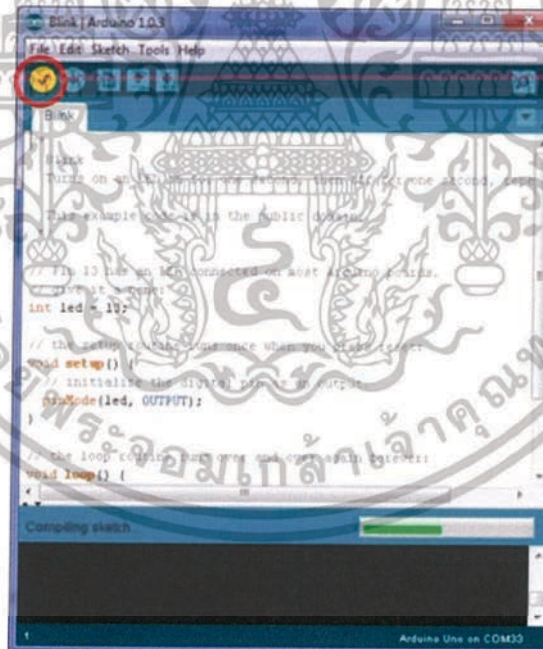
รูปที่ 2.44 เลือกุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ Upload

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



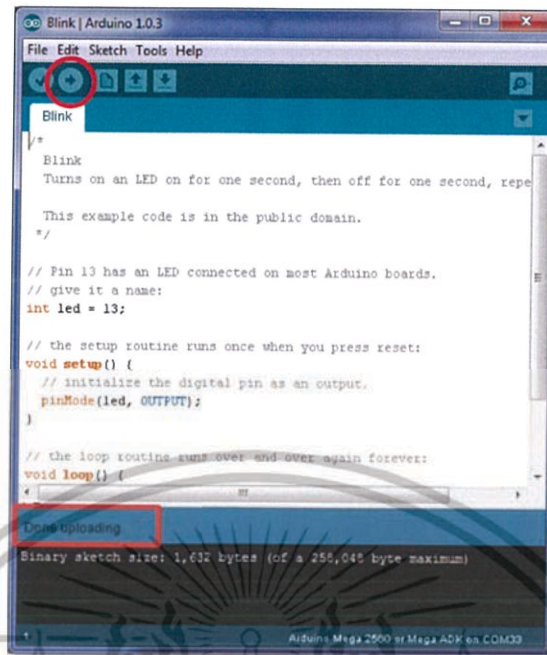
รูปที่ 2.45 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ดโปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะแสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done Uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



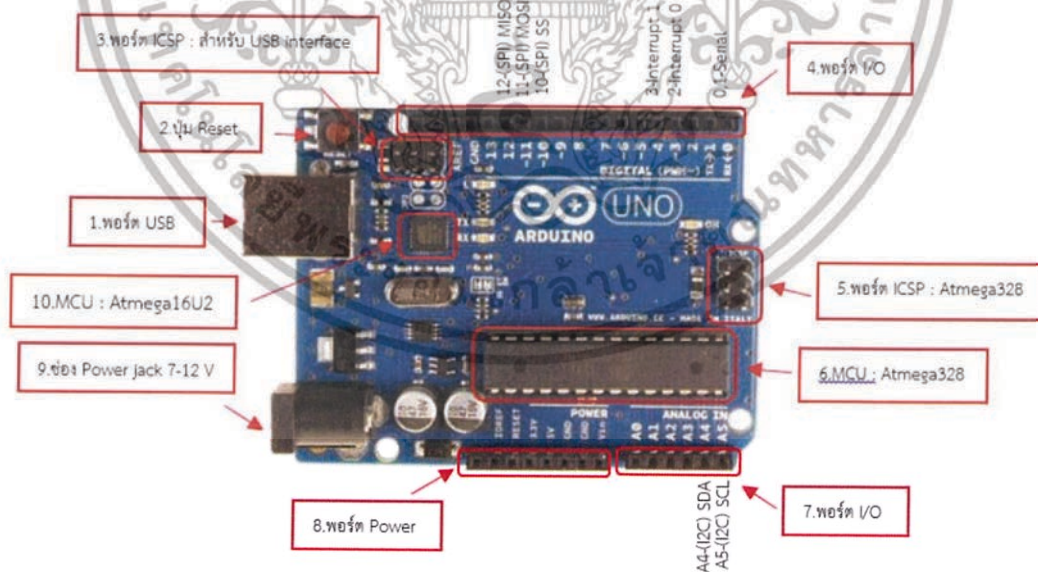
รูปที่ 2.46 กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.47 Upload โค้ดโปรแกรม

Layout & Pin out Arduino Board (Model: Arduino UNO R3)



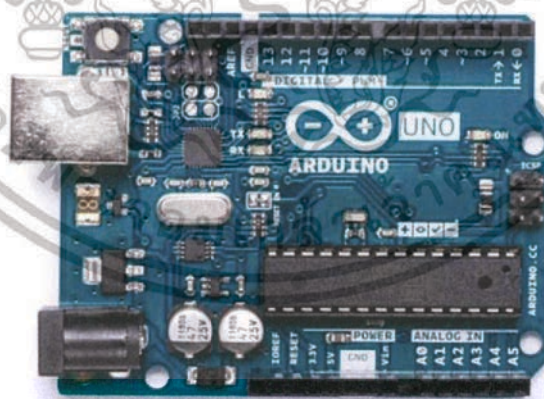
รูปที่ 2.48 ส่วนประกอบของบอร์ด Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.USB Port: ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัปเดตโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด
- 2.Reset Button: เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงานใหม่
- 3.ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com Port บน Atmega16U2
4. I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial, Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM
- 5.ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader
6. MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino
7. I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5
- 8.Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, V_{in}
9. Power Jack: รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V
10. MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับ Computer ผ่าน Atmega16U2

2.9.1 Arduino รุ่นต่าง ๆ

1. Arduino UNO R3 : เป็นบอร์ด Arduino ที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากราคาไม่แพง ส่วนใหญ่โปรเจกต์และ Library ต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นมา Support จะอ้างอิงกับบอร์ดนี้เป็นหลัก และข้อดีอีกอย่างคือกรณีที่ MCU เสีย ผู้ใช้งานสามารถซื้อมาเปลี่ยนเองได้ง่าย



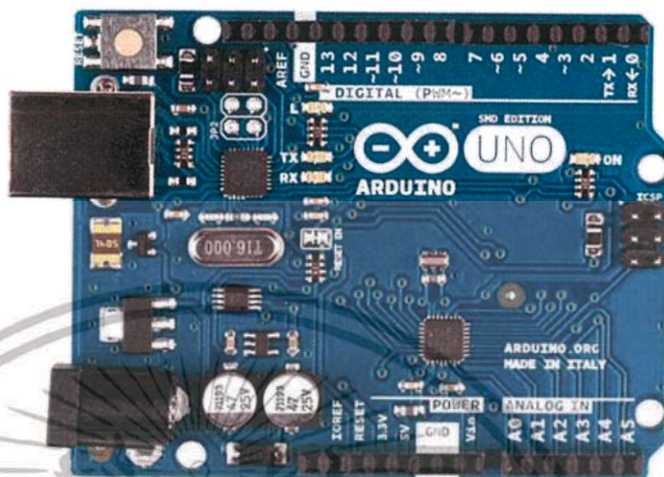
รูปที่ 2.49 บอร์ด Arduino UNO R3

ที่มา : <https://store-cdn.arduino.cc/usa/catalog/product/cache/1/image>

[/520x330/604a3538c15e081937dbfbfd20aa60aad/a/0/a000066_featured_4.jpg](https://store-cdn.arduino.cc/usa/catalog/product/cache/1/image/520x330/604a3538c15e081937dbfbfd20aa60aad/a/0/a000066_featured_4.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

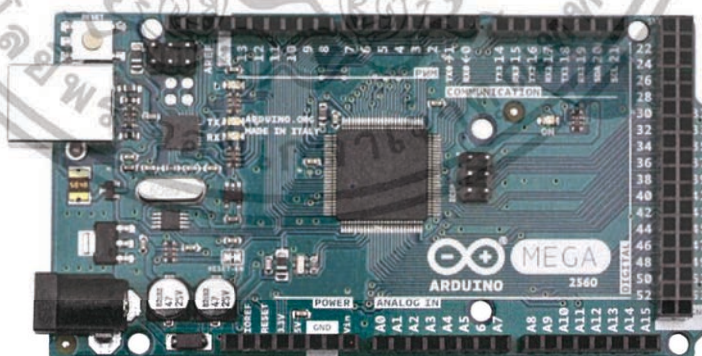
2. Arduino UNO SMD : เป็นบอร์ดที่มีคุณสมบัติและการทำงานเหมือนกับบอร์ด Arduino UNO R3 ทุกประการ แต่จะแตกต่างกับที่ Package ของ MCU ซึ่งบอร์ดนี้จะมี MCU ที่เป็น Package SMD (Arduino UNO R3 มี MCU ที่เป็น Package DIP)



รูปที่ 2.50 บอร์ด Arduino UNO SMD

ที่มา : https://circuit-help.com.ph/wp-content/uploads/2013/10/ard_uno1.jpg

3. Arduino Mega 2560 R3 : เป็นบอร์ด Arduino ที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องใช้ I/O มากกว่า Arduino Uno R3 เช่น งานที่ต้องการรับสัญญาณจาก Sensor หรือควบคุมมอเตอร์ Servo หลายๆ ตัว ทำให้ Pin I/O ของบอร์ด Arduino Uno R3 ไม่สามารถรองรับได้ ทั้งนี้ บอร์ด Mega 2560 R3 ยังมีความหน่วยความจำแบบ Flash มากกว่า Arduino Uno R3 ทำให้สามารถเขียนโค้ดโปรแกรมเข้าไปได้มากกว่า ในความเร็วของ MCU ที่เท่ากัน



รูปที่ 2.51 บอร์ด Arduino Mega 2560 R3

ที่มา : [https://a.pololu-files.com/picture/0J7804.1200.jpg?](https://a.pololu-files.com/picture/0J7804.1200.jpg?c7835e521e37b8b4bb83d3c55d263266)

[c7835e521e37b8b4bb83d3c55d263266](https://a.pololu-files.com/picture/0J7804.1200.jpg?c7835e521e37b8b4bb83d3c55d263266)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Arduino Mega ADK : เป็นบอร์ดที่ออกแบบมาให้บอร์ด Mega 2560 R3 สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ Android Device ผ่านพอร์ต USB Host ของบอร์ดได้

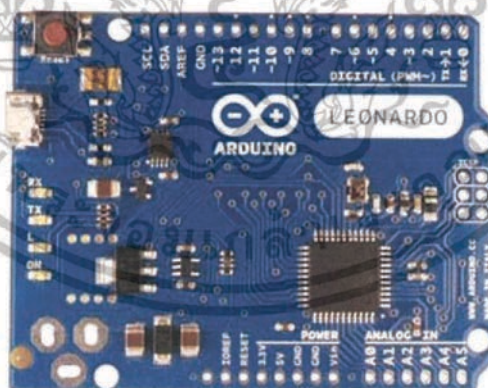


รูปที่ 2.52 บอร์ด Arduino Mega ADK

ที่มา : https://o.lnwfile.com/_o/_raw/ma/87/3f.jpg

5. Arduino Leonardo : การทำงานจะคล้ายกับบอร์ด Arduino Uno R3 แต่มีการเปลี่ยน MCU ตัวใหม่เป็น ATmega32U4 ซึ่งมีโมดูลพอร์ต USB มาด้วยบนชิป (แตกต่างจากบอร์ด Arduino UNO R3 หรือ Arduino Mega 2560 ที่ต้องใช้ชิป ATmega16U2 ร่วมกับ Atmega328 ในการเชื่อมต่อกับพอร์ต USB)

ข้อควรระวัง: เนื่องจาก MCU เป็นคนละเบอร์กับ Arduino Uno R3 อาจทำให้บอร์ด Shield บางตัวหรือ Library ใช้ร่วมกันกับบอร์ด Arduino Leonardo ไม่ได้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตรวจสอบก่อนใช้งาน



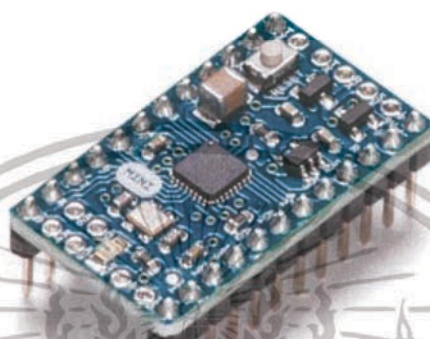
รูปที่ 2.53 บอร์ด Arduino Leonardo

ที่มา : <https://www.robotshop.com/media/files/images/arduino-leonardo-no-headers-large.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Arduino Mini 05 : เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็กที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 เบอร์เดียวกับบอร์ด Arduino UNO R3

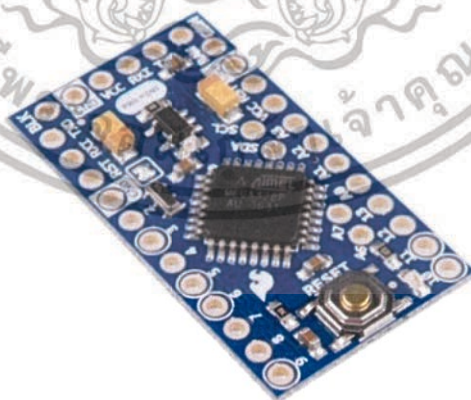
ข้อแตกต่าง: บอร์ด Arduino Mini 05 จะไม่มีพอร์ต USB มาให้ ผู้ใช้งานต้องต่อกับบอร์ด USB to Serial Converter เพิ่มเมื่อต้องการโปรแกรมบอร์ด



รูปที่ 2.54 บอร์ด Arduino Mini 05

ที่มา : https://store-cdn.arduino.cc/usa/catalog/product/cache/1/image/500x375/f8876a31b63532bbba4e781c30024a0a/A/0/A000087_iso_2.jpg

7. Arduino Pro Mini 328 3.3V : เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็ก ที่ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 ซึ่งจะคล้ายกับบอร์ด Arduino Mini 05 แต่บนบอร์ดจะมี Regulator 3.3 V ชุดเดียวเท่านั้น ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขา I/O คือ 3.3V



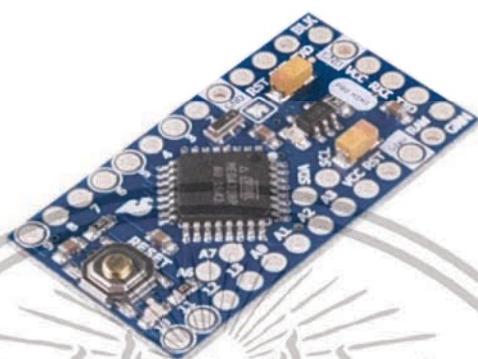
รูปที่ 2.55 บอร์ด Arduino Pro Mini 328 3.3V

ที่มา : <https://cdn.sparkfun.com//assets/parts/6/5/4/0/11114-01.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. Arduino Pro Mini 328 5V : เป็นบอร์ด Arduino ขนาดเล็ก ที่

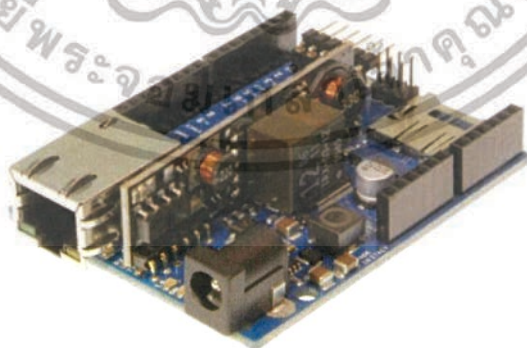
ใช้ MCU เบอร์ ATmega328 เช่นเดียวกับบอร์ด Arduino Mini 05 แต่บนบอร์ดจะมี Regulator 5V ชุดเดียวเท่านั้น ระดับแรงดันไฟฟ้า I/O คือ 5V



รูปที่ 2.56 บอร์ด Arduino Pro Mini 328 5V

ที่มา : <https://cdn.sparkfun.com//assets/parts/6/5/3/9/11113-01b.jpg>

9. Arduino Ethernet with PoE module : เป็นบอร์ด Arduino ที่ใช้ MCU เบอร์เดียวกับ Arduino Uno SMD ในบอร์ดมีชิป Ethernet และช่องสำหรับเสียบ SD Card รวมทั้งโมดูล POE ทำให้บอร์ดนี้สามารถใช้แหล่งจ่ายไฟจากสาย LAN ได้โดยตรง โดยไม่ต้องต่อ Adapter เพิ่ม แต่บอร์ด Arduino Ethernet with PoE module นี้จะไม่มีพอร์ต USB ทำให้เวลาโปรแกรมต้องต่อบอร์ด USB to Serial Converter เพิ่มเติม

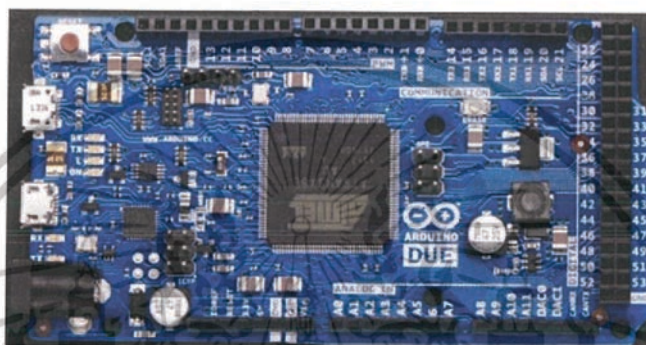


รูปที่ 2.57 บอร์ด Arduino Ethernet with PoE module

ที่มา : https://cdn.solarbotics.com/products/photos/a9c4bdede203c1e3211c1e0b83b9c69f/51832_-_img_7907.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. Arduino Due : เป็นบอร์ด Arduino ที่เปลี่ยนชิป MCU ใหม่ ซึ่งจากเดิมเป็นตระกูล AVR เปลี่ยนเป็นเบอร์ AT91SAM3X8E(ตระกูล ARM Cortex-M3) แทน ทำให้การประมวลผลเร็วขึ้น แต่ยังคงรูปแบบโค้ดโปรแกรมของ Arduino ที่ง่ายอยู่ **ข้อควรระวัง** :เนื่องจาก MCU เป็นคนละเบอร์กับ Arduino Uno R3 อาจทำให้บอร์ด Shield บางตัวหรือ Library ใช้ร่วมกันกับบอร์ด Arduino Leonardo ไม่ได้ ผู้ใช้งานจำเป็นต้องตรวจสอบก่อนใช้งาน

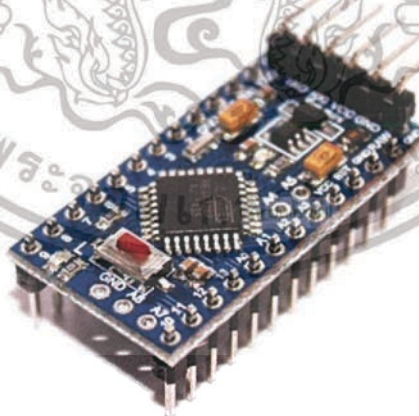


รูปที่ 2.58 บอร์ด Arduino Due

ที่มา : <https://cdn-shop.adafruit.com/1200x900/1076-03.jpg>

2.10 Arduino Pro mini

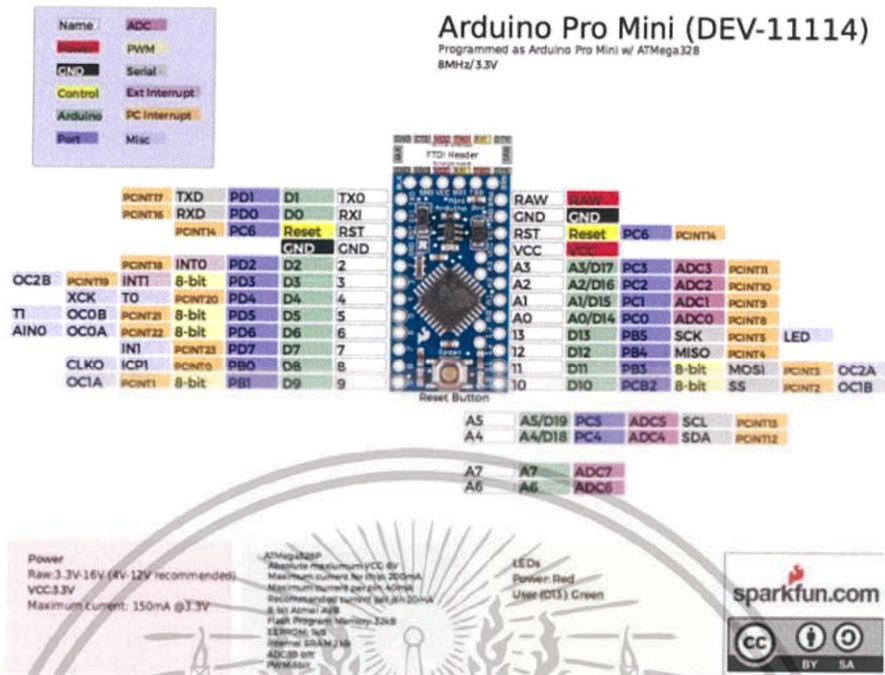
Arduino Pro Mini ATmega328 - 5V/16MHz



รูปที่ 2.59 บอร์ด Arduino Pro Mini

ที่มา : https://i.lnwfile.com/_/i/_raw/vU00/pe.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.60 Pinout Diagram ของบอร์ด Arduino Pro Mini

ที่มา : https://cdn.sparkfun.com/r/600-600/assets/learn_tutorials/1/0/4/graphicalDatasheet.png

600/assets/learn_tutorials/1/0/4/graphicalDatasheet.png

Arduino Pro Mini เป็น Arduino ขนาดเล็ก แต่มีความสามารถเท่ากับ Arduino Uno R3 ตัวใหญ่เลย เพราะใช้ IC ATmega328 เหมือนกัน เพียงแต่ตัดฟังก์ชันเชื่อมต่อ USB ออกเวลาจะโปรแกรมจึงต้องใช้ บอร์ด USB to UART ช่วยเบิร์นโปรแกรมลงบอร์ด Arduino Pro Mini

2.11 Bluetooth



รูปที่ 2.61 โลโก้ Bluetooth

ที่มา : [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/Bluetooth-](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/18/Bluetooth-logo.svg/1200px-Bluetooth-logo.svg.png)

logo.svg/1200px-Bluetooth-logo.svg.png

Bluetooth คือ ระบบสื่อสารของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองทาง ด้วยคลื่นวิทยุระยะสั้น (Short-Range Radio Links) โดยปราศจากการใช้สายเคเบิล หรือ สายสัญญาณเชื่อมต่อ และไม่จำเป็นต้องใช้การเดินทางแบบเส้นตรงเหมือนกับอินฟราเรด ซึ่งถือว่าเพิ่มความสะดวกมากกว่าการเชื่อมต่อแบบอินฟราเรด ที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือ กับอุปกรณ์ โนโทรศัพท์เคลื่อนที่รุ่นก่อนๆ และในการวิจัย ไม่ได้มุ่งเฉพาะการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ยังคงศึกษาถึงการส่งข้อมูลที่เป็นเสียง เพื่อใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Headset บนโทรศัพท์มือถือด้วยเทคโนโลยี บลูทูธ เป็นเทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์แบบไร้สายที่น่าจับตามองเป็นอย่างยิ่งในปัจจุบัน ทั้งในเรื่องความสะดวกในการใช้งานสำหรับผู้ทั่วไป และประสิทธิภาพในการทำงาน เนื่องจาก เทคโนโลยี บลูทูธ มีราคาถูก ใช้พลังงานน้อย และใช้เทคโนโลยี short – range ซึ่งในอนาคต จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนา

เป็นเทคโนโลยีของอินเทอร์เน็ตเฟซทางคลื่นวิทยุ ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสื่อสารระยะใกล้ที่ปลอดภัยผ่านช่องสัญญาณความถี่ 2.4 GHz โดยที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของการใช้สายเคเบิลในการเชื่อมโยงโดยมีความเร็วในการเชื่อมโยงสูงสุดที่ 1 Mbp ระยะครอบคลุม 10 เมตร เทคโนโลยีการส่งคลื่นวิทยุของบลูทูธจะใช้การกระโดดเปลี่ยนความถี่ (Frequency hop) เพราะว่าเทคโนโลยีนี้เหมาะที่จะใช้กับการส่งคลื่นวิทยุที่มีกำลังส่งต่ำและราคาถูก โดยจะแบ่งออกเป็นหลายช่องความถี่ขนาดเล็ก ในระหว่างที่มีการเปลี่ยนช่องความถี่ที่ไม่แน่นอนทำให้สามารถหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่เข้ามาแทรกแซงได้ อุปกรณ์ที่จะได้รับการยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีบลูทูธ ต้องผ่านการทดสอบจาก Bluetooth SIG

2.11.1 กำเนิด Bluetooth

ปี 1994 บริษัท อีริคสัน โมบาย คอมมูนิเคชั่น เริ่มต้นที่จะค้นคว้าวิจัยความเป็นไปได้ในการนำคลื่นสัญญาณวิทยุ มาใช้ระหว่างโทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์ต่าง ๆ และเป็นผู้นำชื่อ Bluetooth มาใช้ ปี 1998 กลุ่มผู้พัฒนาวิจัยระบบ Bluetooth ได้ถูกก่อตั้งขึ้น โดยเกิดจากการรวมตัวของบริษัทยักษ์ใหญ่อย่าง Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba และ Intel ในกลุ่มที่ใช้ชื่อว่า Special Interest Group (SIG) ซึ่งในกลุ่มจะประกอบด้วย กลุ่มผู้นำทางด้านโทรศัพท์มือถือ, คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ซึ่งกลุ่มเหล่านี้ได้ประเมินว่าภายในปี 2002 ในอุปกรณ์การสื่อสารจะถูกติดตั้ง Bluetooth ที่จะใช้เชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ



รูปที่ 2.62 การเชื่อมต่อของบลูทูธ

ที่มา : <https://cdn.instructables.com/F6V/KV9B/HH2VNS6N/F6VKV9BHH2VNS6N.LARGE.jpg>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในปีเดียวกัน บริษัทเหล่านี้ ได้ประกาศ การรวมตัวกัน และเชิญชวนบริษัทอื่น ๆ ให้เข้าร่วม ในลักษณะของการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ โดยในปี 1999 ได้ทำการเผยแพร่ Bluetooth specification Version 1.0 และได้สมาชิกเพิ่มขึ้น ดังนี้ Microsoft, Lucent, 3Com, Motorola

2.11.2 ระบบการทำงานของ Bluetooth

Bluetooth จะใช้สัญญาณวิทยุความถี่สูง 2.4 GHz. แต่จะแยกย่อยออกไป ตามแต่ละประเทศ อย่างในแถบยุโรปและอเมริกา จะใช้ช่วง 2.400 ถึง 2.4835 GHz. แบ่งออกเป็น 79 ช่องสัญญาณ และจะใช้ช่องสัญญาณที่แบ่งนี้ เพื่อส่งข้อมูลสลับช่องไปมา 1,600 ครั้งต่อ 1 วินาที ส่วนที่ญี่ปุ่นจะใช้ความถี่ 2.402 ถึง 2.480 GHz. แบ่งออกเป็น 23 ช่อง ระยะทำการของ Bluetooth จะอยู่ที่ 5-10 เมตร โดยมีระบบป้องกันโดยใช้การป้อนรหัสก่อนการเชื่อมต่อ และ ป้องกันการดักสัญญาณระหว่างสื่อสาร โดยระบบ จะสลับช่องสัญญาณไปมา จะมีความสามารถในการเลือกเปลี่ยนความถี่ที่ใช้ในการติดต่อเองอัตโนมัติ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเรียงตามหมายเลขช่อง ทำให้การดักฟังหรือลักลอบขโมยข้อมูลทำได้ยากขึ้น

โดยหลักของบลูทูธ จะถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากใช้การขนส่งข้อมูล ในจำนวนที่ไม่มาก อย่างเช่น ไฟล์ภาพ, เสียง, แอปพลิเคชันต่าง ๆ และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย ขอให้ อยู่ในระยะที่กำหนดไว้เท่านั้น (ประมาณ 5-10 เมตร) นอกจากนี้ยังใช้พลังงานต่ำ กินไฟน้อย และสามารถใช้งานได้นาน โดยไม่ต้องนำไปชาร์จไฟบ่อย ๆ ด้วย



รูปที่ 2.63 ตัวรับ Bluetooth แบบ USB

ที่มา : https://cdn3.bigcommerce.com/s-384f9gv/product_images/uploaded_images/connecthub-6.jpg

ส่วนความสามารถการส่งถ่ายข้อมูลของ Bluetooth จะอยู่ที่ 1 Mbps (1 เมกกะบิตต่อวินาที) และคงจะไม่มีปัญหาอะไรมากกับขนาดของไฟล์ที่ใช้กันบนโทรศัพท์มือถือ หรือ การใช้งานแบบทั่วไป ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถือว่าเหลือเฟือมาก แต่ถ้าเป็นข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ล่ะก็ คงจะช้าเกินไป และถ้าถูกนำไปเปรียบกับ Wireless LAN (WLAN) แล้ว ความสามารถของ Bluetooth คงจะห่างชั้นกันเยอะ ซึ่งในส่วนของ WLAN ก็ยังมีระยะการรับ-ส่งที่ไกลกว่า แต่ขอได้เปรียบของ Bluetooth จะอยู่ที่ขนาดที่เล็กกว่า การติดตั้งทำได้ง่ายกว่า และที่สำคัญ การใช้พลังงานก็น้อยกว่ามาก อยู่ที่ 0.1 วัตต์

2.11.3 ประโยชน์ของ Bluetooth

- คอมพิวเตอร์ กับ โทรศัพท์มือถือหากเราต้องเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น ปริ้นเตอร์ คีย์บอร์ด เมาส์ หรือลำโพง การเชื่อมต่อในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะใช้สายเคเบิลเป็นตัวเชื่อมต่อทั้งหมด (Serial และ USB) ซึ่งอาจจะไม่สะดวกทั้งในด้านการใช้สอย เคลื่อนย้าย และความเรียบร้อยต่าง ๆ แต่หากเครื่อง PC มีอุปกรณ์ Bluetooth ก็สามารถติดต่อเข้าหากันได้โดยใช้คลื่นแทนการใช้สายไฟเชื่อมต่อ อุปกรณ์ต่างๆ ทั้งหมด ทั้งการส่งไฟล์ภาพ, เสียง, ข้อมูล อีกทั้งระบบเชื่อมต่อผ่าน CSD และ GPRS บนโทรศัพท์มือถือ ก็สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้สาย ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยาก อีกทั้งยังเพิ่มความสะดวกสบายในการทำงานมากขึ้นด้วย



รูปที่ 2.64 การเชื่อมต่อ Bluetooth ระหว่างคอมพิวเตอร์กับโทรศัพท์มือถือ

ที่มา : [https://cdn3.bigcommerce.com/s-](https://cdn3.bigcommerce.com/s-384f9gv/product_images/uploaded_images/connecthub-6.jpg)

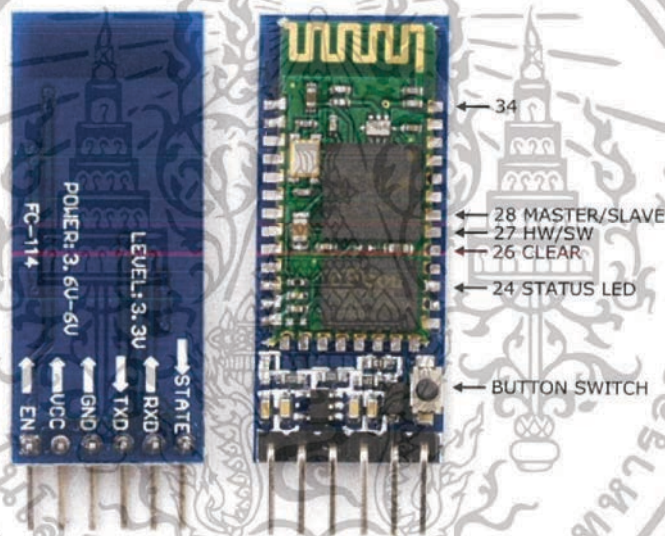
[384f9gv/product_images/uploaded_images/connecthub-6.jpg](https://cdn3.bigcommerce.com/s-384f9gv/product_images/uploaded_images/connecthub-6.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ข้อจำกัดการใช้งานก็มีเช่นกัน การเชื่อมต่ออุปกรณ์พกพาต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นคอมพิวเตอร์ โน้ตบุ๊ก หรือ พ็อกเก็ต พีซี เข้ากับอินเทอร์เน็ต จะสามารถใช้งานได้เพียง 1 อุปกรณ์ ต่อ 1 ชั้นเท่านั้น ซึ่งบางทีอาจจะต้องสลับการใช้งานกันบ่อย ๆ (สำหรับผู้ที่ใช้อุปกรณ์ไร้สายเยอะส่วนใหญ่) แต่ก็ถือว่าให้ความสะดวกมากกว่าการใช้สายเคเบิล

2.12 HC-05 Bluetooth Module

HC-05 เป็นโมดูล Bluetooth ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับสมาร์ตทีวีต่าง ๆ ให้สมาร์ตทีวีสามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino AVR PIC etc.) ได้ ผ่าน Serial port โมดูลรุ่น HC-05 สามารถตั้งให้ใช้งานเป็นได้ทั้งโหมด Master (ให้อุปกรณ์อื่นมาเชื่อมต่อ) และโหมด Slave (เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น) การตั้งค่าต่าง ๆ เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสผ่าน ทำได้ผ่าน AT Command ซึ่งจะต้องมีการต่อขาพิเศษเพื่อให้โมดูลเข้าโหมดการตั้งค่า หรือกดปุ่มบนโมดูลค้างไว้



รูปที่ 2.65 โมดูล Bluetooth HC-05

ที่มา : http://www.martyncurrey.com/wp-content/uploads/2015/08/HC-05_FC-114_HC-06_FC-114_001_1600.jpg

2.13 การติดต่อสื่อสารแบบ I2C หรือ Inter-Integrated Circuit

คือ เป็นการสื่อสารแบบอนุกรมแบบ Synchronous ด้วยสายสัญญาณเพียง 2 เส้น คือ สายสัญญาณข้อมูล SDA (Serial Data Line) และสายสัญญาณนาฬิกา SCL (Serial Clock Line)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.66 สถานะในการรับ-ส่งข้อมูล แบบ I2C

ที่มา : https://thaieasyelec.com/images/embedded-electronics-application/ตอนท_6_ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมรับ-ส่งขอมลผาน_ทาง_UART_ด้วย_QtserialPort/095.jpg

Start เป็นสถานะที่บอกเริ่มต้นการรับ-ส่งข้อมูล โดยการเปลี่ยนสัญญาณของ SDA จาก High ไปเป็น Low โดยที่ SCL ยังคงเป็น High อยู่

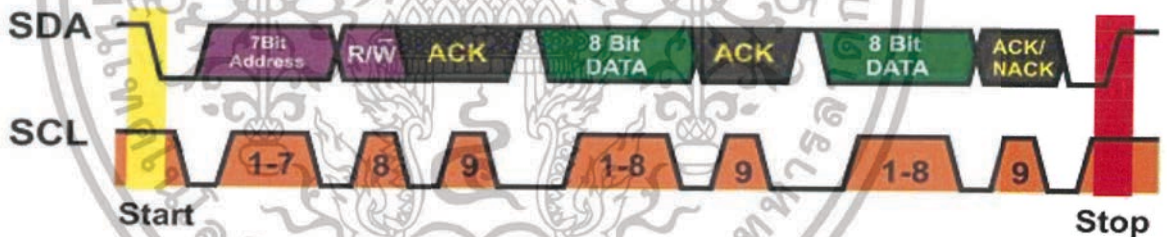
Control Byte ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

- ID ของอุปกรณ์จำนวน 4 บิต ซึ่งถูกกำหนดมาโดยผู้ผลิต IC หรืออุปกรณ์ I2C
- Device Address ขนาด 3 บิต สามารถกำหนดได้เองจากการจ่าย Logic หรือต่อขาให้กับ IC
- Mode ขนาด 1 บิต ใช้กำหนดว่าเป็นการ Read หรือ Write Data กับอุปกรณ์ IC

ACK หรือ Acknowledge เป็นบิตที่ใช้บอกว่า IC มีการตอบสนองต่อคำสั่งที่ได้รับมาแล้ว

DATA คือ ข้อมูลที่ต้องการเขียนหรืออ่านออกมาจาก IC ขึ้นกับ Mode ที่เราได้ตั้งค่าเอาไว้

STOP เป็นสถานะที่บอกให้อุปกรณ์รู้ว่าสิ้นสุดการรับส่งข้อมูลแล้ว โดย SDA จะเปลี่ยนจาก Low เป็น High ในขณะที่ SCL ยังเป็น High อยู่



รูปที่ 2.67 รูปแบบสถานะในการรับ-ส่งข้อมูล แบบ I2C

ที่มา : https://thaieasyelec.com/images/embedded-electronics-application/ตอนท_6_ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมรับ-ส่งขอมลผาน_ทาง_UART_ด้วย_QtserialPort/096.jpg

2.14 การติดต่อสื่อสารแบบ SPI (Serial Peripheral Interface)

SPI หรือ Serial Peripheral Interface เป็นวิธีการสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous อีกรูปแบบหนึ่ง ซึ่งทำงานในรูปแบบที่ให้อุปกรณ์ตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Master ในขณะที่อีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เป็น Slave และสามารถส่งข้อมูลในโหมด Full-duplex นั้นหมายความว่า สัญญาณสามารถส่งหากันได้ระหว่าง Master และ Slave ได้อย่างต่อเนื่อง รูปแบบข้อมูลการสื่อสารหรือ Protocol ของแบบ SPI นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้มาตรฐานกำหนดตายตัว ว่าข้อมูลที่ส่งหากันต้องอยู่ในรูปแบบหรือ Format แบบไหน เป็นการคิด Protocol การสื่อสารกันเอาเอง หรือดูจาก Datasheet ของอุปกรณ์

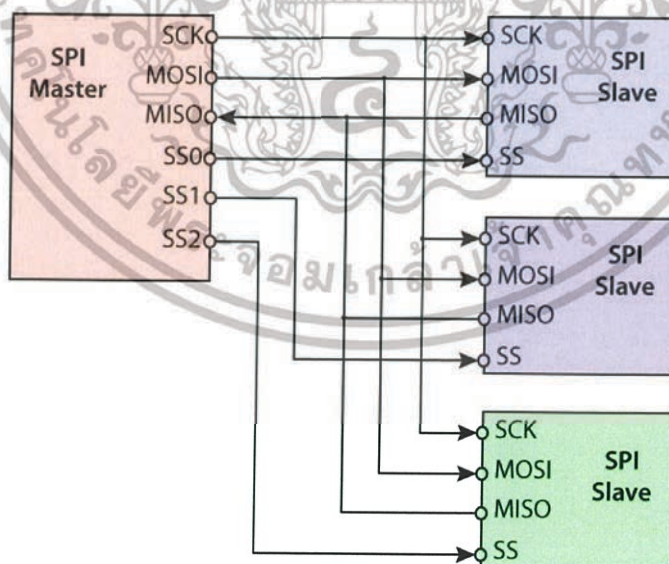
ยกตัวอย่างอุปกรณ์ที่ใช้การสื่อสารแบบ SPI ได้แก่

- โมดูลแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล และโมดูลแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก
- การติดต่อกับหน่วยความจำ EEPROM และ FLASH
- โมดูลนาฬิกาดิจิทัล หรือ Real Time Clock : RTC
- เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ และความดัน

อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น Signal Mixer , Potentiometer , LCD controller , USART , CAN Controller , USB Controller , Amplifier

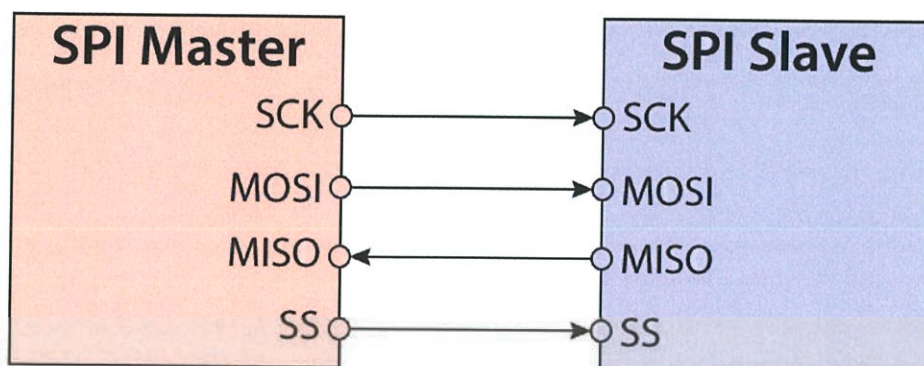
2.14.1 SPI ใช้สายสัญญาณทั้งหมด 4 เส้นดังนี้

1. SCLK (Serial Clock) ใช้ส่งสัญญาณนาฬิกาจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave เพื่อกำหนดจังหวะการรับส่งข้อมูล
2. MOSI (Master Out Slave In) ใช้ส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ Master ไปยังอุปกรณ์ Slave
3. MISO (Master In Slave Out) ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ Slave
4. SS (Slave Select) หรือ CS (Chip Select) ใช้ส่งสัญญาณ Low ไปยังอุปกรณ์ Slave ที่ต้องการรับส่งข้อมูล



รูปที่ 2.68 การเชื่อมต่อการสื่อสารแบบ SPI ระหว่างอุปกรณ์ Master – Slave หลายตัว
ที่มา : http://dlaware.com/sites/dlaware.com/files/images/spi_multi_slaves.png

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.69 การเชื่อมต่อการสื่อสารแบบ SPI ระหว่างอุปกรณ์ Master – Slave
ที่มา : https://205324-619698-raikfcquaxqncofqfm.stackpathdns.com/wp-content/uploads/2017/03/spi_single_slave.png

2.14.2 รูปแบบสัญญาณใน SPI BUS

รูปแบบสัญญาณ SPI มี 4 รูปแบบ แตกต่างกันที่ขอบสัญญาณนาฬิกา (Clock Polarity) และ เฟส (Phase)

เมื่อ $CPHA=0$ และ $CPOL=0$ สัญญาณนาฬิกา (Clock) ในสถานะปกติจะเป็น Low และจะรับส่งข้อมูลที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา (Rising Edge Clock)

เมื่อ $CPHA=0$ และ $CPOL=1$ สัญญาณนาฬิกา (Clock) ในสถานะปกติจะเป็น High และจะรับส่งข้อมูลที่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา (Falling Edge Clock)

เมื่อ $CPHA=1$ และ $CPOL=0$ สัญญาณนาฬิกา (Clock) ในสถานะปกติจะเป็น Low และจะรับส่งข้อมูลที่ขอบขาลงของสัญญาณนาฬิกา (Falling Edge Clock)

เมื่อ $CPHA=1$ และ $CPOL=1$ สัญญาณนาฬิกา (Clock) ในสถานะปกติจะเป็น High และจะรับส่งข้อมูลขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา (Rising Edge Clock)

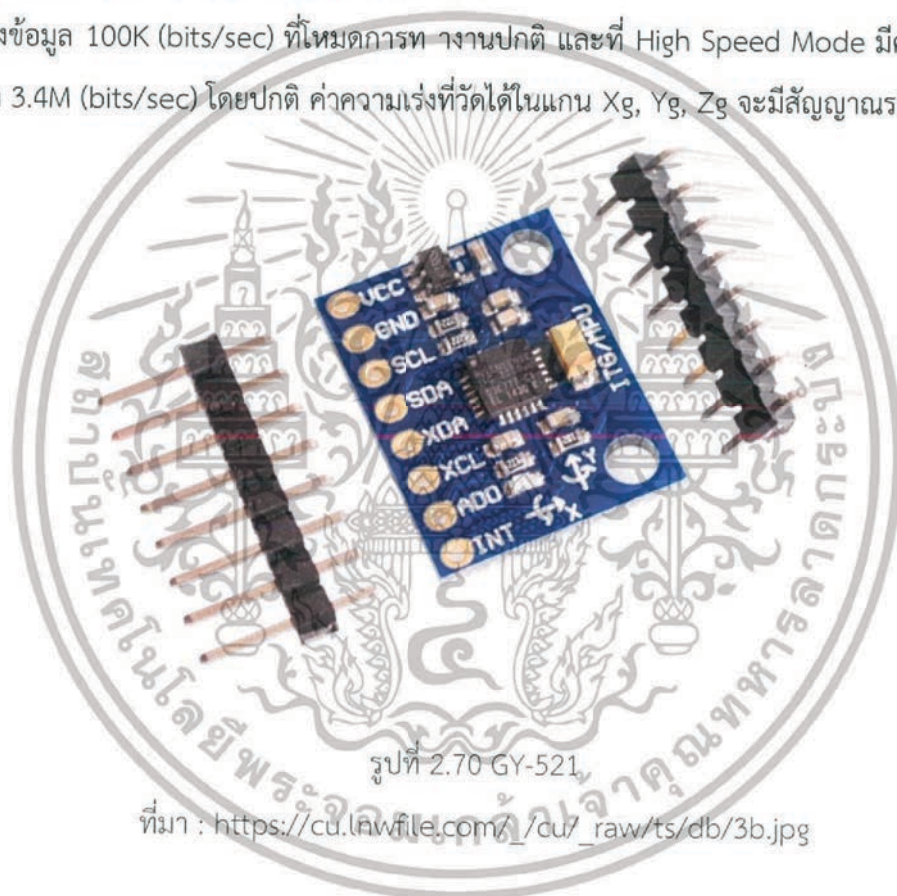
ดังนั้น จึงกำหนดเป็น Mode ดำรงทำงานได้ 4 โหมด คือ

- o Mode 0 = $CPOL=0$ และ $CPHA=0$
- o Mode 1 = $CPOL=0$ และ $CPHA=1$
- o Mode 2 = $CPOL=1$ และ $CPHA=0$
- o Mode 3 = $CPOL=1$ และ $CPHA=1$

2.15 GY-521 MPU6050

โมดูลตรวจจับความเอียงที่นำมาใช้ในการออกแบบเป็นรุ่น GY-521 เป็นโมดูลที่มีทั้งการวัดความเร่งเชิงเส้น (Accelerometers) และ วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้ง 2 แบบในเวลาเดียวกัน โดยสามารถใช้ในการตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่และการตรวจสอบความเร็วในการเปลี่ยนแปลงทิศทางของ การเคลื่อนที่ได้

คุณสมบัติของ GY-521 จะใช้ชิพเบอร์ MPU6050 และเชื่อมต่อด้วยระบบบัส I 2 R โดยสามารถควบคุมการติดต่อ สัญญาณระหว่างไอซี เพียงสายสัญญาณ 2 เส้นเท่านั้น คือ SDA และ SCL และมีความเร็วในการส่งข้อมูล 100K (bits/sec) ที่โหมดการท างานปกติ และที่ High Speed Mode มีความเร็วในการส่งข้อมูล 3.4M (bits/sec) โดยปกติ ค่าความเร่งที่วัดได้ในแกน Xg, Yg, Zg จะมีสัญญาณรบกวนผสมอยู่

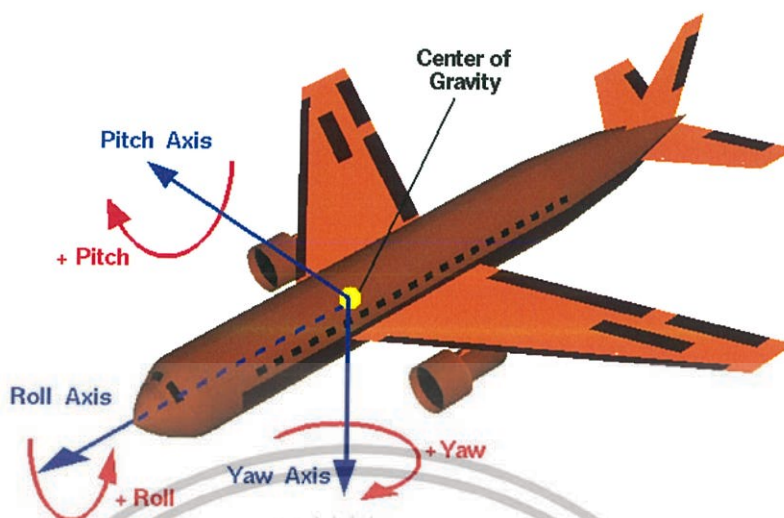


รูปที่ 2.70 GY-521

ที่มา : https://cu.lnwfile.com/_cu/_raw/ts/db/3b.jpg

DMP หรือ Digital Motion Processor คือการประมวลผลการเคลื่อนไหวแบบดิจิทัล ซึ่งค่า DMP สามารถนำมาใช้คำนวณให้ซับซ้อนยิ่งขึ้นไปอีก ทำให้เราได้ค่าที่แม่นยำและเสถียรขึ้นมากขึ้น ผู้คนส่วนใหญ่ที่ใช้เซนเซอร์ไจโรและความเร่ง มักมีจุดประสงค์คือการนำไปตรวจจับแกนการหมุนเป็นองศาของวัตถุ หรือแกน Yaw Pitch Roll โดยการนำค่า DMP ที่ได้ มาผ่านกระบวนการคำนวณ ซึ่งใน Library ได้มีการคำนวณไว้ให้อยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.71 ภาพแสดงแกนหมุนต่าง ๆ ของวัตถุ Yaw Pitch Row

ที่มา : <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7e/Rollpitchyawplain.png>

Yaw Pitch Row คือการหมุนรอบแกนต่าง ๆ ของวัตถุ ซึ่งแต่เดิมใช้เรียกในระบบอากาศยาน แต่ก็สามารถนำมาประยุกต์กับอุปกรณ์อื่น ๆ ได้

- Yaw หมุนรอบแกนแนวตั้ง (Vertical) ทิศตามเข็มนาฬิกาจะเป็น +
- Pitch หมุนรอบแกนข้าง (Lateral) ทิศตามเข็มนาฬิกาจะเป็น +
- Row หมุนรอบแกนยาว (Longitudinal) ทิศทวนเข็มนาฬิกาจะเป็น +

2.16 Real Time Clock (RTC)

DS3231 เป็นโมดูลนาฬิกาจับเวลาจริง RTC Real Time Clock ทำให้เราสามารถเพิ่มวงจรนาฬิกาให้กับ Arduino ของเราได้ โมดูล DS3231 นี้มาพร้อมกับ IC EEPROM AT24C32 ทำให้มีพื้นที่ในการเก็บข้อมูลที่เรากำลังต้องการ เช่น การตั้งค่าต่าง ๆ ได้ โมดูล DS3231 มีความถูกต้องแม่นยำสูง เพราะข้างในยังมี วงจรวัดอุณหภูมิ เพื่อนำไปคำนวณปรับค่าเวลาให้ถูกต้องในวงจร ทำให้โมดูลนี้ มีความสามารถเป็น นาฬิกา RTC , หน่วยความจำ EEPROM สำหรับเก็บข้อมูล และ มีเซนเซอร์อุณหภูมิมาให้ด้วย มาพร้อมแบตเตอรี่สำรอง ทำให้ทำงานได้แม้บอร์ด Arduino จะถูกปิดไปแล้ว

ดังนั้น ในการประยุกต์ใช้กับงานที่ต้องการเวลาที่แม่นยำ และเป็นเวลาตามนาฬิกา ที่บอก วัน ที่ เดือน ปี ชั่วโมง นาที วินาที ก็เลยจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จับเวลาแยก ซึ่งก็ทำให้ต้องมีสัญญาณนาฬิกาจาก Crystal แยกต่างหากด้วยเช่นกัน ฟังดูแล้วอาจจะคิดว่ามันช่างยุ่งยากเหลือเกิน แต่ไม่เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครับ มีคนที่ออกแบบ Chip หลายแบบ ที่ทำหน้าที่นี้มาให้เราเรียบร้อยแล้ว วิธีใช้งานก็ง่ายๆ ติดต่อผ่านไปที่บอร์ดโดยใช้การสื่อสารแบบ I2C หรือ Inter - Integrated Circuit ที่ใช้ SDA SCL VCC และ GND เท่านั้น

RTC รักษาวันที่ นาฬิกา ชั่วโมง วัน วัน เดือน และปีข้อมูล น้อยกว่า 31 วันของเดือน วันสิ้นสุดจะถูกปรับโดยอัตโนมัติ รวมถึงการแก้ไขสำหรับปีอธิกสุรทิน นาฬิกาที่ทำงานใน 24 ชั่วโมงหรือวง / AM / PM บ่งชี้รูปแบบ 12 ชั่วโมง ให้กำหนดสองนาฬิกาและปฏิทินสามารถตั้งค่าการแสดงผลคลื่นสี่เหลี่ยม มีการโอนย้ายที่อยู่และข้อมูล serially ผ่านเป็น I2C บัสแบบสองทิศทางความแม่นยำขดเซออุณหภูมิต่ำ แรงดันไฟฟ้าอ้างอิงและเปรียบเทียบวงจรตรวจสอบสถานะของ VCC ตรวจสอบไฟฟ้า ให้การแสดงผลใหม่และถ้าจำเป็น โดยอัตโนมัติสลับแหล่งจ่ายไฟสำรอง



ที่มา : <https://potentiallabs.com/cart/image/cache/catalog/New%20Components/ds3231%20rtc%20module-800x800.jpg>

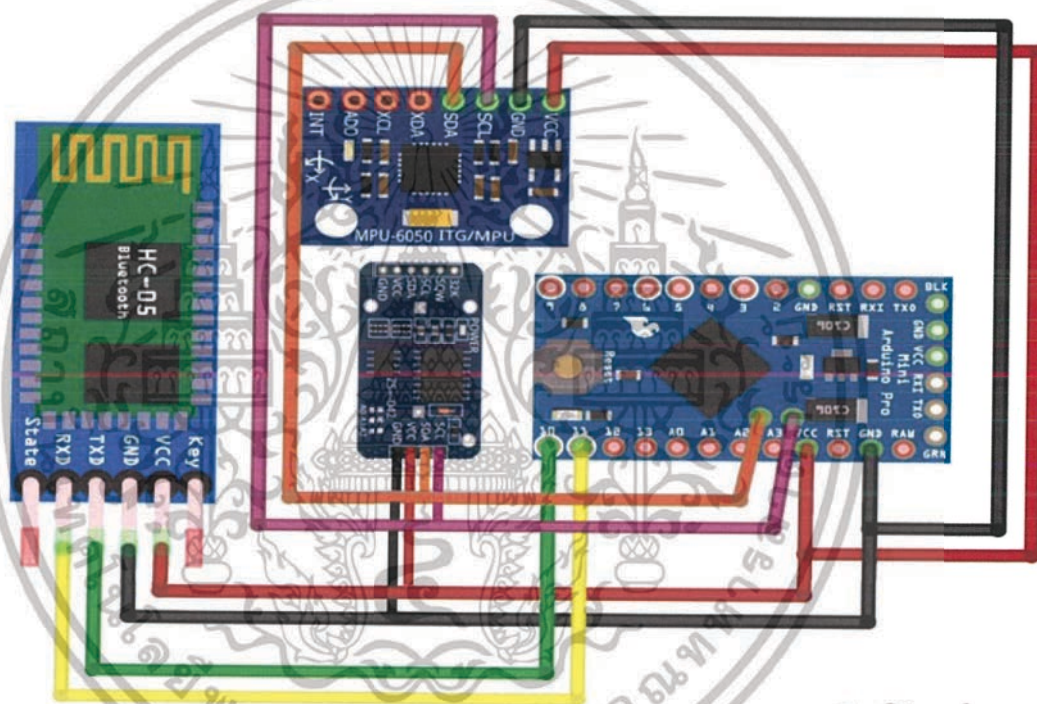
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอมีขั้นตอน 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือระบบตรวจวัดสัญญาณความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุมจากการกระโดด และสามารถส่งข้อมูลการกระโดดได้ ขั้นตอนที่สองคือบันทึกและแสดงผลข้อมูลจากระบบตรวจวัดสัญญาณความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุมจากการกระโดดโดยการเชื่อมต่อแบบไร้สาย

3.1 ระบบวัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุมจากการกระโดดสูง



รูปที่ 3.01 ระบบวัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุมจากการกระโดดสูง

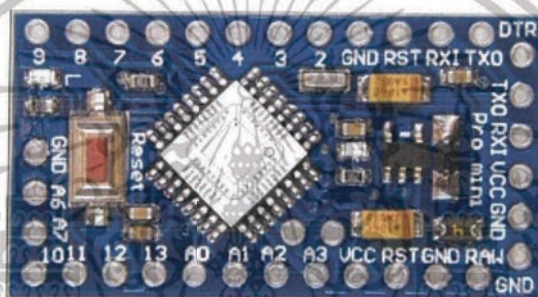
ผู้ทดลองกระโดดสูงในแนวตั้งโดยได้ค่ารับค่าจากเครื่องวัดความเร่งเชิงเส้นและเชิงมุม GY-521 (MPU-6050) ส่งข้อมูลให้ บอร์ด Arduino Pro mini 328 P รับข้อมูลและส่งข้อมูลผ่าน HC-05 Bluetooth เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ บันทึกโดย Serial-Oscilloscope-V1.5 แสดงข้อมูลผ่านโปรแกรม MATLAB เป็นกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 บอร์ด Arduino Pro Mini 328

Arduino Pro Mini เป็นบอร์ดที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็น ATmega328 โดยมีขาดีจิตอล 14 ขาที่ทำหน้าที่ได้ทั้ง อินพุตและเอาต์พุต มี 6 ขาอินพุตแบบ อนาล็อก มีปุ่มรีเซ็ต และมีรูที่ใช้เชื่อมต่อกับ Pin Header (ซึ่งเอาไว้ใช้เชื่อมต่อและสื่อสารกับบอร์ดอื่น ๆ) ซึ่ง Pin Header จะใช้เชื่อมต่อกับ FTDI หรือ breakout board ต่าง ๆ เพื่อให้แรงดัน ผ่านทางบอร์ดที่มี USB และใช้รับค่าจากบอร์ดที่มาเชื่อมกับ Arduino Pro Mini

โดยที่บอร์ดที่เราจะนำมาต่อกับ Arduino Pro mini ที่จะยกตัวอย่างคือ USB-TTL cp2102 แบบ 6 pin เพราะ Arduino Pro mini เป็นแบบ 6 Pin Header

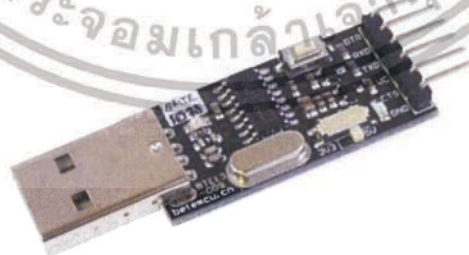


รูปที่ 3.02 บอร์ด Arduino Pro Mini 328

ที่มา : <https://alselectro.files.wordpress.com/2017/05/arduinopromini000b.jpg>

ตัวอย่างการนำไปใช้

โดยที่บอร์ดที่เราจะนำมาต่อกับ Arduino Pro mini ที่จะยกตัวอย่างคือ USB-TTL cp2102 แบบ 6 pin ซึ่งสามารถต่อกับ Arduino Pro mini ได้



รูปที่ 3.03 USB-TTL

ที่มา : https://hobbycomponents.com/1444-thickbox_default/ch340-usb-to-ttl-serial-adaptor.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อขา Arduino Pro mini กับ USB-TTL cp2102 (6 Pin)

ขา DTR ต่อเข้าขา DTR

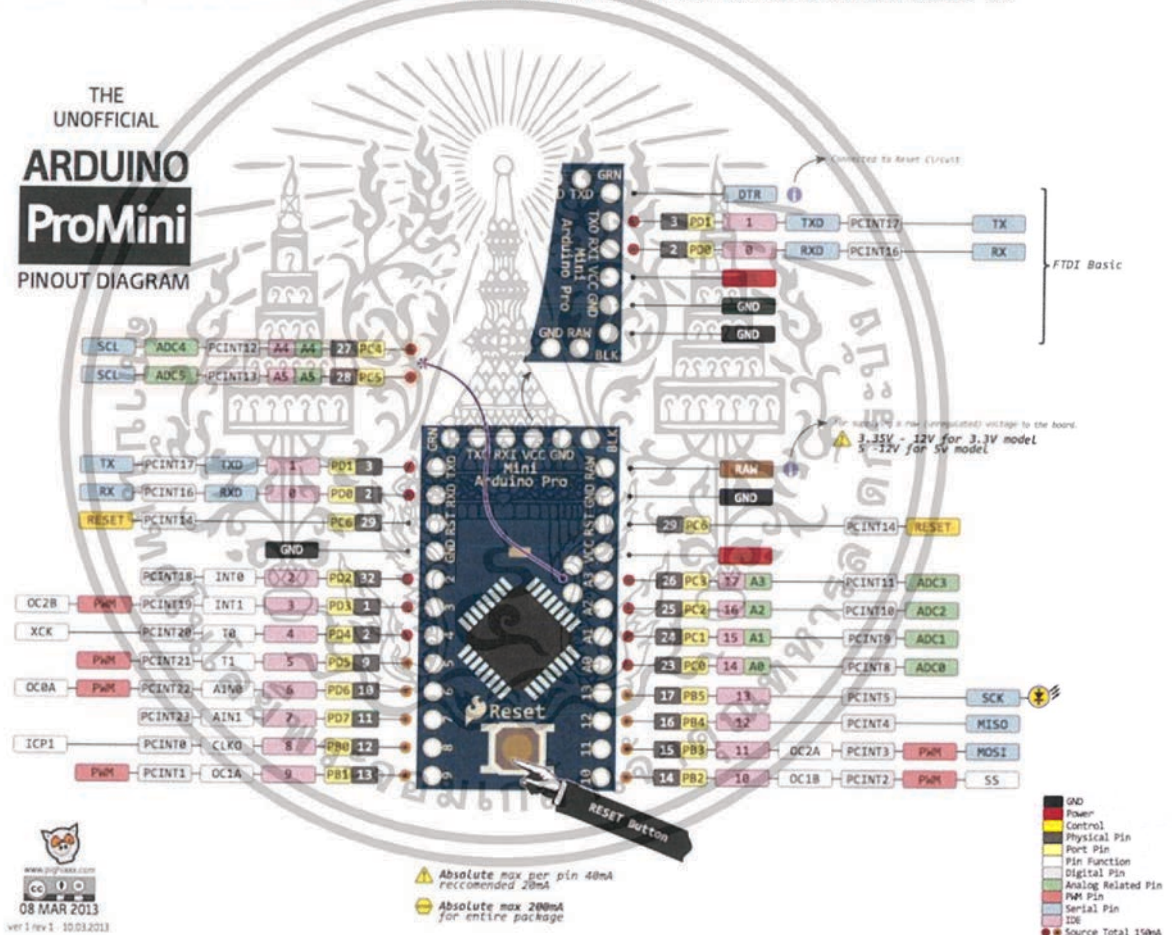
ขา TxO ต่อเข้าขา Rx

ขา RxI ต่อเข้าขา Tx

ขา Vcc ต่อเข้าขา 5V

ขา GND ต่อเข้า GND

เมื่อต่อขาเสร็จแล้ว ก่อนอัปโหลดคำสั่งลง ลงบอร์ด Arduino Pro Mini จะต้องติดตั้ง Driver ของ USB-TTL cp2102 เสียก่อน จากนั้นสามารถใช้โปรแกรม Arduino IDE อัปโหลด code ได้

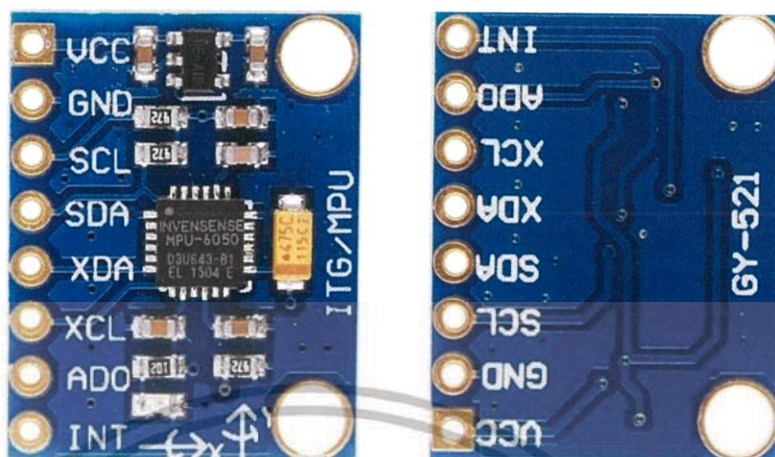


รูปที่ 3.04 Pinout Diagram Arduino Pro Mini

ที่มา : <http://volthauslab.com/datasheets/Arduino/Pro-Mini/oOtkU.png>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 เซ็นเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม (MPU-6050)



รูปที่ 3.05 เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (MPU-6050)

ที่มา : https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61tN3MHdrel_SL1001_jpg

เซ็นเซอร์วัดความเร่ง (MPU-6050) เป็นโมดูล Accelerometer/Gyro Module เชื่อมต่อแบบ I2C ใช้ สายสัญญาณ 2 เส้น ใช้ไฟ 3.3 โวลต์ เป็นโมดูลชื่อ GY-521 ใช้ชิปเซต MPU-6050 ต้องการ ไฟเลี้ยง 3 -5 โวลต์ สามารถกำหนดความไวละเอียดความเร่งได้ 4 ย่าน ± 2 , ± 4 , ± 8 และ ± 16 g และมีโครงสร้างการเชื่อมต่อ ขา VCC , GND , SCL , SDA , XDA , XCL , ADO และ INT

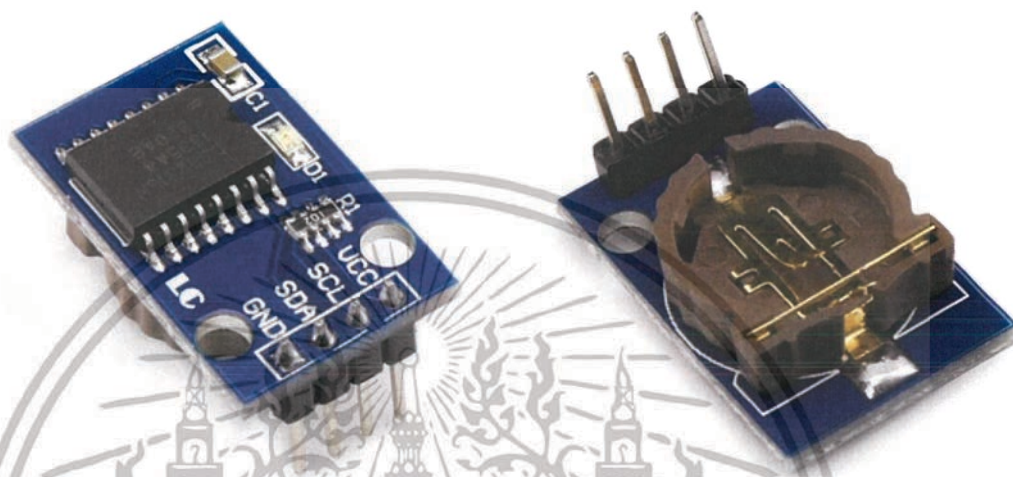
ตารางที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อเซ็นเซอร์วัดความเร่ง กับ บอร์ด Arduino Pro Mini

ชื่อขา	เชื่อมต่อกับ
VCC	ขารายไฟเลี้ยง 5 V
GND	ขาสัญญาณ Ground
SCL	ขาสัญญาณนาฬิกา A5
SDA	ขาสัญญาณข้อมูล A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 Real Time Clock (RTC) DS3231

โมดูล Real Time Clock (RTC) คือ อุปกรณ์ที่ให้ค่าเวลาตามจริงโดยมีแบตเตอรี่ในตัวจึงไม่ต้องตั้งเวลาใหม่ทุกครั้ง และ ใช้การสื่อสารแบบ I2C ที่ใช้ SDA SCL VCC และ GND



รูปที่ 3.06 Real Time Clock (RTC) DS3231 ด้านบน (ซ้าย)

ที่มา : http://www.tinyosshop.com/image/cache/data/board_modules/DS3231-1-800x800.jpg

รูปที่ 3.07 Real Time Clock (RTC) DS3231 ด้านล่าง (ขวา)

ที่มา : http://www.tinyosshop.com/image/cache/data/board_modules/DS3231-2-800x800.jpg

ตารางที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อโมดูล Real Time Clock DS3231 กับ Arduino Pro Mini

ชื่อขา	เชื่อมต่อกับ
VCC	ขาจ่ายไฟเลี้ยง 5 V
GND	ขาสัญญาณ Ground
SCL	ขาสัญญาณนาฬิกา A5
SDA	ขาสัญญาณข้อมูล A4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 HC-05 Bluetooth

HC05 เป็นโมดูล Bluetooth ที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับสมาร์ตทีวีต่าง ๆ ให้สมาร์ตทีวีสามารถสื่อสารกับไมโครคอนโทรเลอร์ (Arduino AVR PIC etc.) ได้ ผ่าน Serial port โมดูลรุ่น HC05 สามารถตั้งให้ใช้งานเป็นได้ทั้งโหมด Master (ให้อุปกรณ์อื่นมาเชื่อมต่อ) และโหมด Slave (เชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น) การตั้งค่าต่าง ๆ เช่น ชื่ออุปกรณ์ รหัสผ่าน ทำได้ผ่าน AT Command ซึ่งจะต้องมีการต่อขาพิเศษเพื่อให้โมดูลเข้าโหมดการตั้งค่า หรือกดปุ่มบนโมดูลค้างไว้



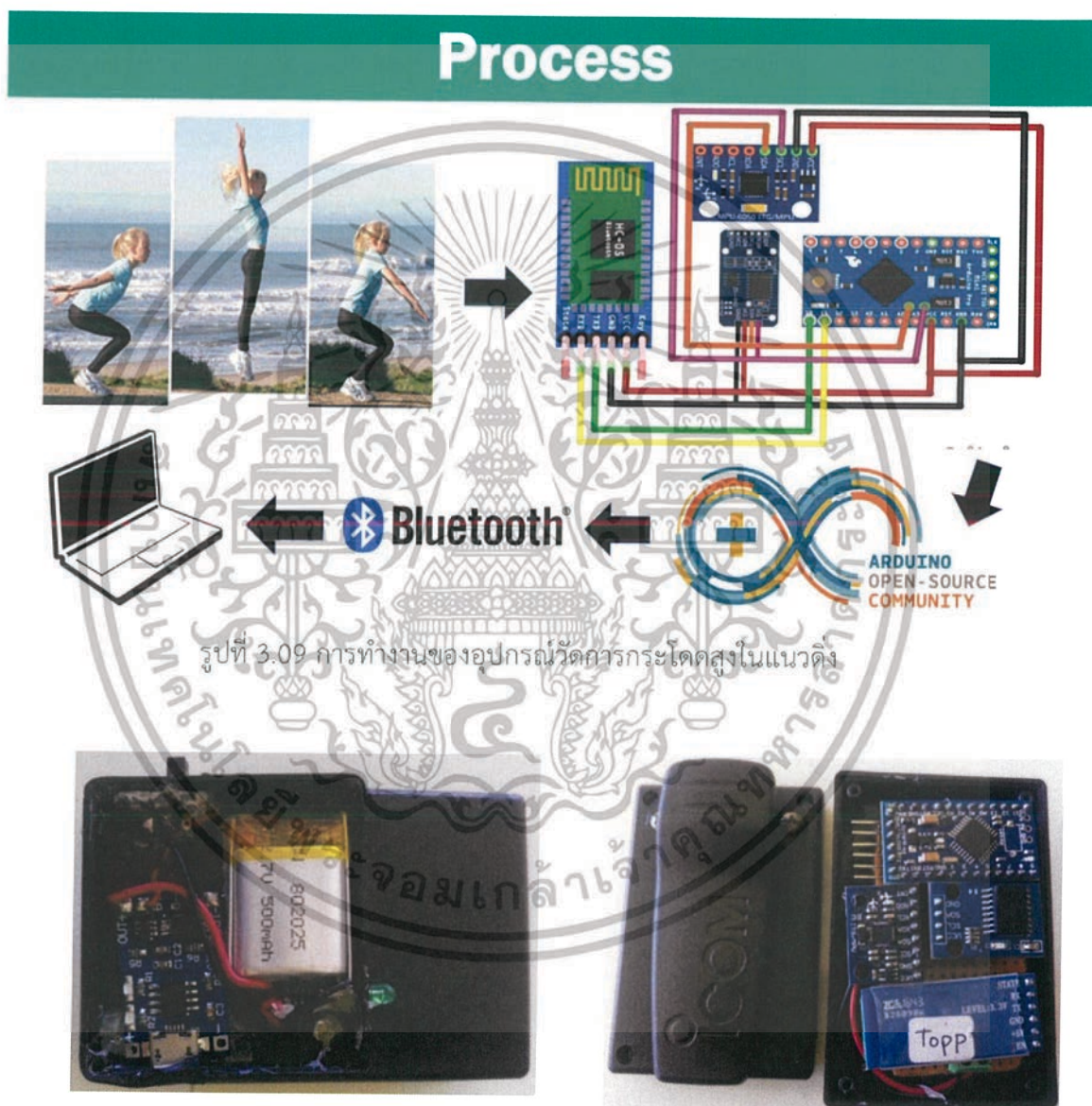
ตารางที่ 3.3 แสดงการเชื่อมต่อโมดูล HC-05 Bluetooth กับ Arduino Pro Mini

ชื่อขา	เชื่อมต่อกับ
VCC	ขาจ่ายไฟเลี้ยง 5 V
GND	ขาสัญญาณ Ground
TX	ขาสัญญาณ RX
RX	ขาสัญญาณ TX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนบันทึกผล

อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง (Vertical Jump Height Measuring Device) ทำงานโดยผ่านการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์จากการวัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม จากผู้ทดสอบส่งข้อมูลผ่าน Bluetooth ไปเก็บไว้ยังคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกวิเคราะห์หาความสูงในโปรแกรม MATLAB

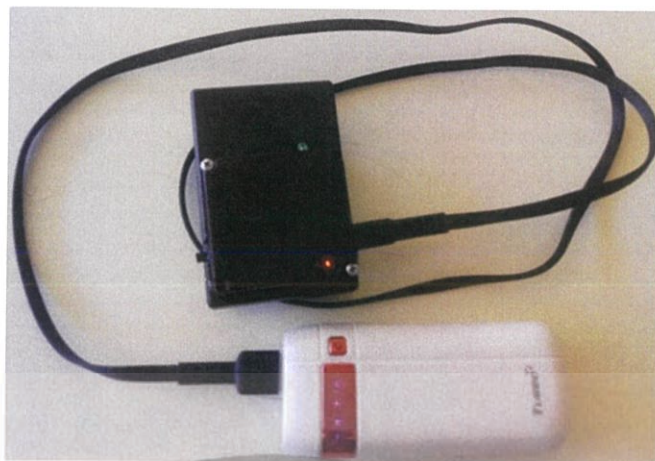


รูปที่ 3.09 การทำงานของอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวดิ่ง

รูปที่ 3.10 แสดงแบตเตอรี่และวงจรชาร์จไฟภายในอุปกรณ์

รูปที่ 3.11 แสดงส่วนประกอบวงจรภายในอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

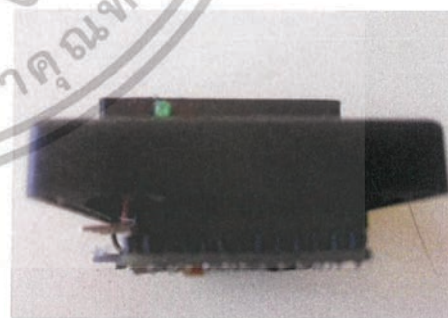


รูปที่ 3.12 แสดงอุปกรณ์ขณะชาร์จแบตเตอรี่



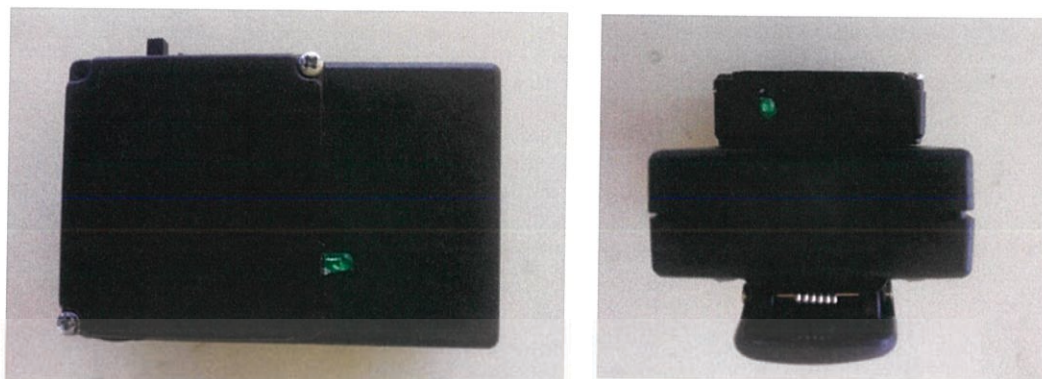
รูปที่ 3.13 แสดงสวิตช์เปิด-ปิด ด้านข้างอุปกรณ์ (ซ้าย)

รูปที่ 3.14 แสดงรูเสียบชาร์จ ด้านข้างอุปกรณ์ (ขวา)



รูปที่ 3.15 แสดงอุปกรณ์แบบสมบูร์น (ซ้าย) และ อุปกรณ์ด้านบน (ขวา)

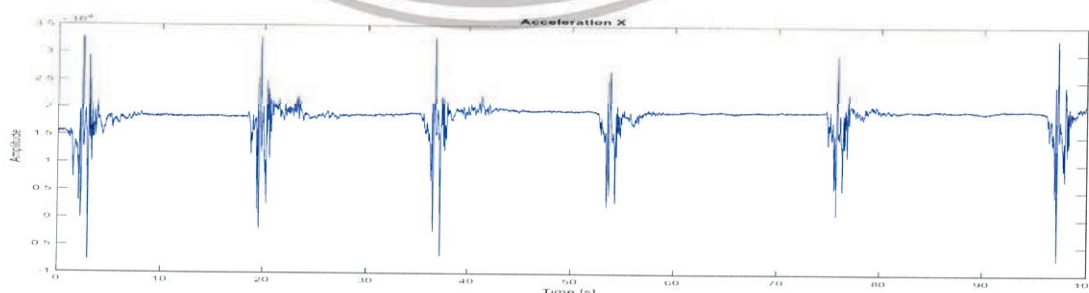
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงอุปกรณ์ด้านหน้า (ซ้าย) / รูปที่ 3.17 แสดงอุปกรณ์ด้านบนฝาปิด (ขวา)

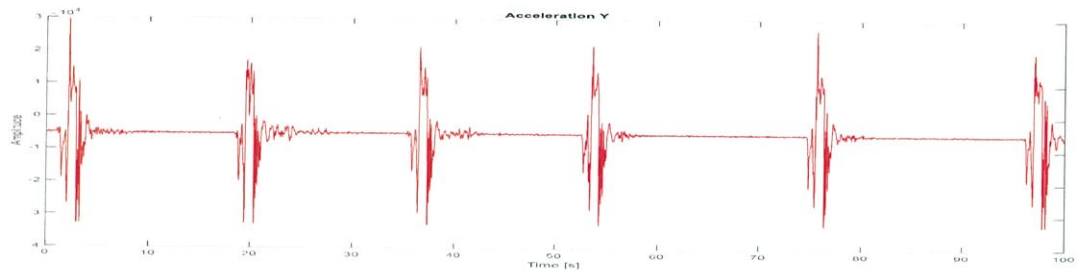
3.3 ส่วนแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้อัปโหลดกราฟและแสดงผลในโปรแกรม MATLAB หลังจากนั้นสร้างหน้าต่าง GUIDE ขึ้นเพื่อสำหรับวิเคราะห์หาความสูงในการกระโดดและแสดงข้อมูล Squat Jump จำนวน 6 ครั้ง ห่างกัน 30 วินาที ดังรูปที่ 3.18, 3.19, 3.20 และ 3.21 เป็นกราฟแสดงความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน X,Y,Z และรวมแกน X,Y,Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี ตามลำดับ รูปที่ 3.22, 3.23, 3.24 และ 3.25 เป็นกราฟแสดง ความเร็วเชิงมุมของแกน X,Y,Z และรวมแกน X,Y,Z จากผู้ทดสอบชายอายุ 22 ปี ตามลำดับ โดยสามารถแสดงค่าสำหรับการกระโดดสูงในแนวตั้งทั้งความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม ทั้งหมด X,Y,Z ดังรูปที่ 3.26 หลังจากนั้นจะนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาการกระโดดสูงในแนวตั้งในหน้าต่าง GUIDE ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.18 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน X จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

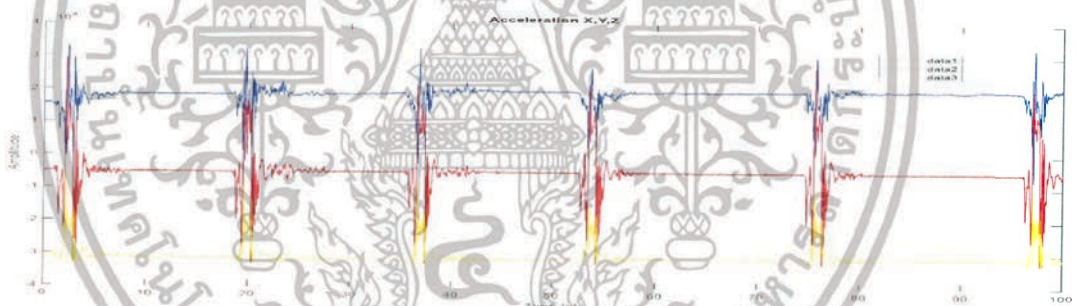
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



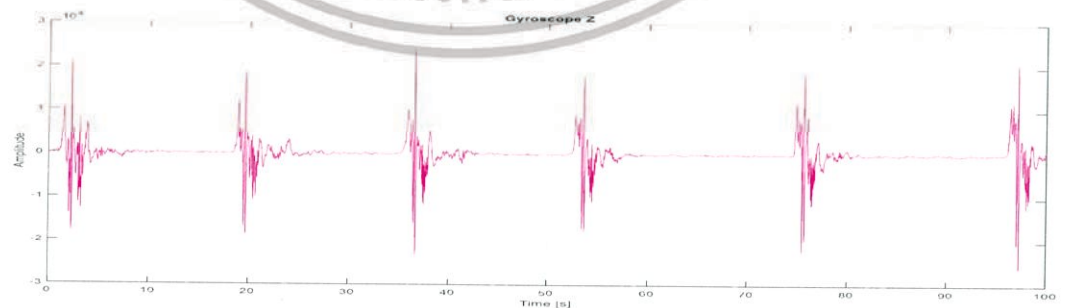
รูปที่ 3.19 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน Y จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี



รูปที่ 3.20 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump ของแกน Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

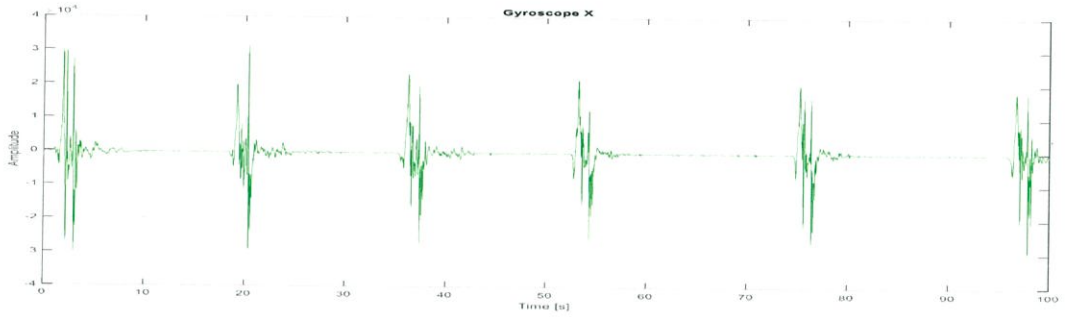


รูปที่ 3.21 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้น Squat Jump รวม X,Y,Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

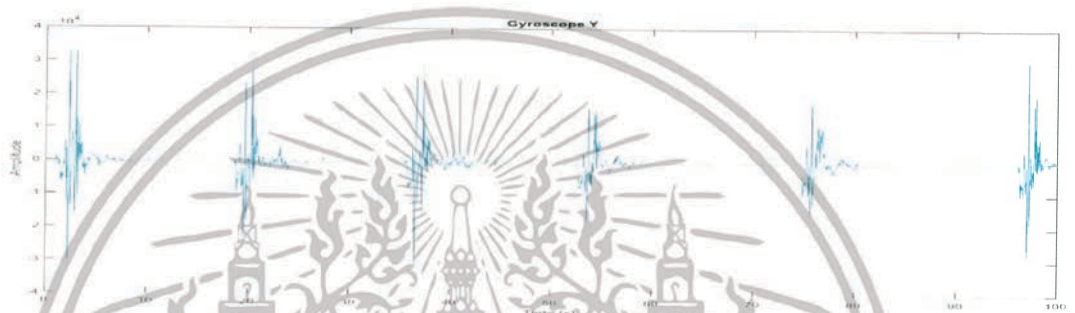


รูปที่ 3.22 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน X จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.23 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน Y จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

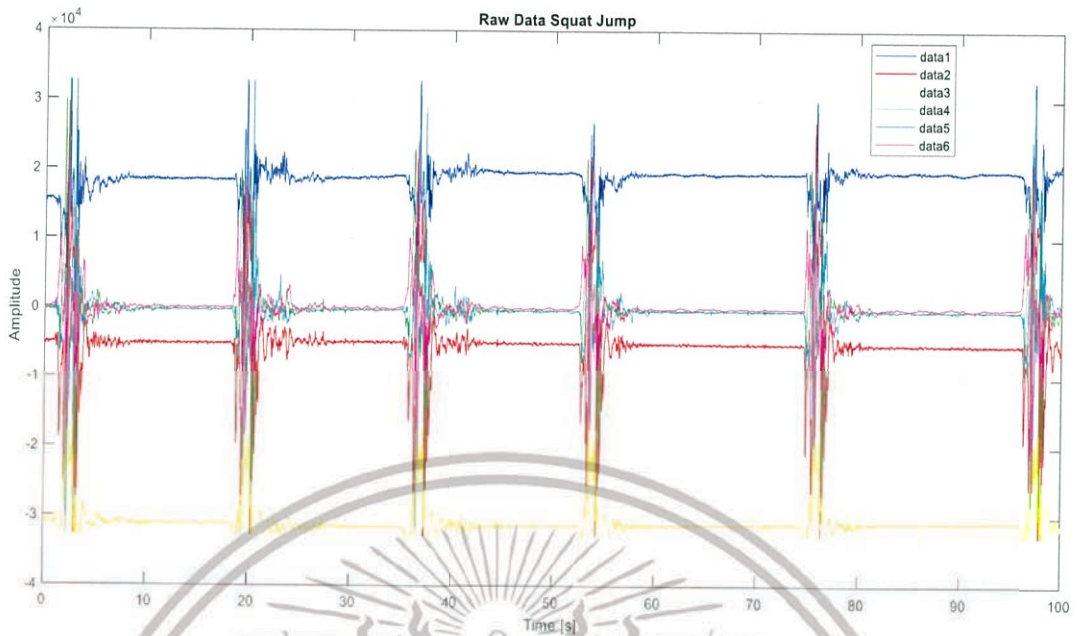


รูปที่ 3.24 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

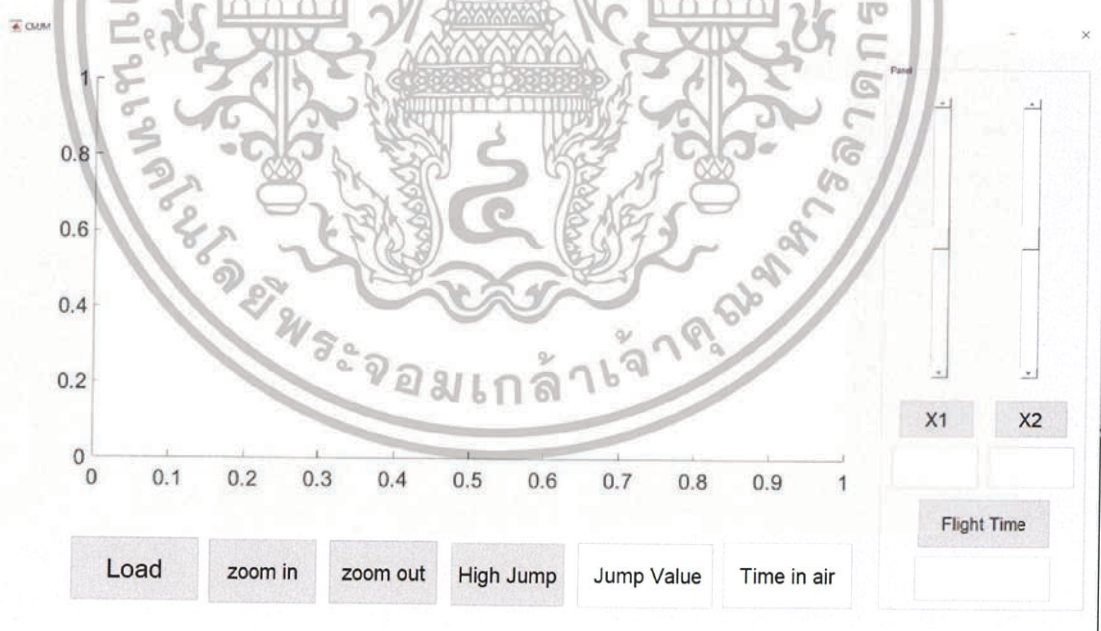


รูปที่ 3.25 แสดงกราฟความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน X,Y,Z จากผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 แสดงกราฟความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม Squat Jump ของแกน X,Y,Z ของผู้ทดสอบชาย อายุ 22 ปี



รูปที่ 3.27 แสดงหน้าต่าง GUIDE สำหรับวิเคราะห์หาความสูงจากการกระโดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ออกแบบการทดลองโดยให้อาสาสมัครกระโดดสูงในแนวตั้งบนแผ่นวัดแรงกระโดดที่ฝ่าเท้า จำนวน 2 ท่า 1.Counter Movement Jump 2.Squat Jump กระโดดทั้งหมด 12 ครั้ง ท่าละ 6 ครั้ง แต่ละครั้งของการกระโดดห่างกันเป็นเวลา 30 วินาที ทุกครั้งที่ทำการกระโดดจะต้องกลับมาอยู่ในท่าเซตอัพเดิมทุกครั้ง แสดงดังรูปที่ 4.01 การกระโดดสูงแบบ Counter Movement Jump และรูปที่ 4.02 การกระโดดสูงแบบ Squat Jump โดยจะมีอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งติดไว้ที่เอว และมีอุปกรณ์ Marker วัดความสูงเทียบติดอยู่ด้านหลัง แสดงดังรูปที่ 4.03

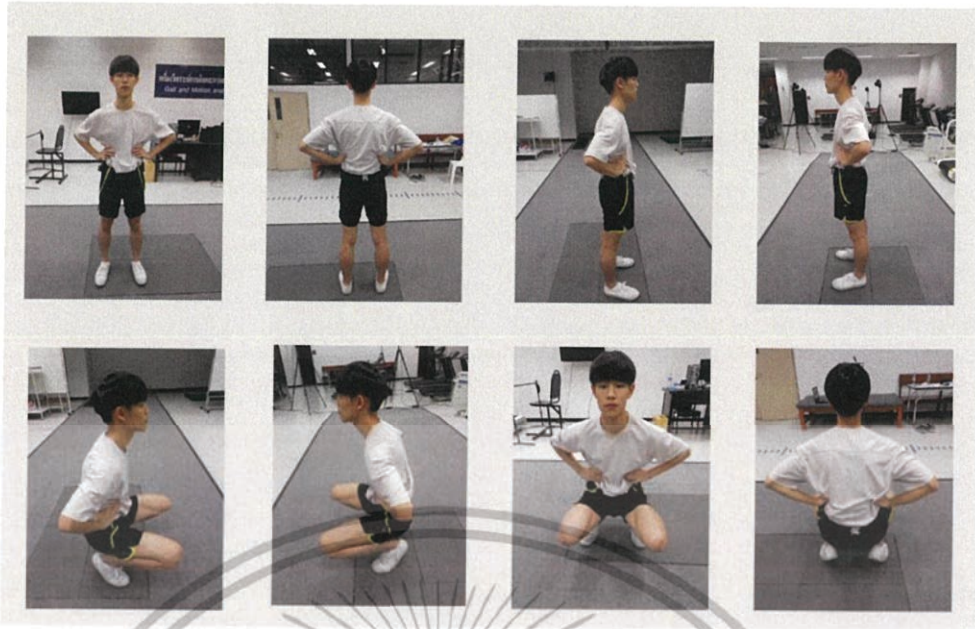


รูปที่ 4.01 แสดงการกระโดดสูงท่า Counter Movement Jump



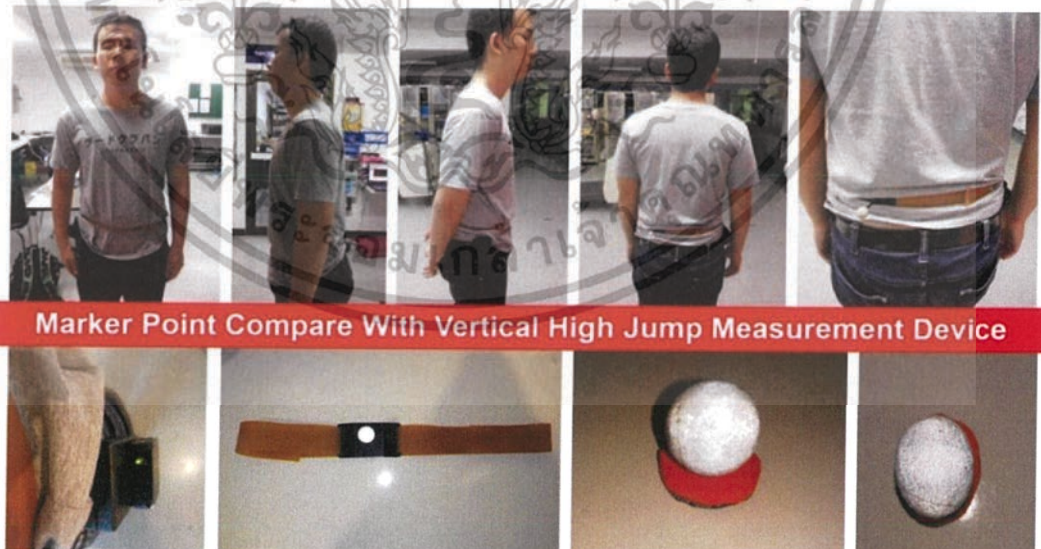
รูปที่ 4.02 แสดงการกระโดดสูงท่า Squat Jump

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



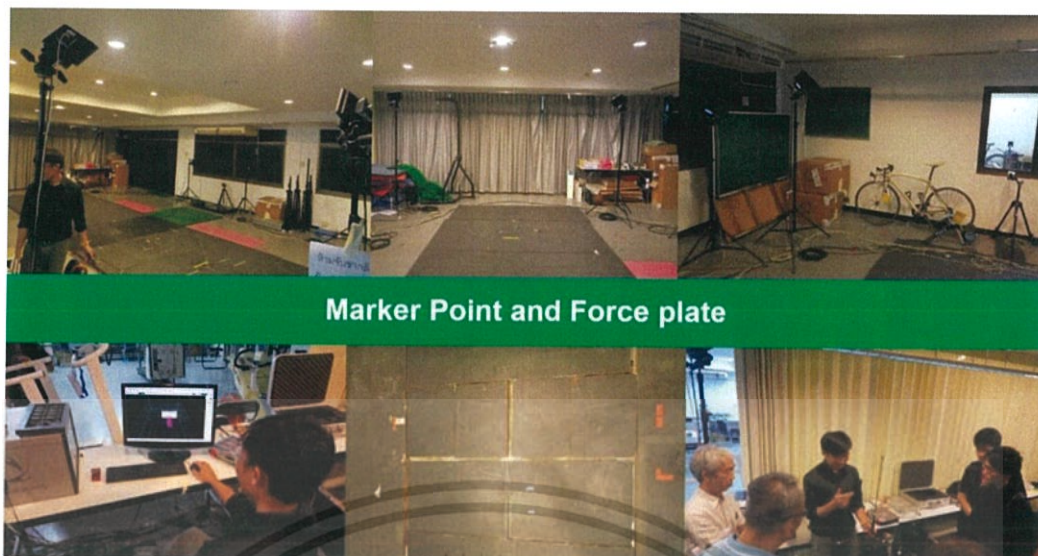
รูปที่ 4.03 แสดงท่า Set up และการติดตำแหน่งของอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง
 4.1 การทดสอบอุปกรณ์ที่วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา
 มหาวิทยาลัยมหิดล

แสดงการติดอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งเทียบกับ Marker สะท้อนแสง ดังรูปที่ 4.04
 เครื่องวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะและกล้องอินฟราเรดความเร็วสูงที่วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการ
 กีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ดังรูปที่ 4.05



รูปที่ 4.04 แสดงการติดเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งเพื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ Marker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

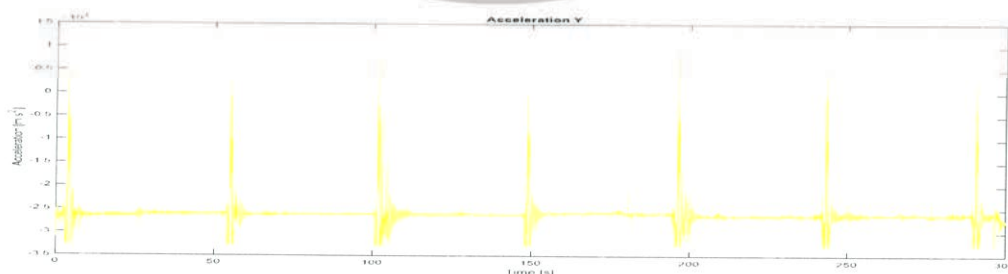


รูปที่ 4.05 เครื่องวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดและกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง

ตัวอย่างข้อมูล Squat Jump จากผู้ทดสอบ เพศชาย อายุ 22 ปี ส่วนสูง 175 เซนติเมตร และน้ำหนัก 80 กิโลกรัม โดยแสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน X,Y จากเครื่องที่ทำขึ้น ดังรูปที่ 4.06 และ 4.07 ตามลำดับ



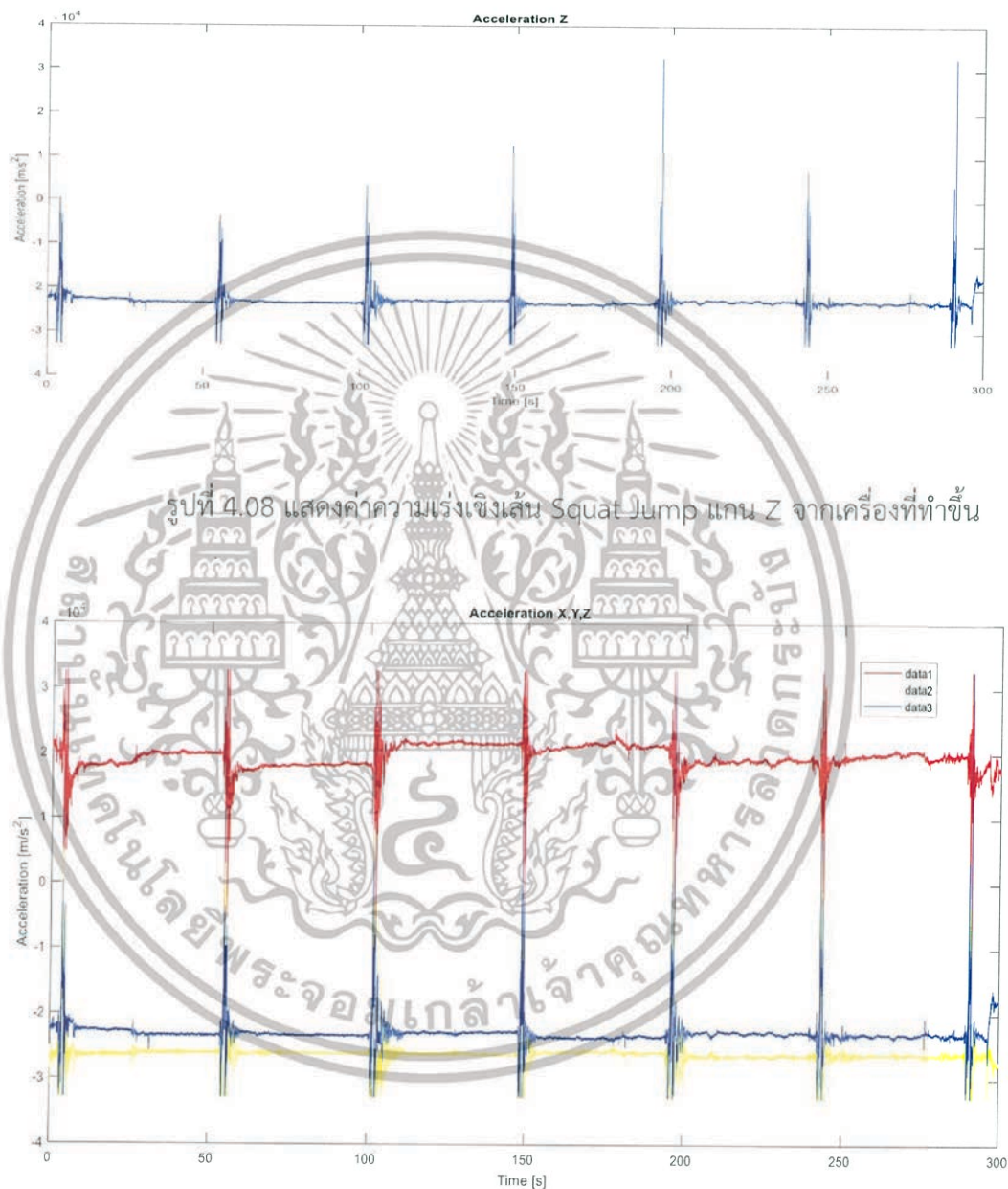
รูปที่ 4.06 แสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน X จากเครื่องที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.07 แสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน Y จากเครื่องที่ทำขึ้น

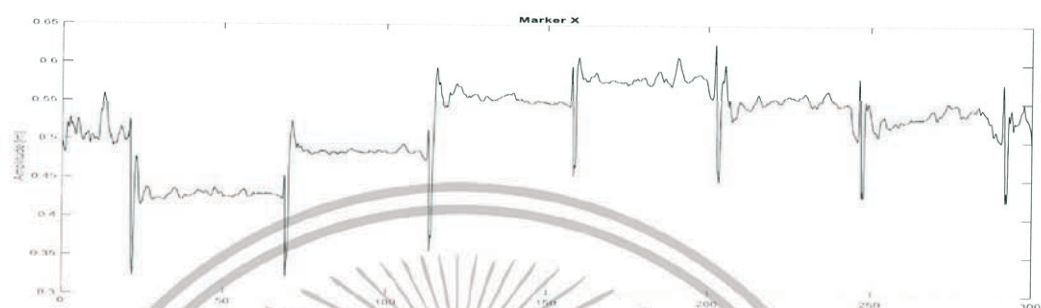
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้อมูล Squat Jump จากผู้ทดสอบ เพศชาย อายุ 22 ปี ส่วนสูง 175 เซนติเมตร และ น้ำหนัก 80 กิโลกรัม โดยแสดงค่าความเร่งเชิงเส้น Squat Jump แกน Z และรวมแกน X,Y,Z จาก เครื่องที่ทำขึ้น ดังรูปที่ 4.08 และ 4.09 ตามลำดับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

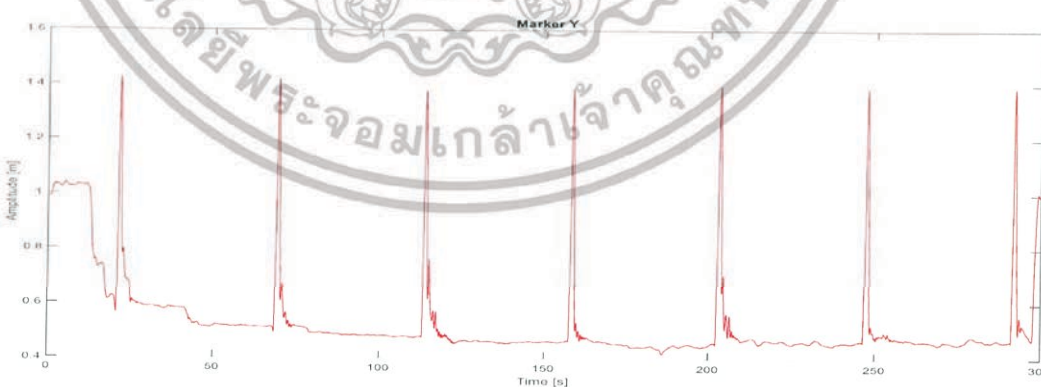
กราฟเปรียบเทียบแกนความสูงระหว่างเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งและ Motion Capture โดยจะแสดงค่า Squat Jump ที่กล้องอินฟราเรดความสูงวัดความสูงจากการกระโดดได้ตั้งรูปที่ 4.10 จากกราฟแสดง Squat Jump จาก Marker X ในรูปที่ 4.11 และ 4.12 เป็น กราฟแสดงความสูง Y จากการกระโดดในแนวตั้งของเครื่องที่ทำขึ้นและ Marker Y ตามลำดับ



รูปที่ 4.10 กราฟแสดง Squat Jump จาก Marker X



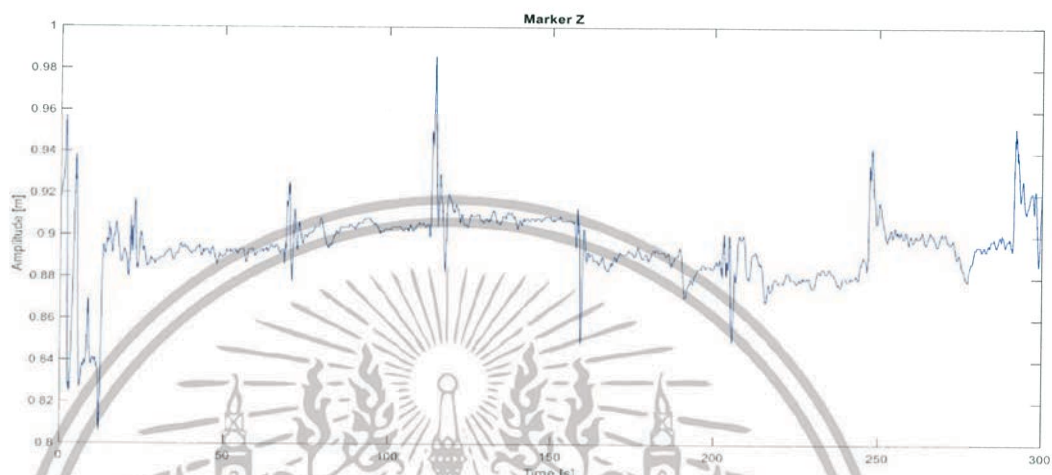
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสูงแกน Y จากการกระโดดในแนวตั้งของเครื่องที่ทำขึ้น



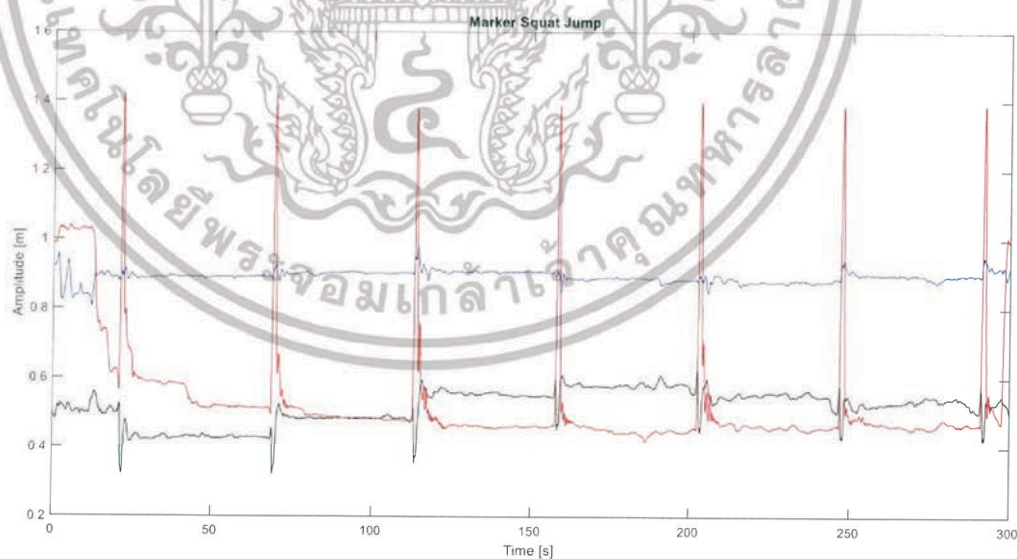
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสูงแกน Y จากการกระโดดในแนวตั้งของ Marker Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟเปรียบเทียบแกนความสูงระหว่างเครื่องวัดการกระโดดสูงในแนวดิ่งและ Motion Capture โดยจะแสดงค่า Squat Jump ที่กล้องอินฟราเรดความสูงวัดความสูงจากการกระโดดได้ดังรูปที่ 4.13 และ 4.14 แสดงค่า Squat Jump จาก Camera Marker Z และรวม Marker X,Y,Z ตามลำดับ



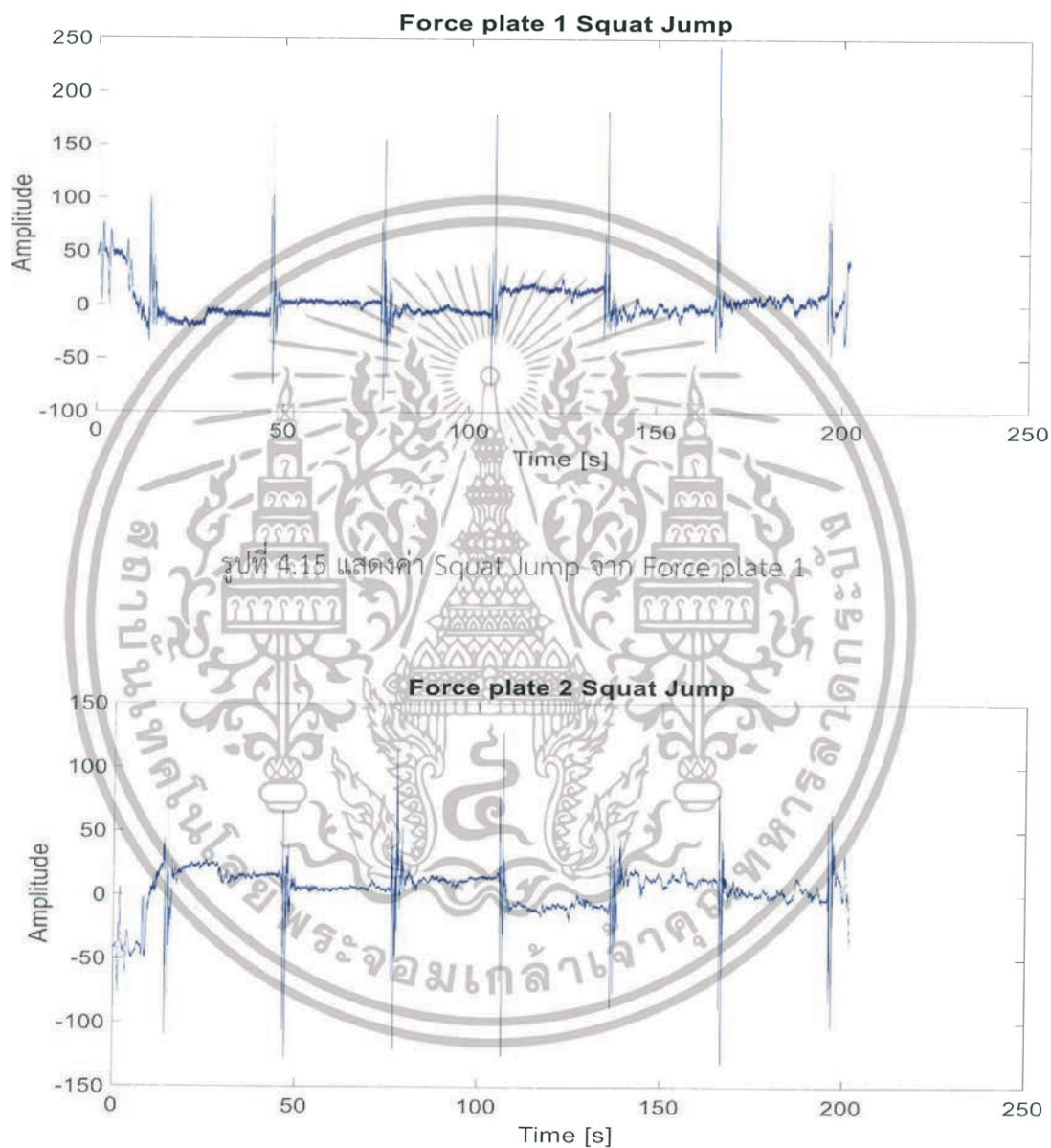
รูปที่ 4.13 แสดงค่า Squat Jump จาก Camera Marker Z



รูปที่ 4.14 แสดงค่า Squat Jump รวม Marker X,Y,Z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่า Squat Jump จากเครื่องวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด ทั้งหมด 6 ครั้ง ระยะเวลาห่างกัน 30 วินาทีของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดทางด้านซ้าย ดังรูปที่ 4.15 และแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดทางด้านซ้าย ดังรูปที่ 4.16 ตามลำดับ

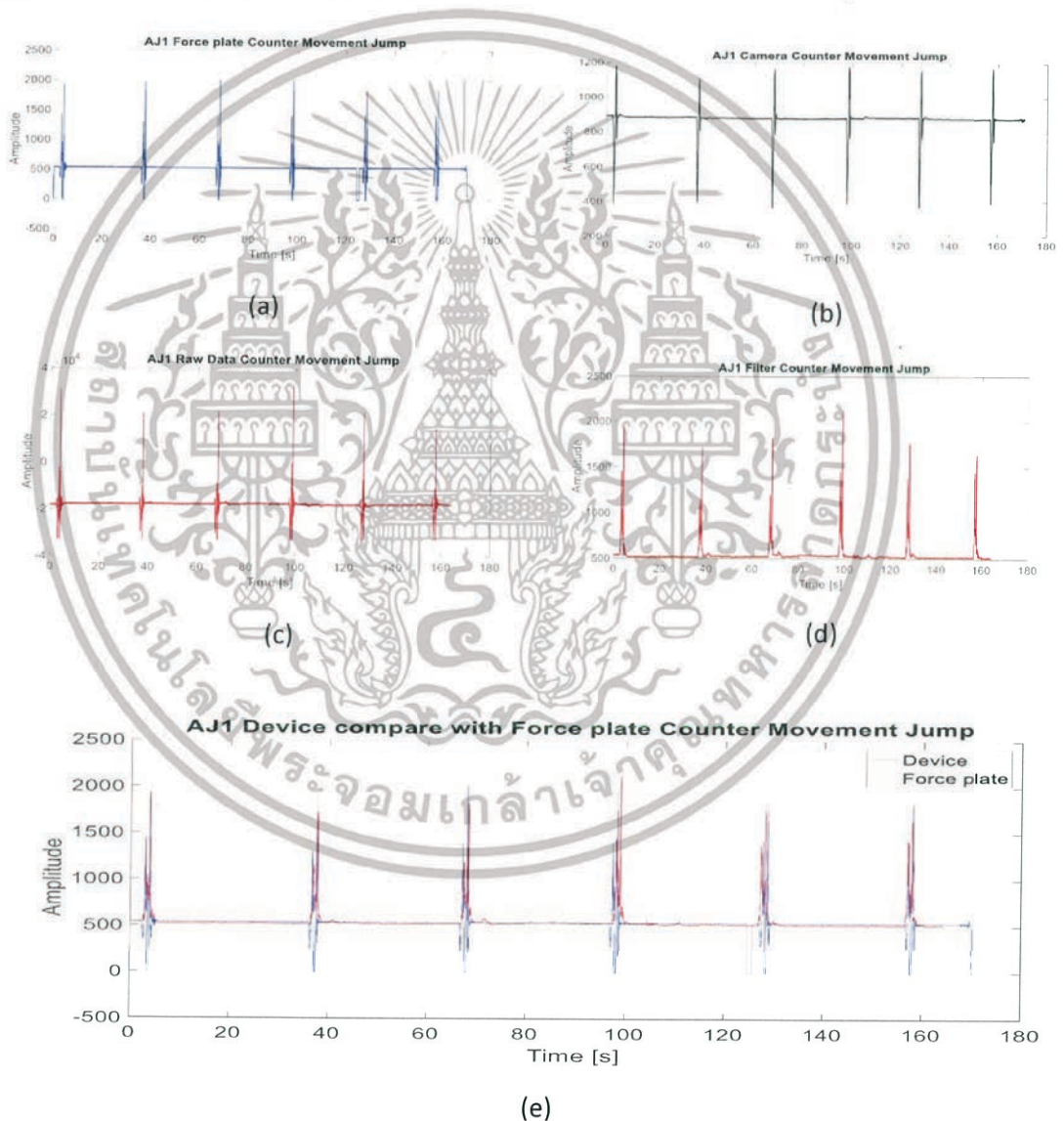


รูปที่ 4.16 แสดงค่า Squat Jump จาก Force plate 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดสอบอุปกรณ์ที่ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ ด้านการเดินและเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

โดยเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครทั้งหมด 7 คน ดังนี้ โดยแสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 1 ดังรูปที่ 4.17 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



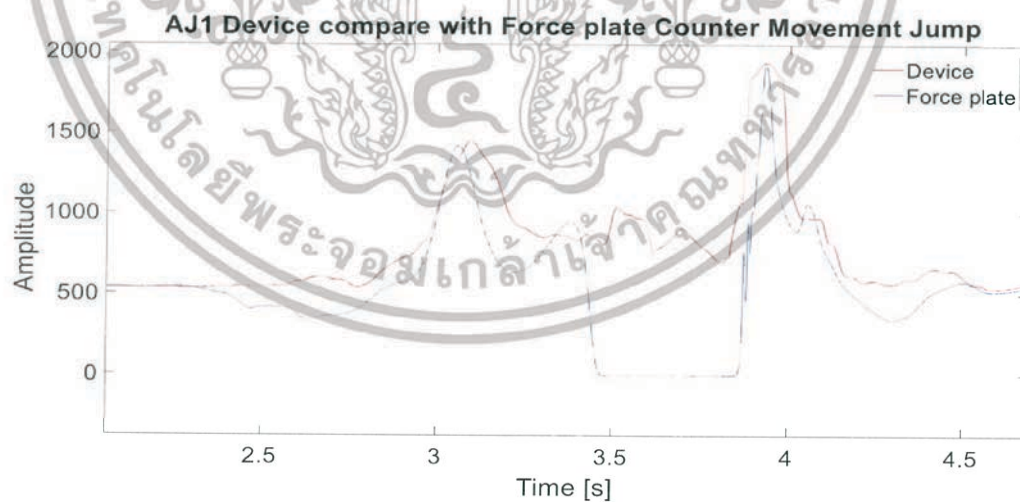
รูปที่ 4.17 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 1 เพศ หญิง น้ำหนัก 54.7 กิโลกรัม ส่วนสูง 153 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.18 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1



(a)

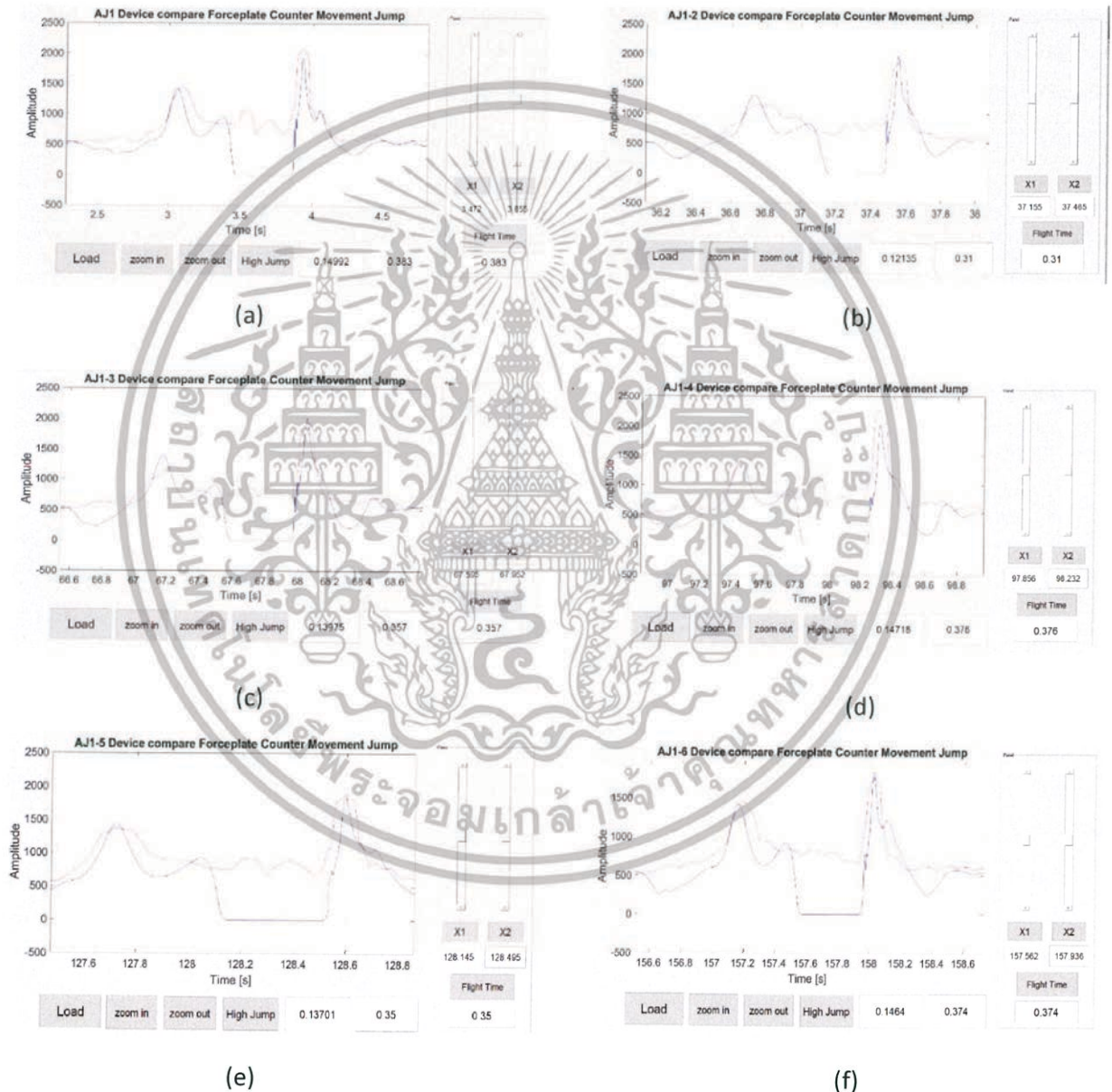


(b)

รูปที่ 4.18 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

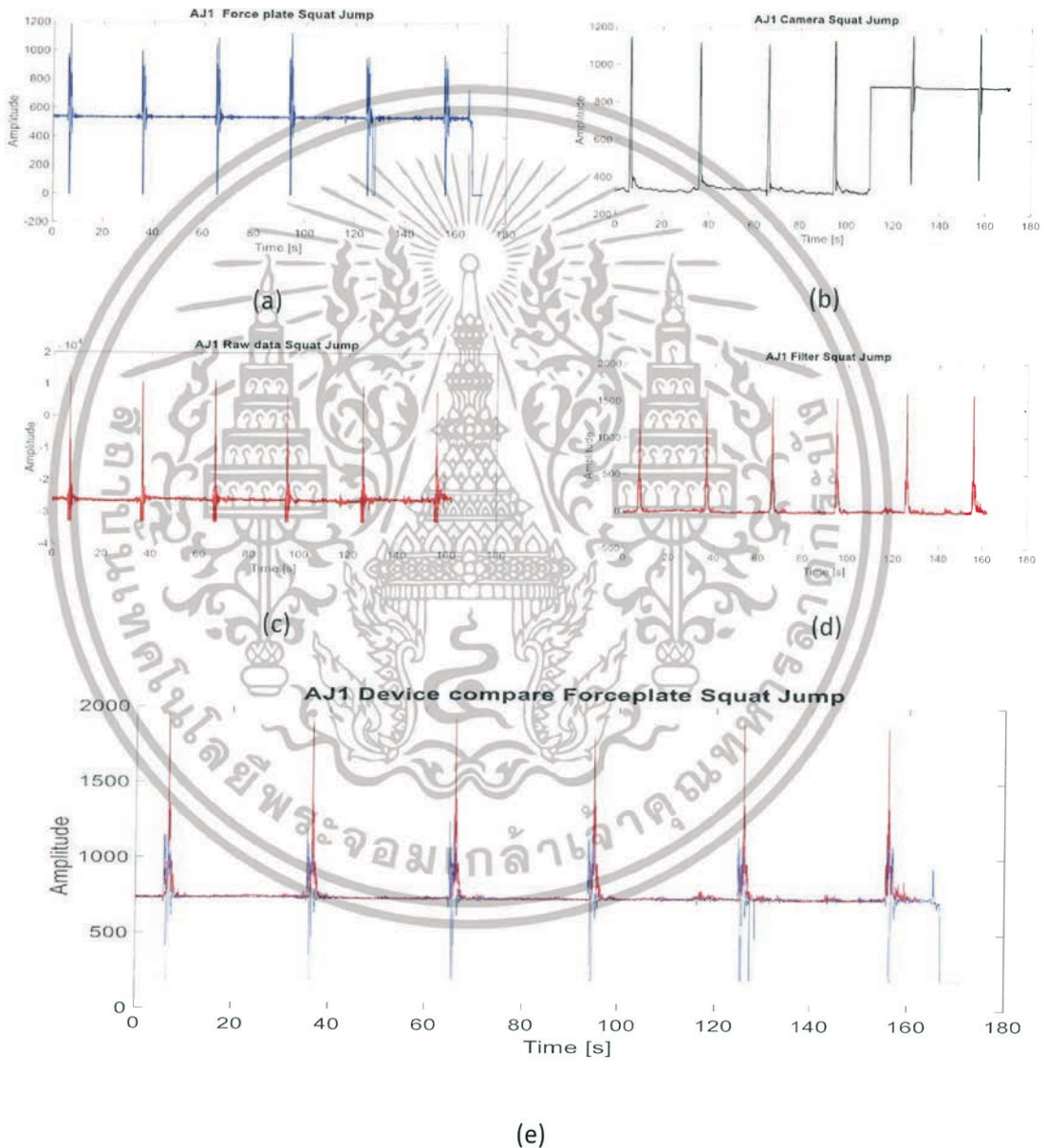
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้ง ของอาสาสมัครคนที่ 1 ดังรูปที่ 4.19 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 38.3 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 31 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 35.7 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 37.6 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 35 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 37.4 เซนติเมตร



รูปที่ 4.19 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 1 ดังรูปที่ 4.20 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



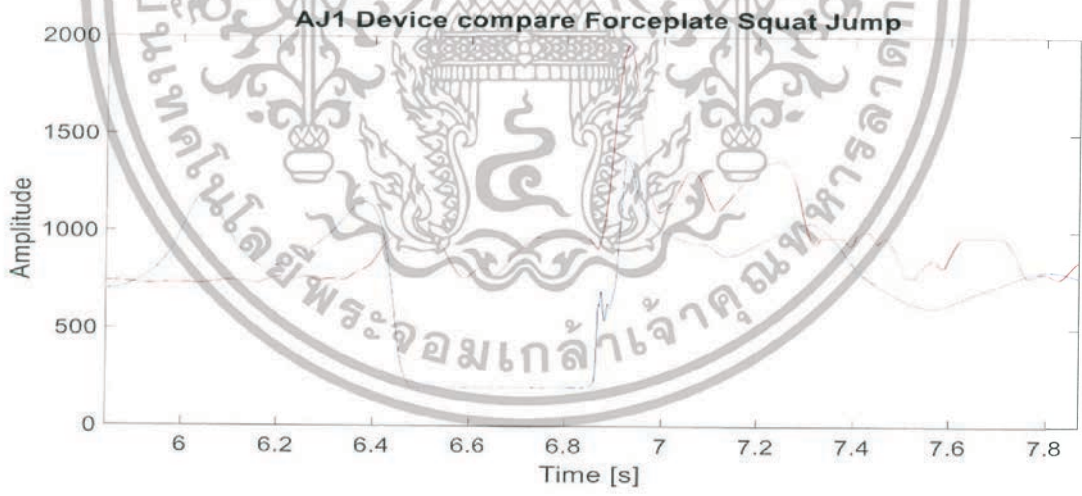
รูปที่ 4.20 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 1 เพศ หญิง น้ำหนัก 54.7 กิโลกรัม ส่วนสูง 153 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.21 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1



(a)



(b)

รูปที่ 4.21 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

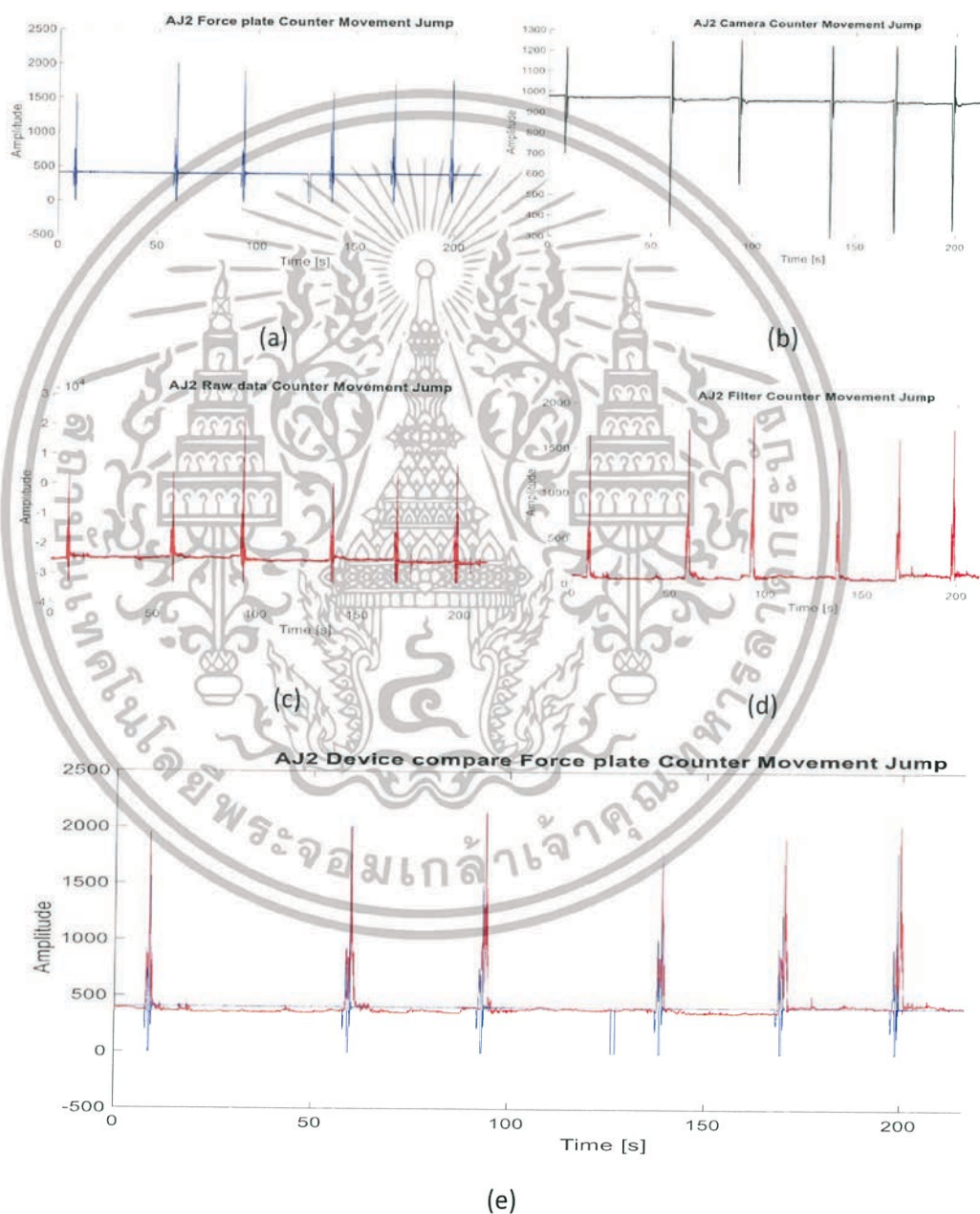
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 1 ดังรูปที่ 4.22 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 36.8 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 32.5 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 34.1 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 34.2 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 31 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 31.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.22 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 2 ดังรูปที่ 4.23 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 1 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.23 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

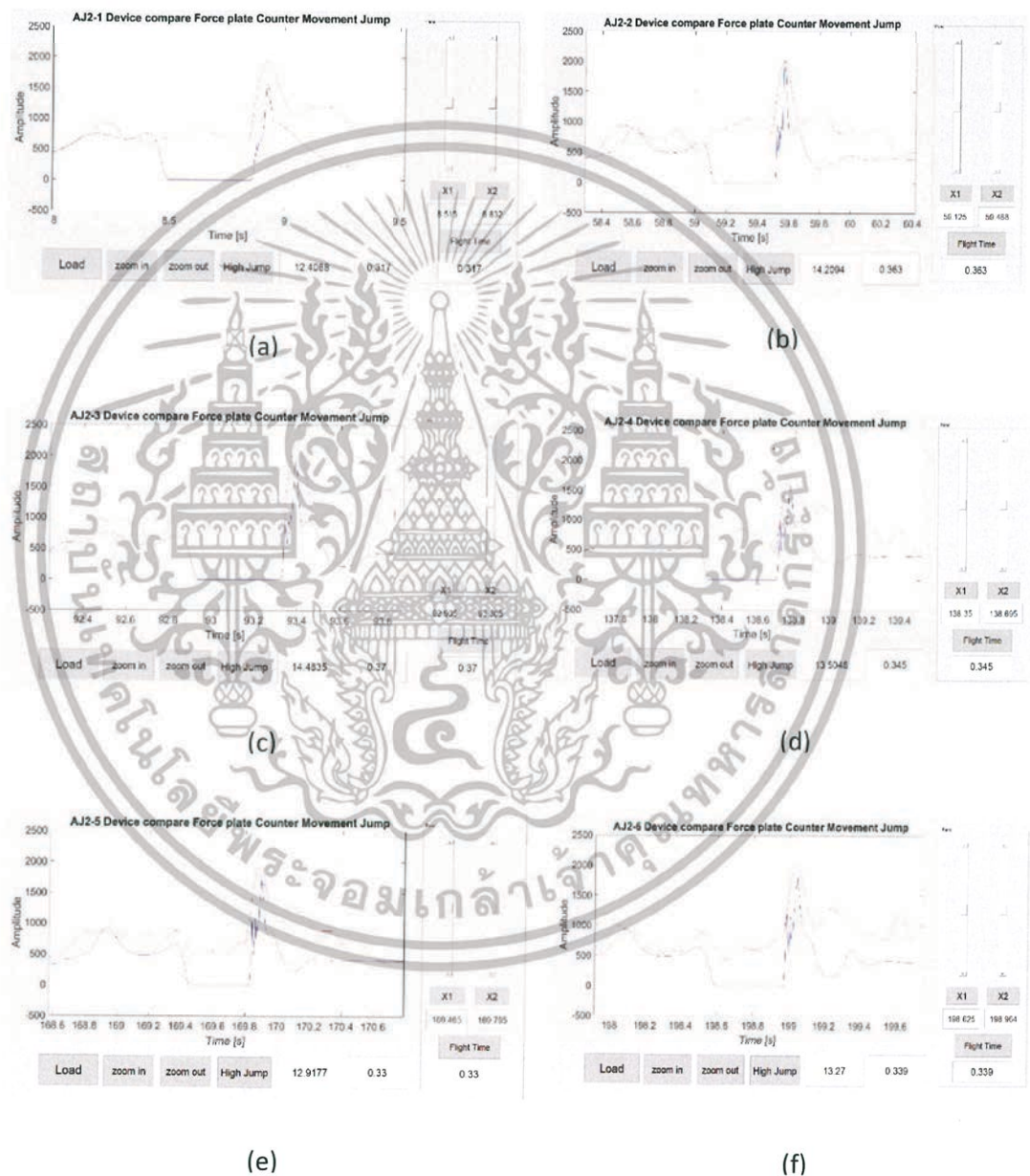
อาสาสมัครคนที่ 2 เพศ หญิง น้ำหนัก 40.9 กิโลกรัม ส่วนสูง 159 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.24 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2



รูปที่ 4.24 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

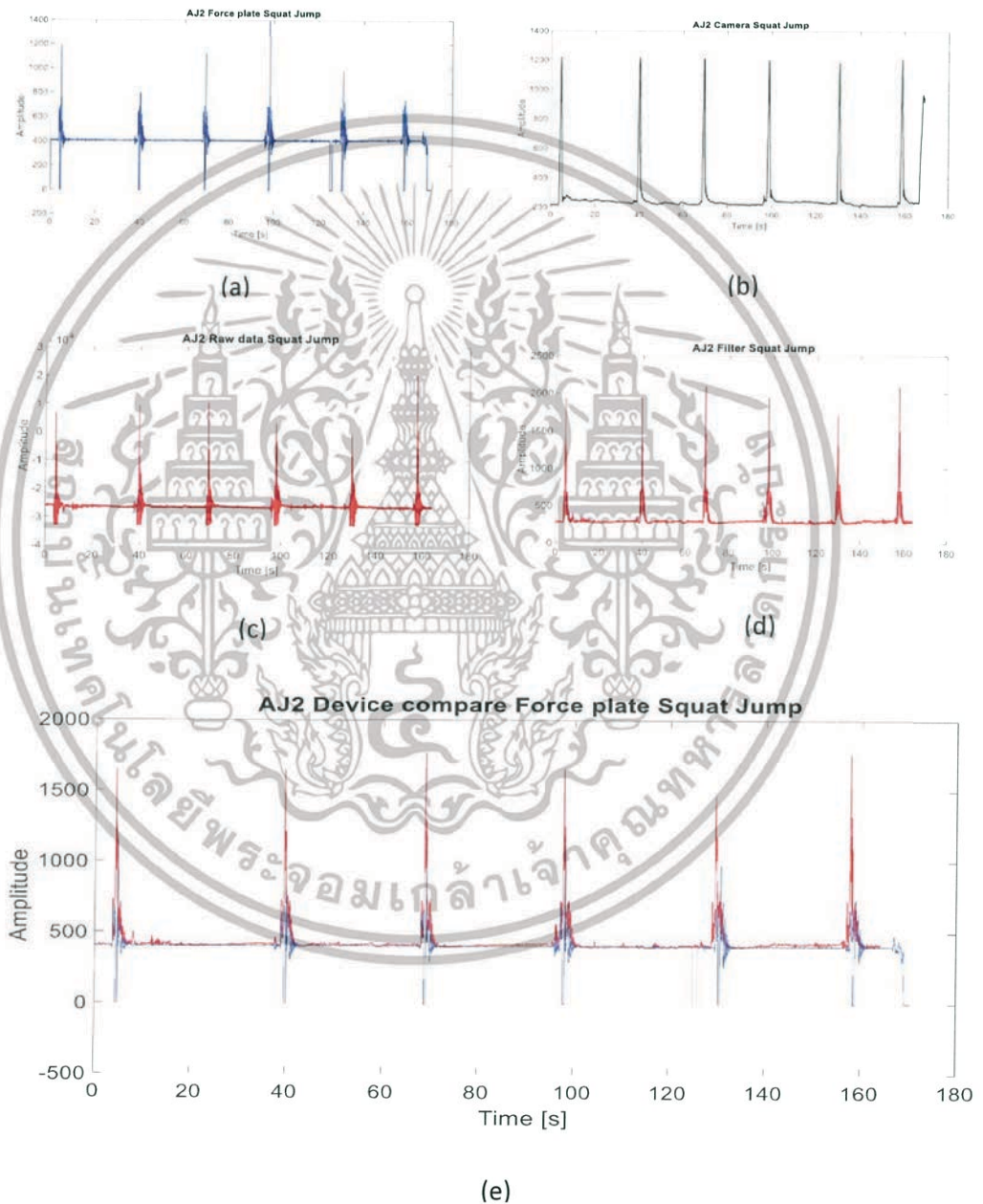
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 2 ดังรูปที่ 4.25 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 31.7 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 36.3 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 37 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 34.5 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 33 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 33.9 เซนติเมตร



รูปที่ 4.25 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

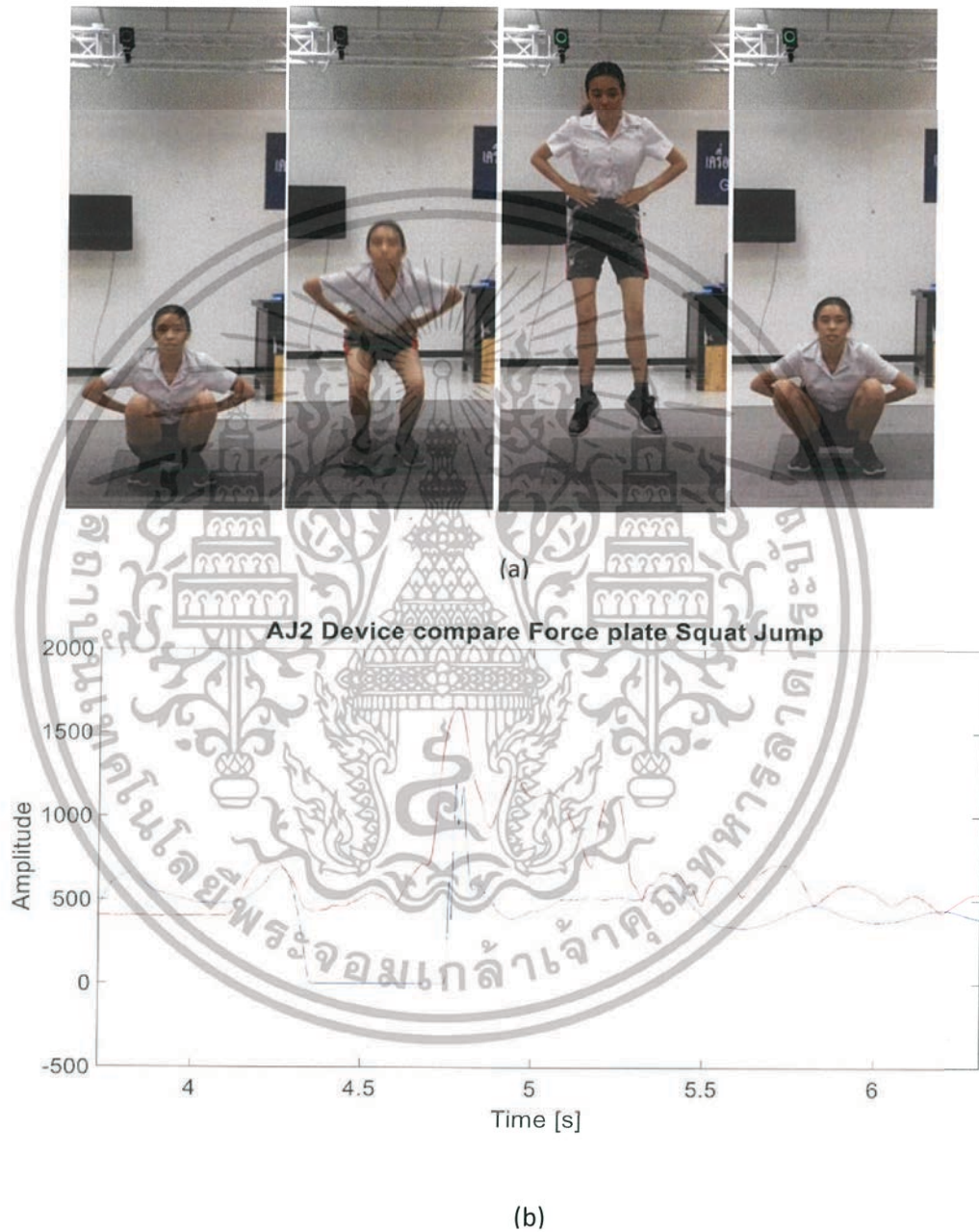
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 2 ดังรูปที่ 4.26 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.26 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

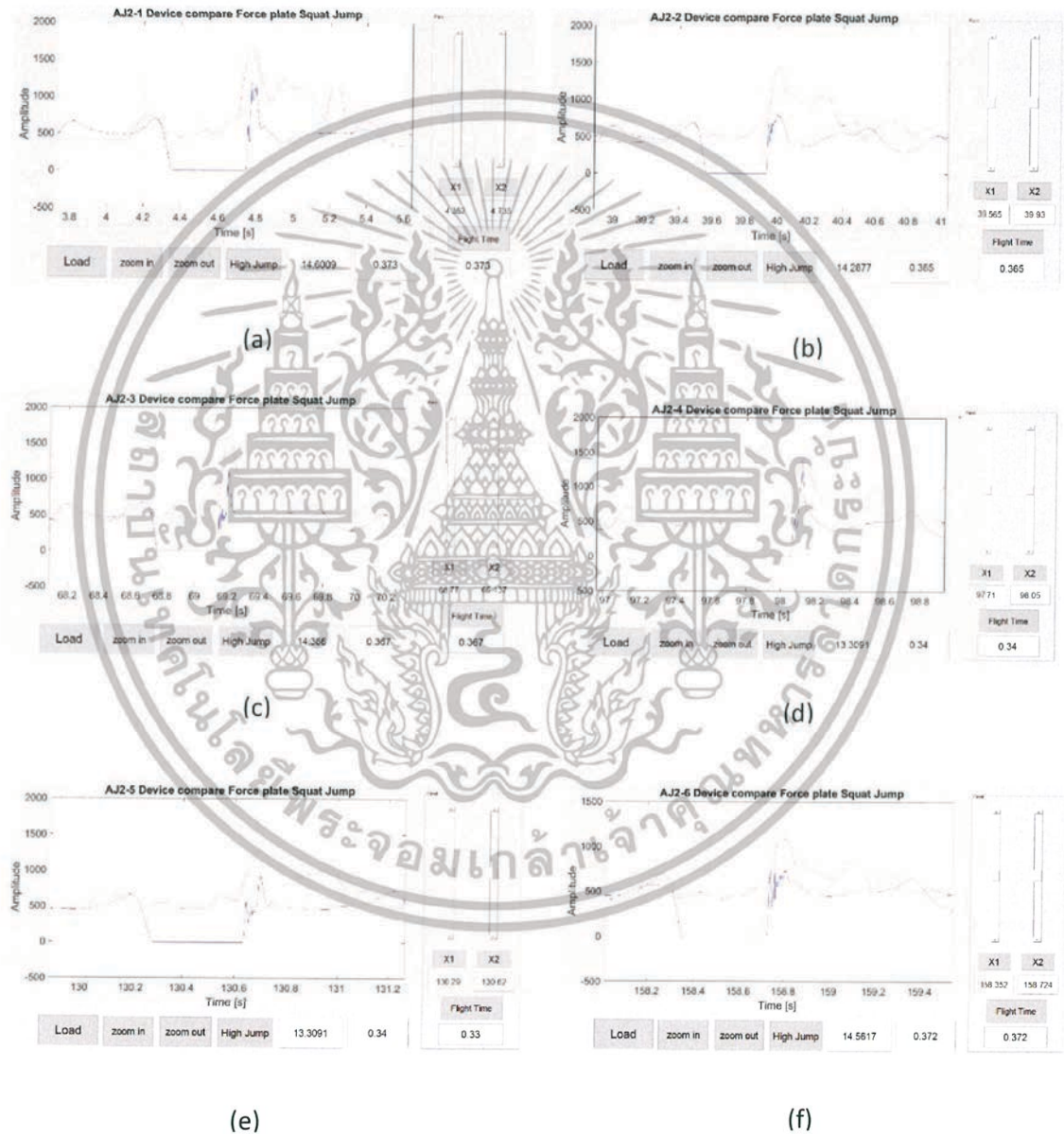
อาสาสมัครคนที่ 2 เพศ หญิง น้ำหนัก 40.9 กิโลกรัม ส่วนสูง 159 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.27 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2



รูปที่ 4.27 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

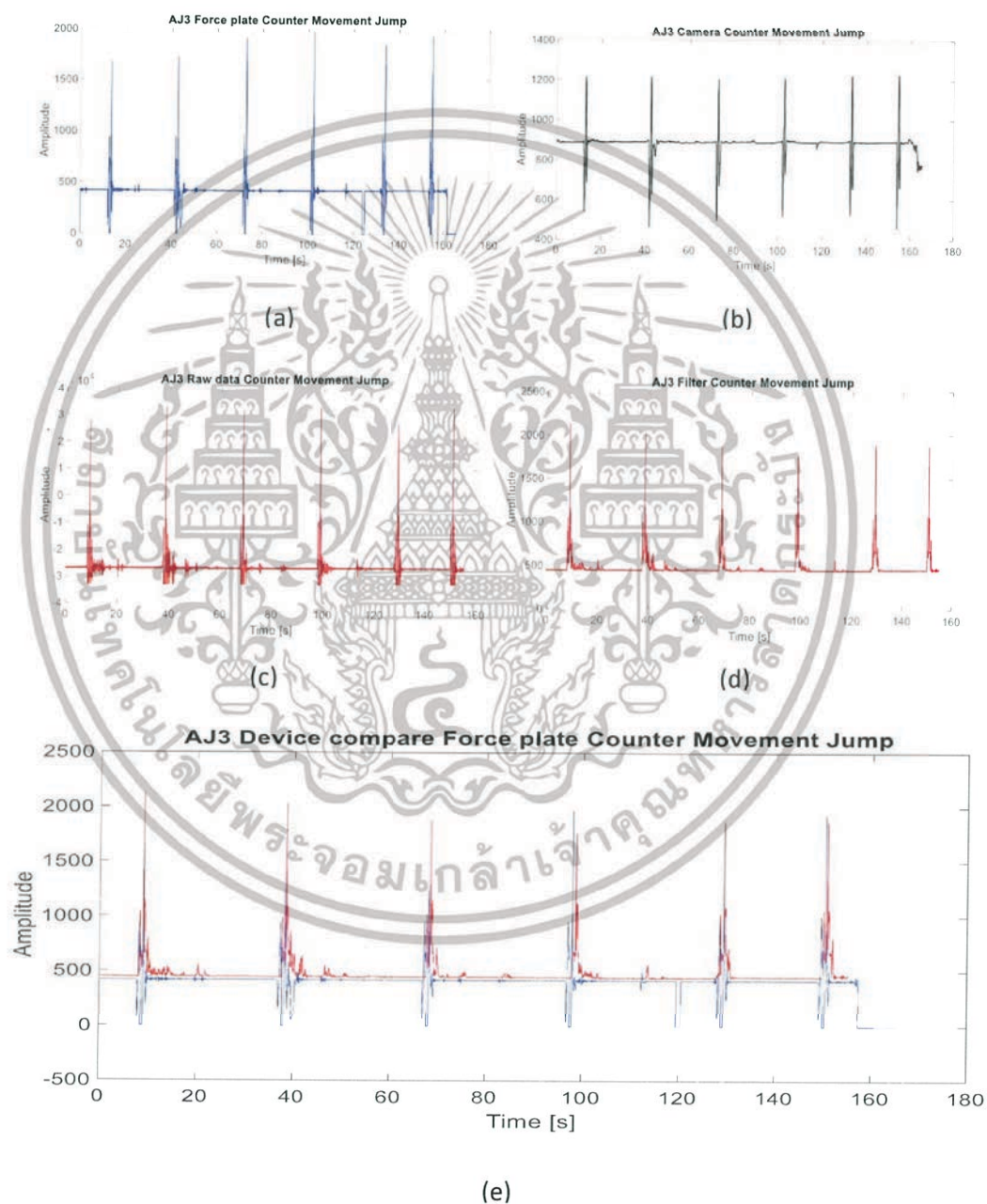
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 2 ดังรูปที่ 4.28 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 37.3 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 36.5 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 36.7 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 34 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 33 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 37.2 เซนติเมตร



รูปที่ 4.28 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

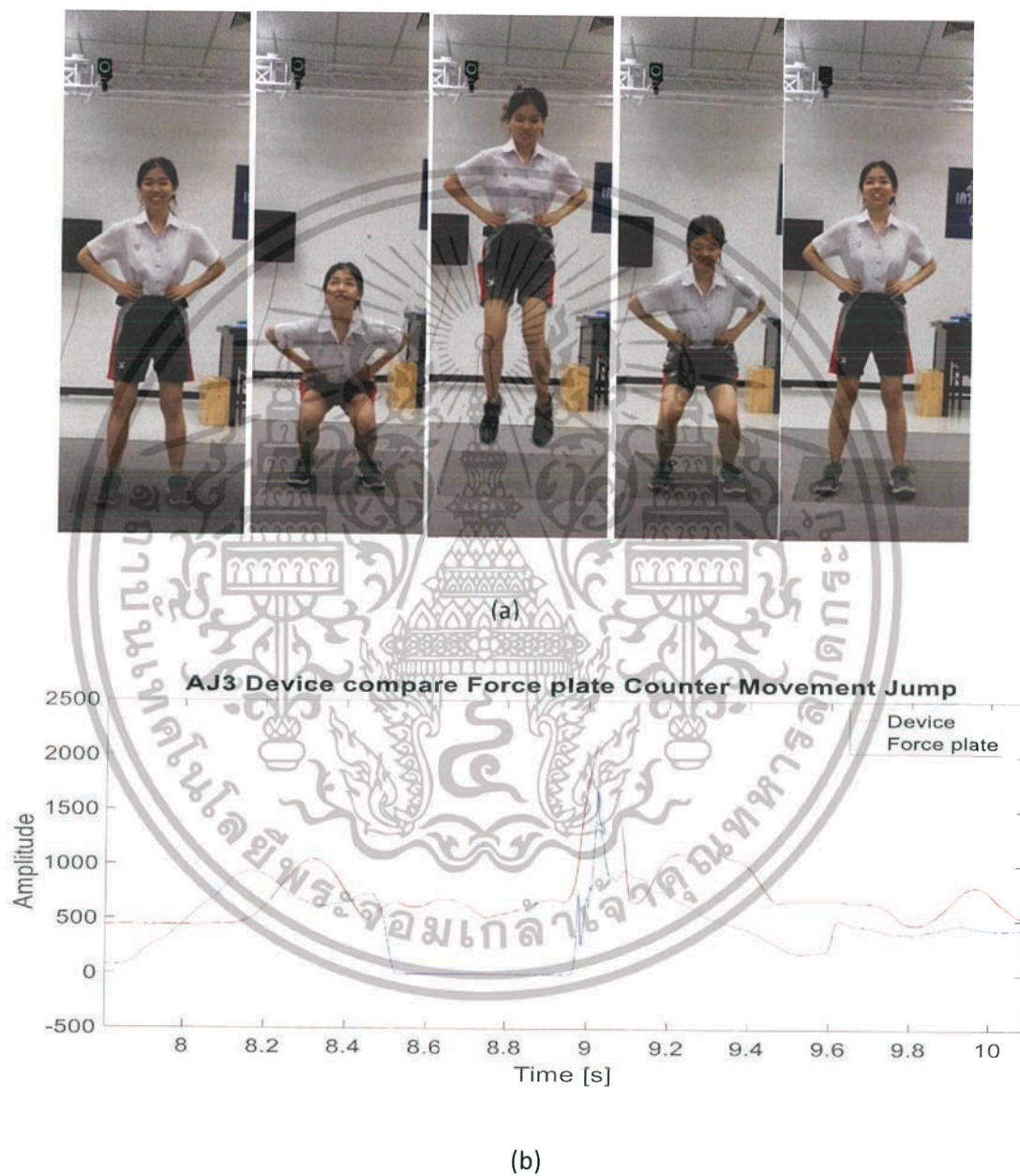
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 3 ดังรูปที่ 4.29 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.29 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

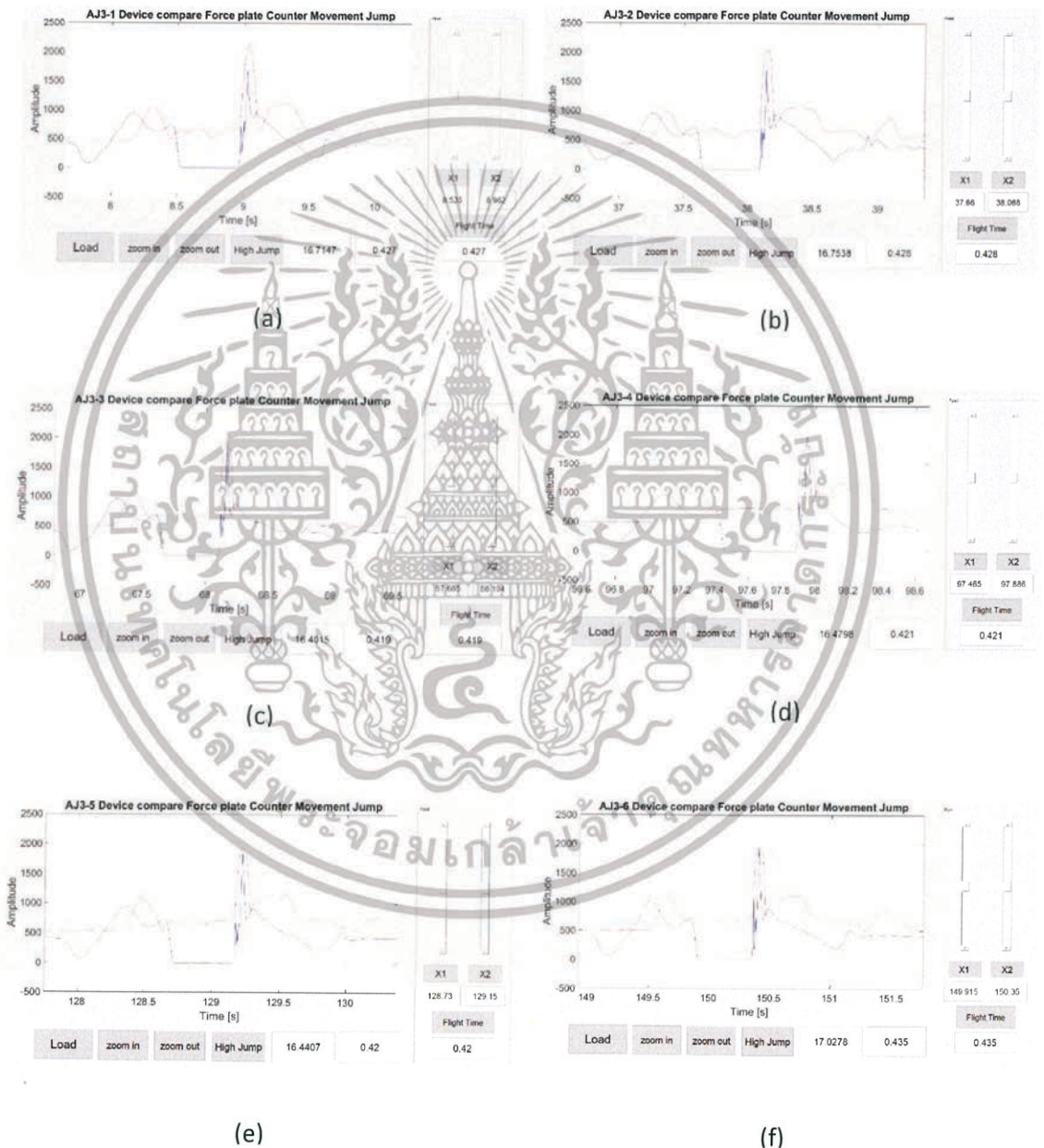
อาสาสมัครคนที่ 3 เพศ หญิง น้ำหนัก 42.3 กิโลกรัม ส่วนสูง 153 เซนติเมตร อายุ 21 ปี แสดงดังรูปที่ 4.30 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3



รูปที่ 4.30 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

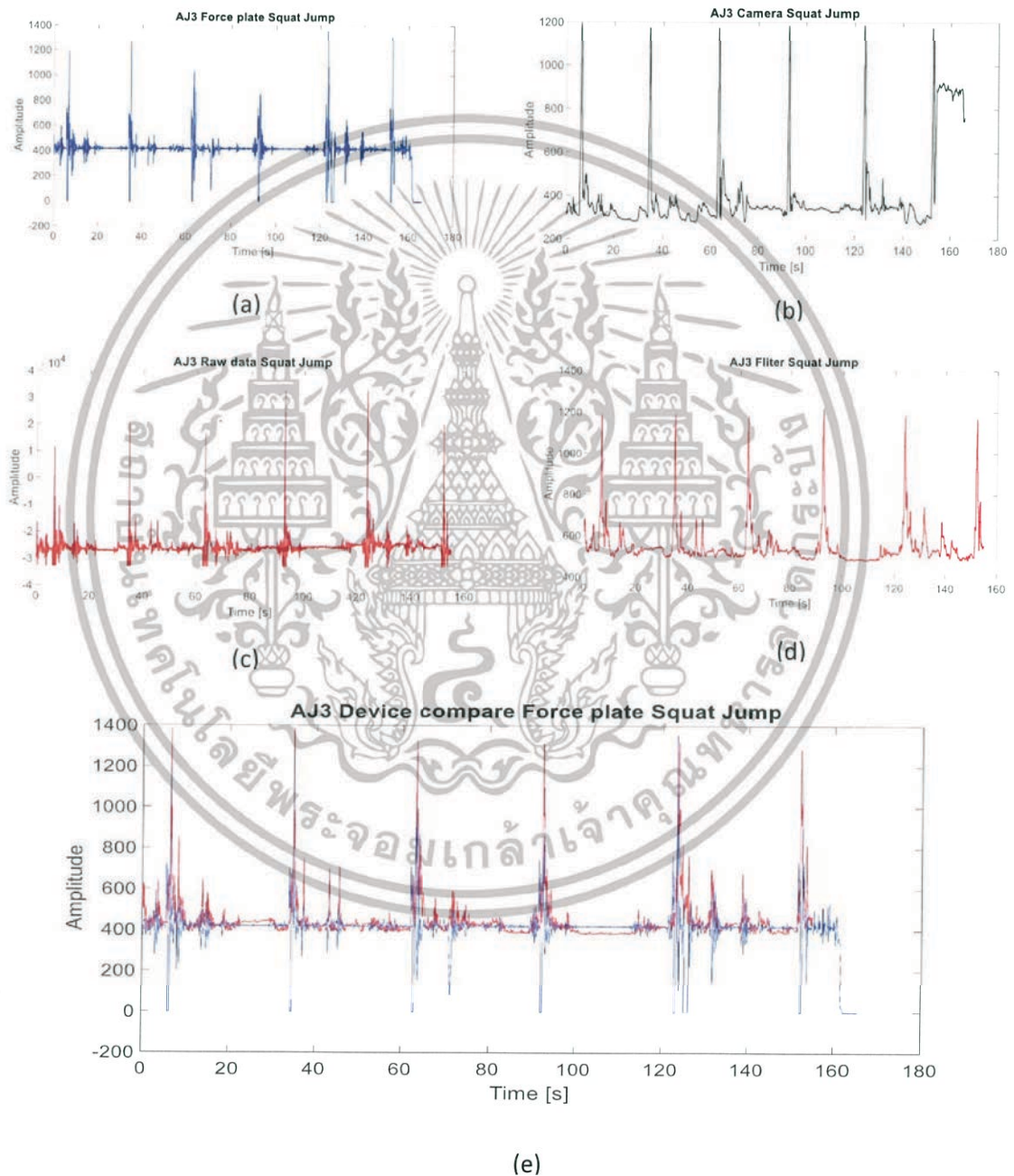
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้ง ของอาสาสมัครคนที่ 3 ดังรูปที่ 4.31 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 42.7 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 42.8 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 41.9 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 42.1 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 42 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 43.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.31 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

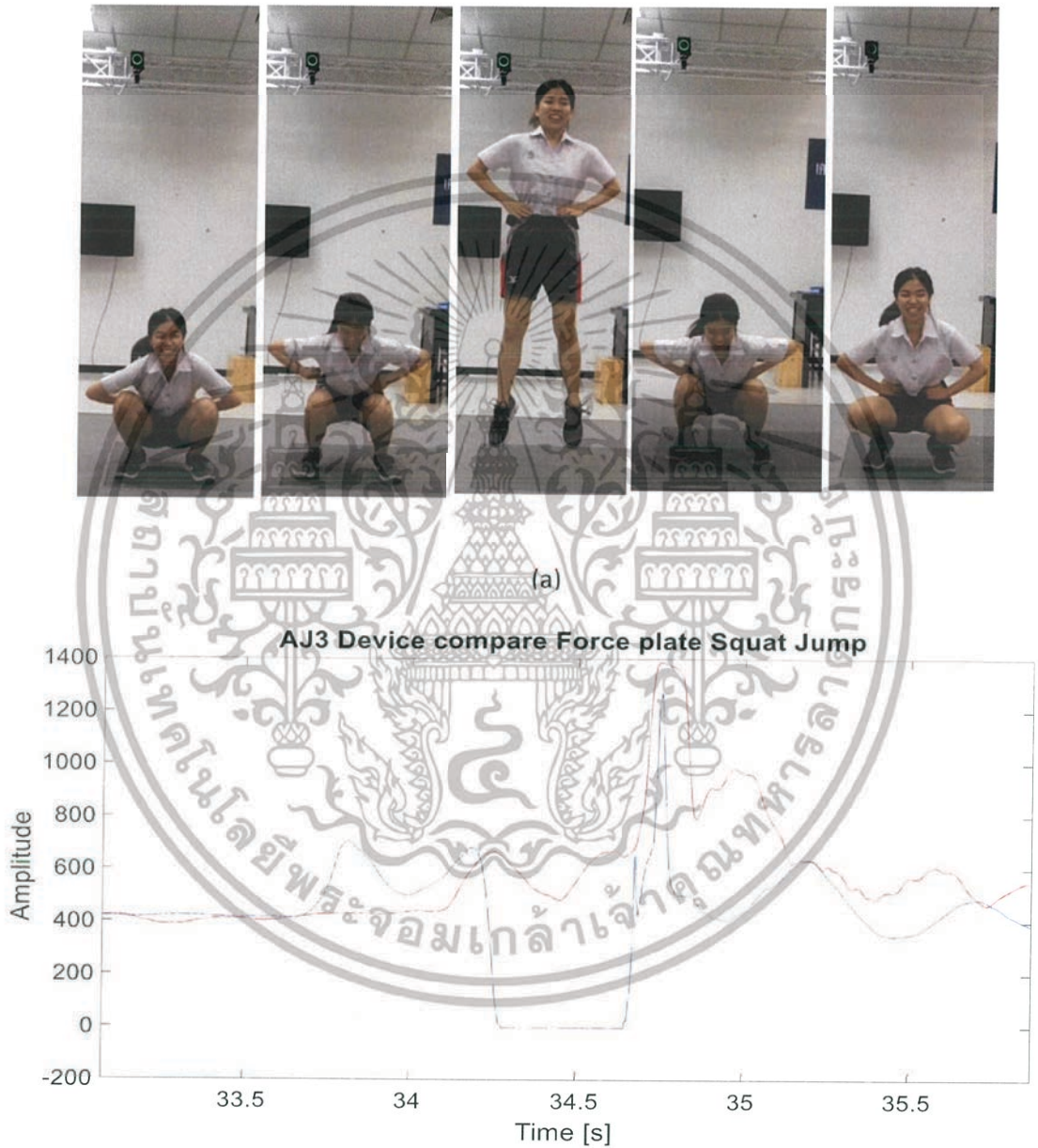
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 3 ดังรูปที่ 4.32 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.32 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

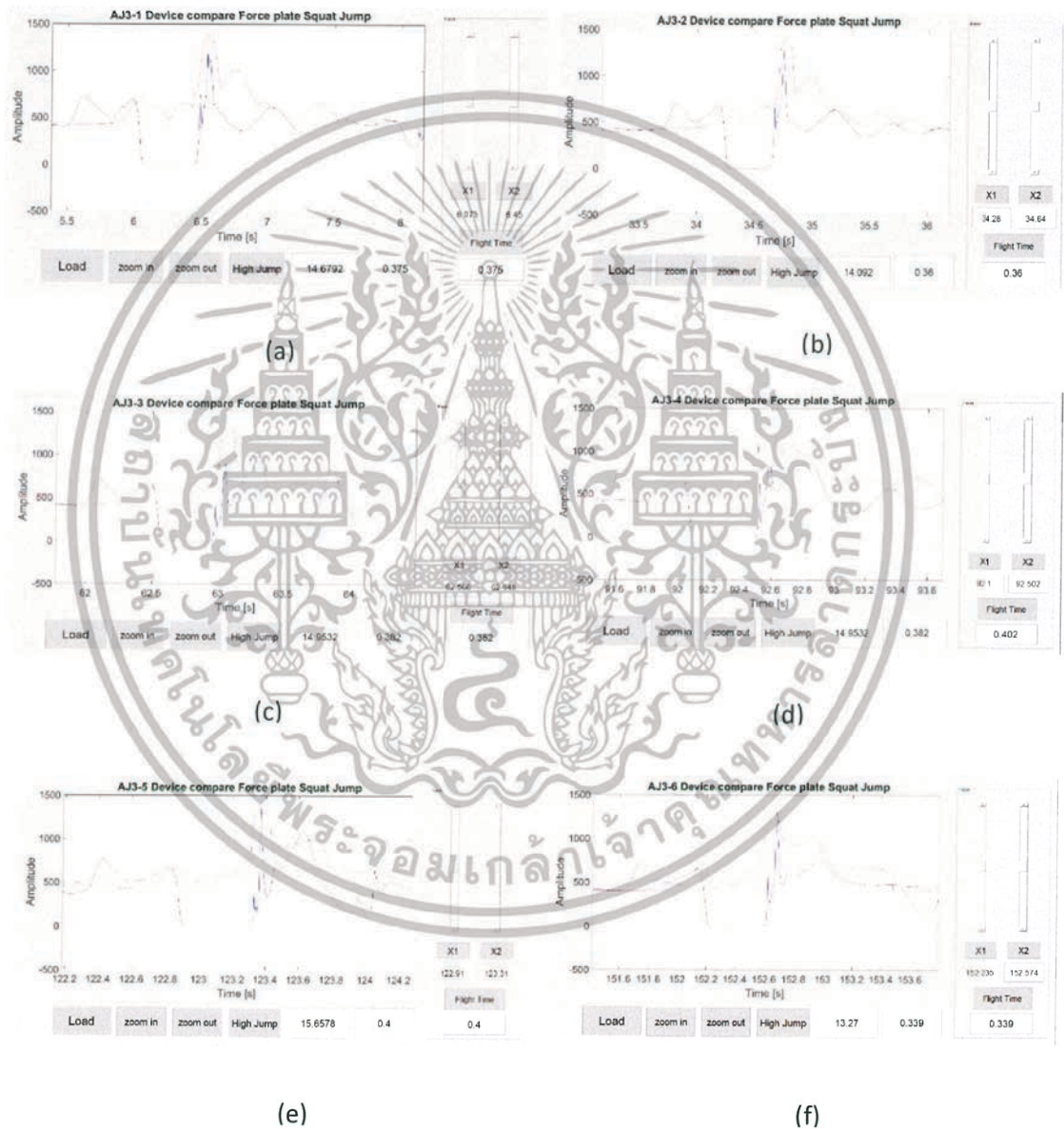
อาสาสมัครคนที่ 3 เพศ หญิง น้ำหนัก 42.3 กิโลกรัม ส่วนสูง 153 เซนติเมตร อายุ 21 ปี แสดงดังรูปที่ 4.33 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3



รูปที่ 4.33 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

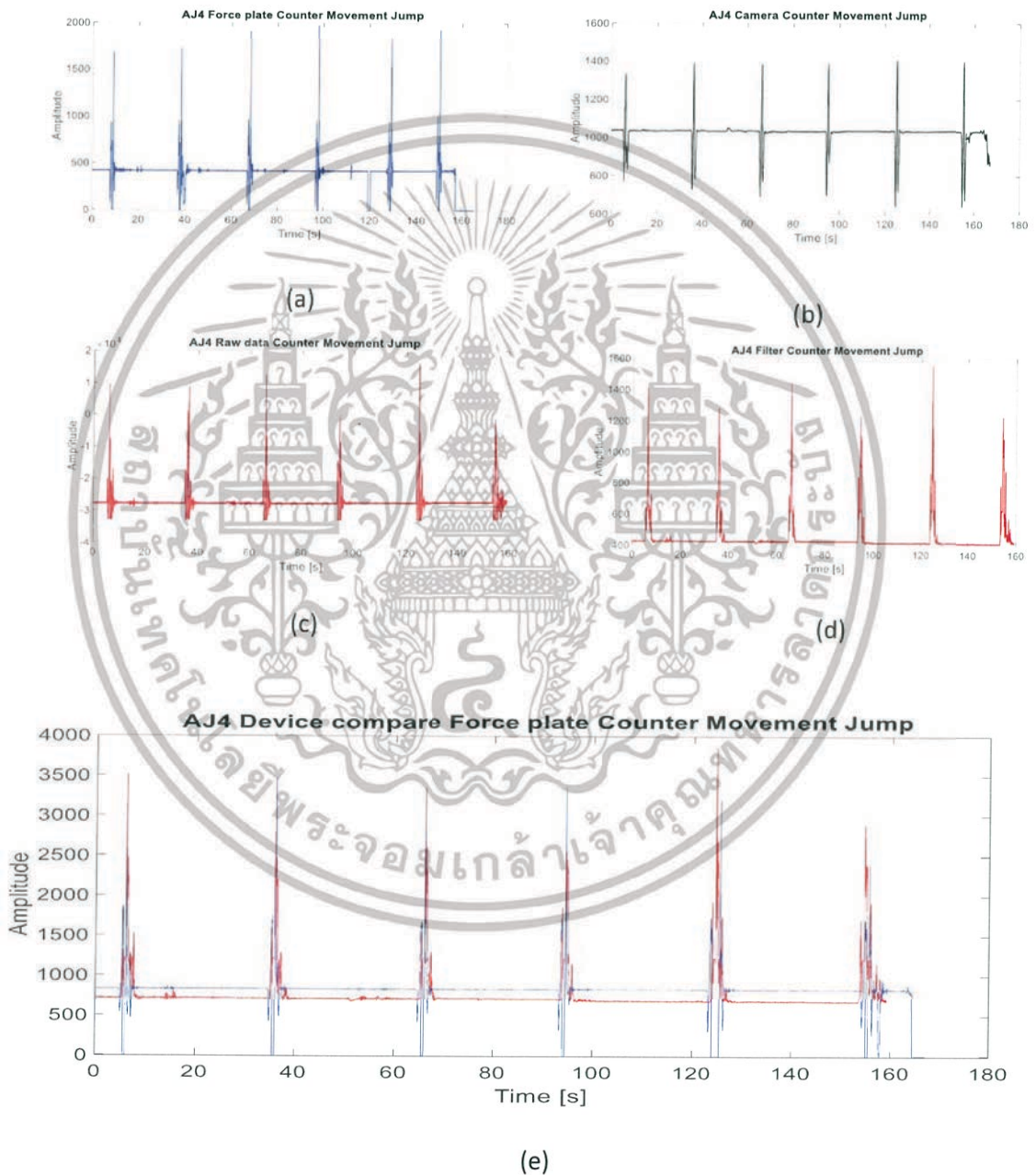
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัคร คนที่ 1 ดังรูปที่ 4.34 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 37.5 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 36 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 38.2 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 40.2 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 40 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 33.9 เซนติเมตร



รูปที่ 4.34 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

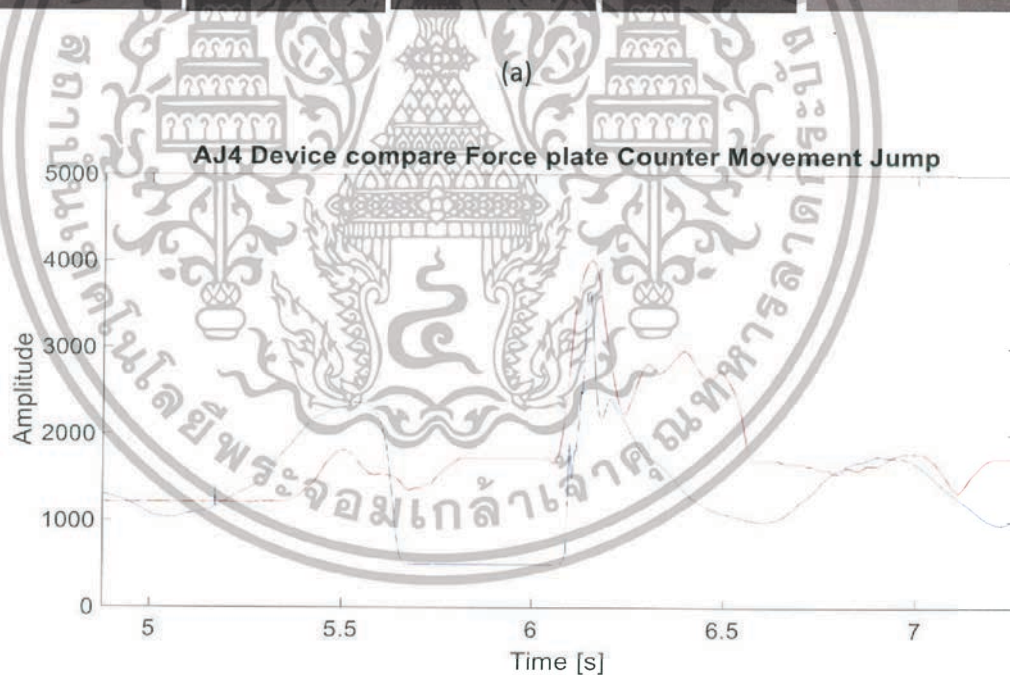
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 4 ดังรูปที่ 4.35 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.35 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 4 เพศ ชาย น้ำหนัก 84.5 กิโลกรัม ส่วนสูง 170 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.36 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

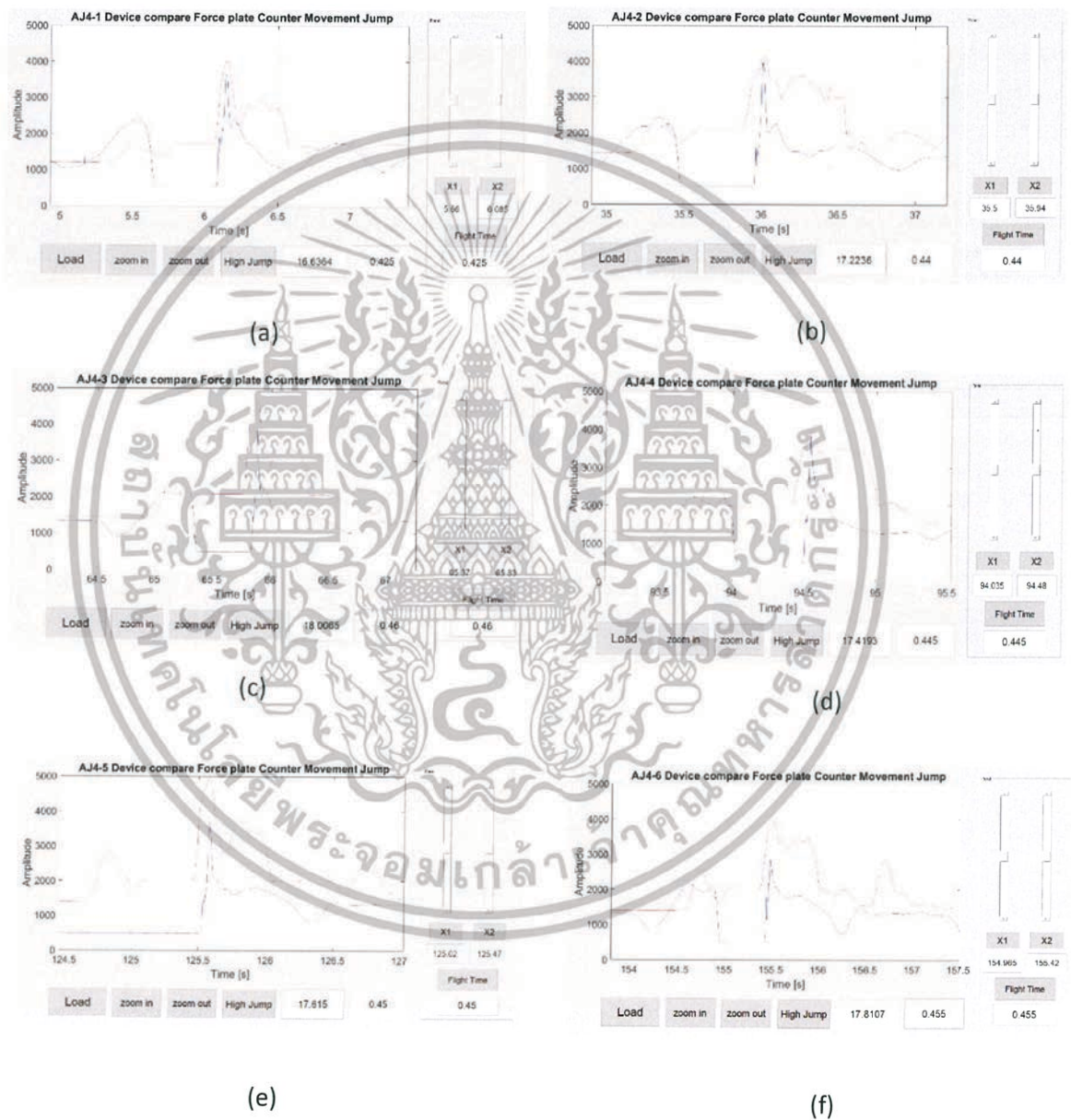


(b)

รูปที่ 4.36 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

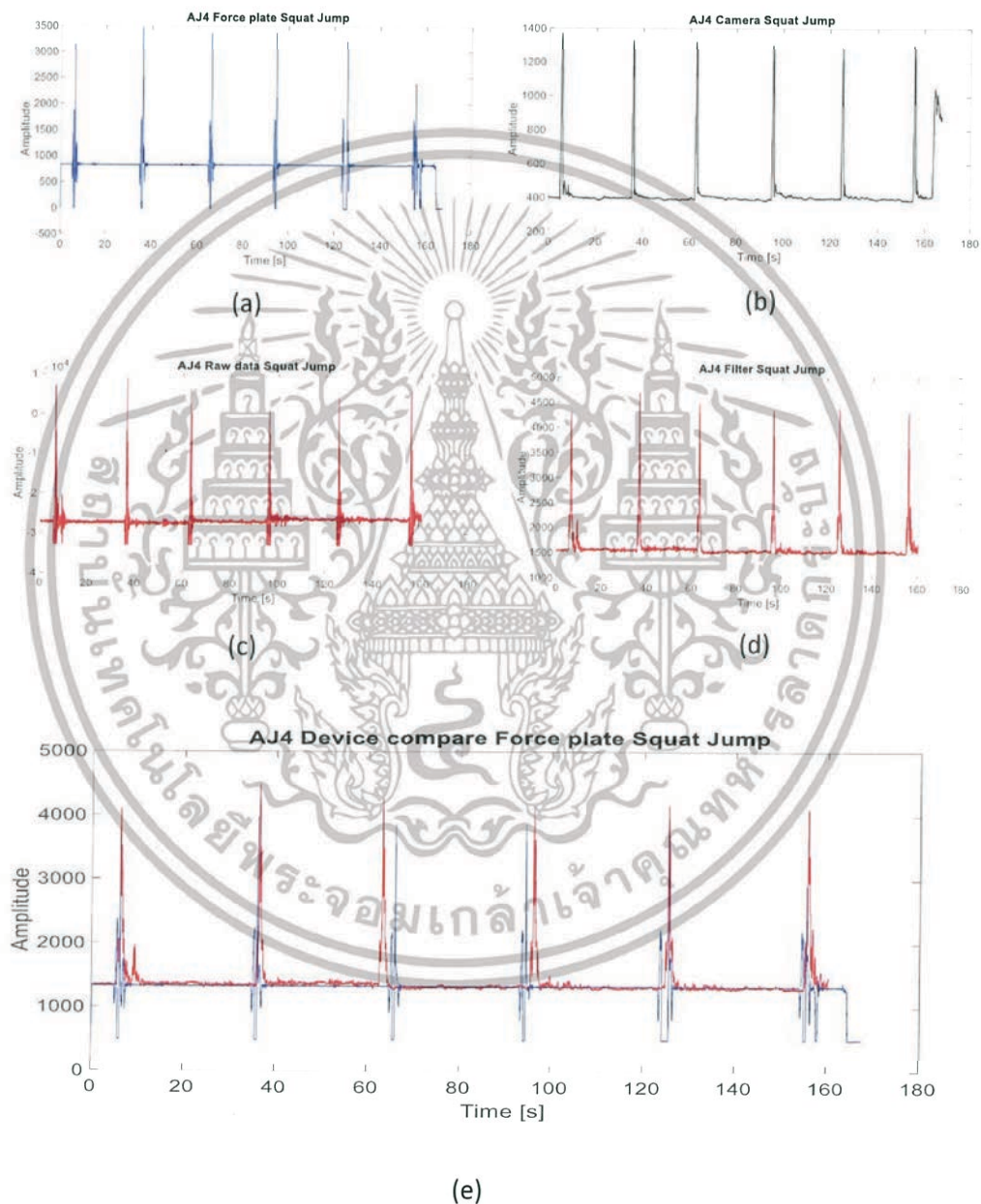
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้ง ของอาสาสมัครคนที่ 4 ดังรูปที่ 4.37 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 42.5 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 44 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 46 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 44.5 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 45 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 45.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.37 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

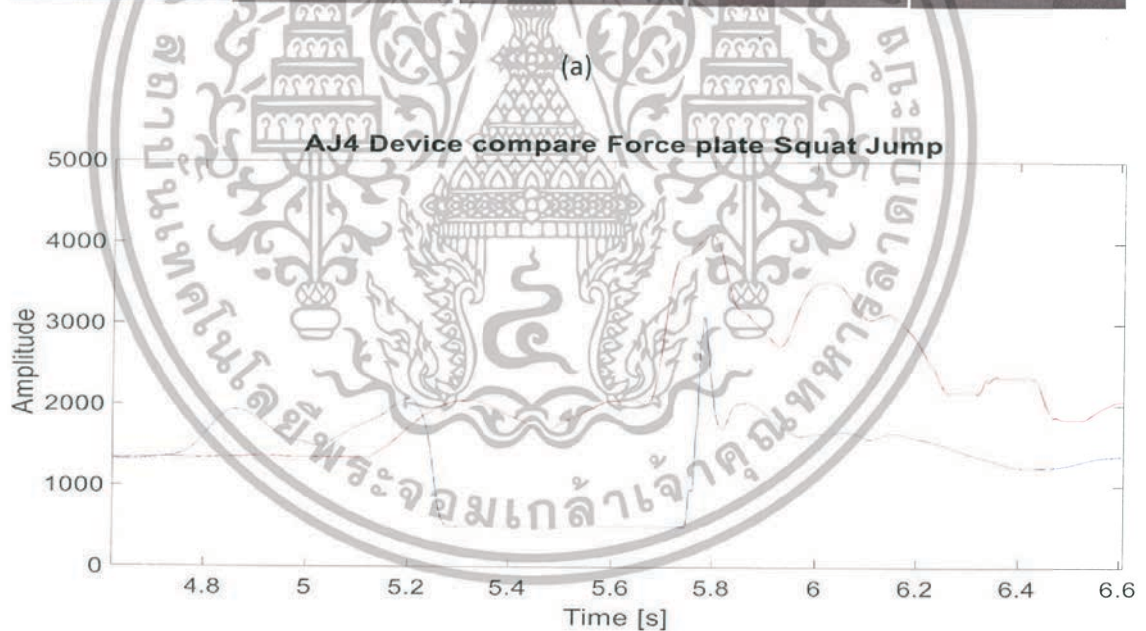
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 4 ดังรูปที่ 4.38 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.38 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

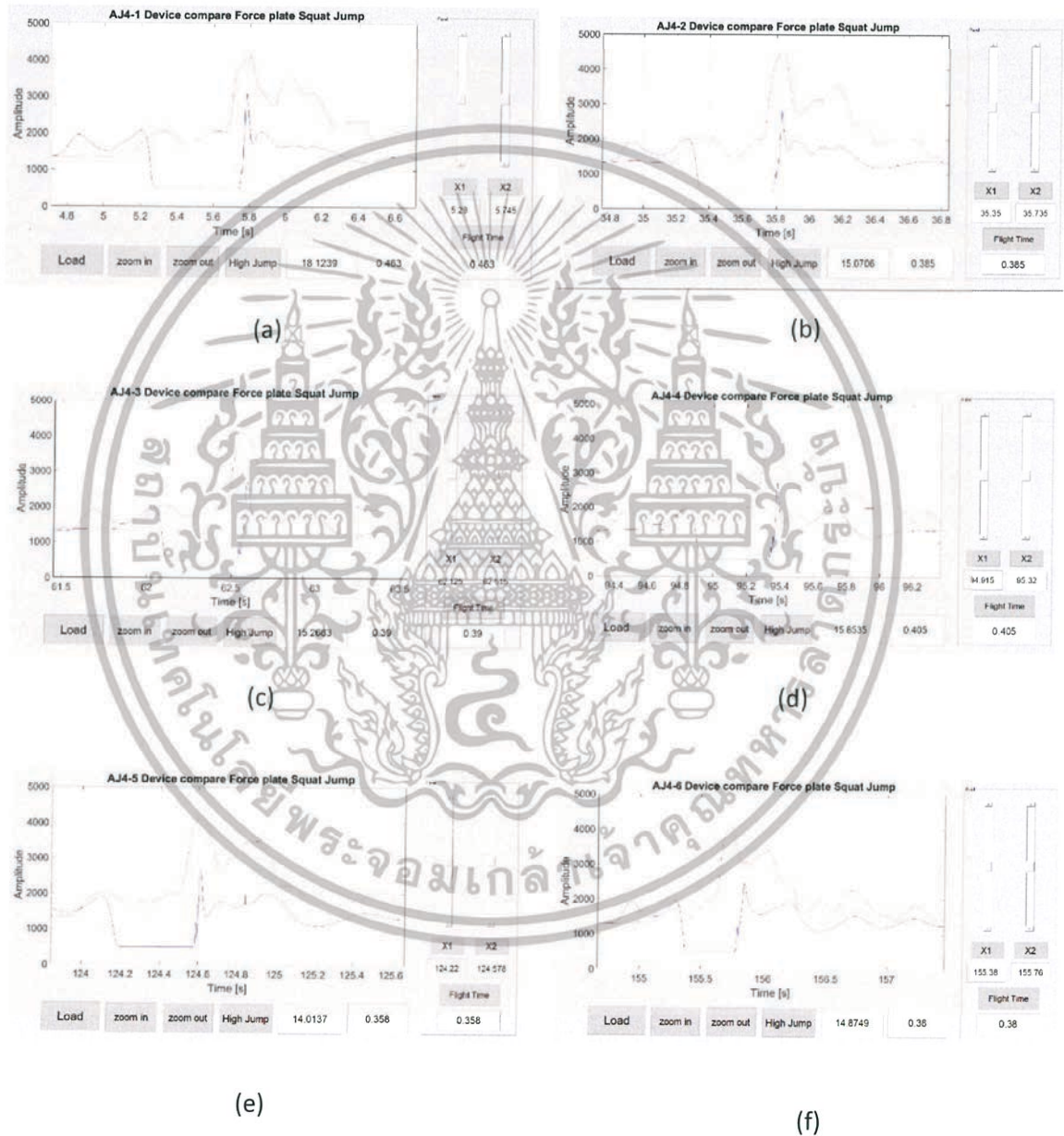
อาสาสมัครคนที่ 4 เพศ ชาย น้ำหนัก 84.5 กิโลกรัม ส่วนสูง 170 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.39 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4



รูปที่ 4.39 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

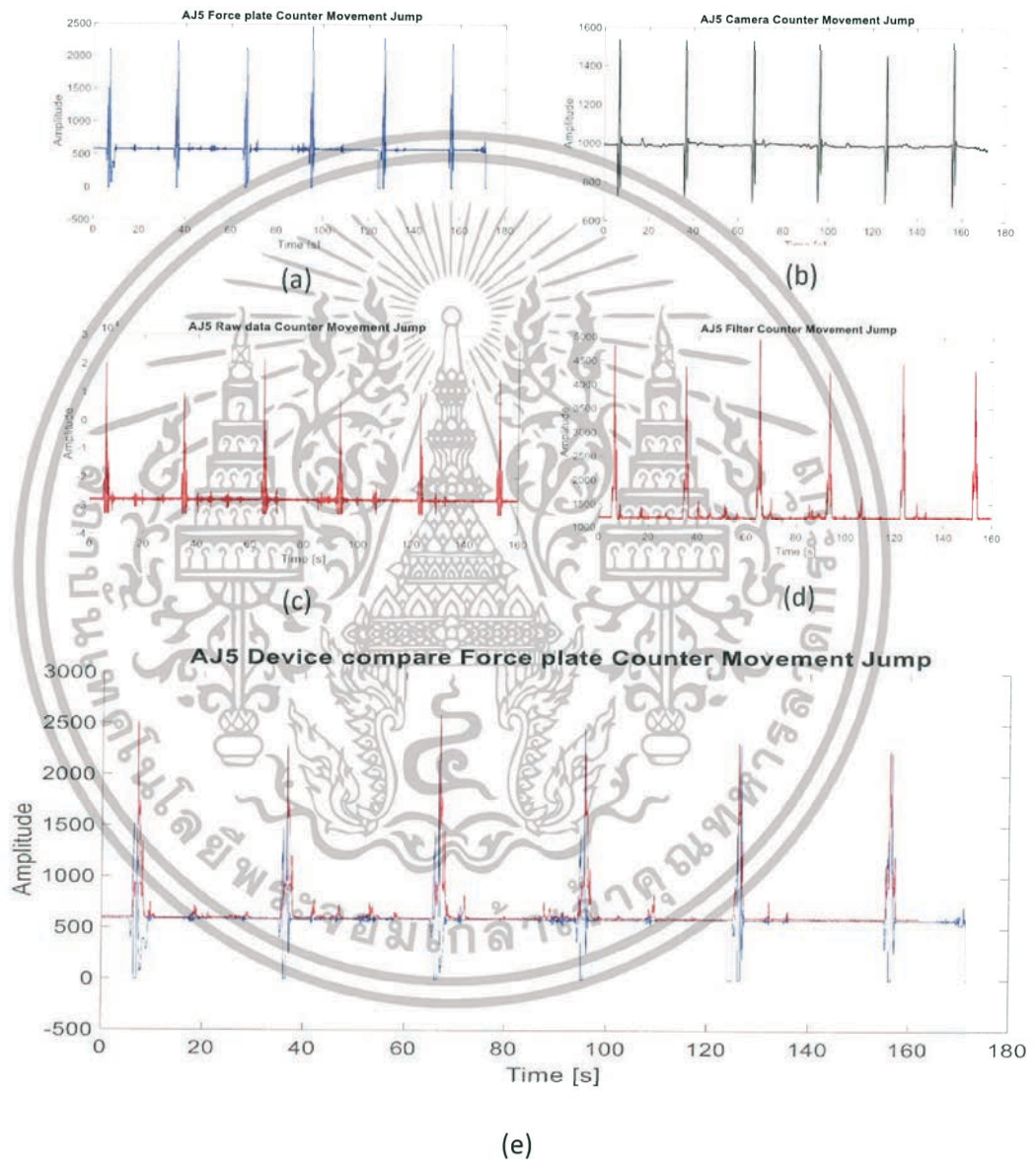
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวดิ่งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 1 ดังรูปที่ 4.40 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 46.3 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 38.5 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 39 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 40.5 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 35.8 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 38 เซนติเมตร



รูปที่ 4.40 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

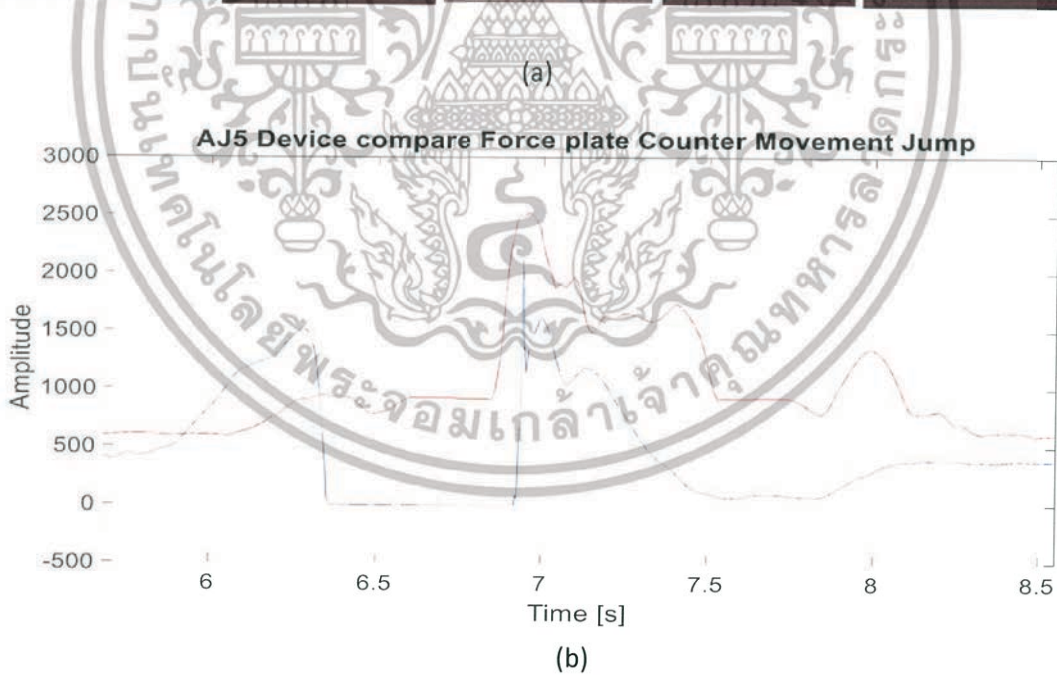
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 5 ดังรูปที่ 4.41 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.41 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

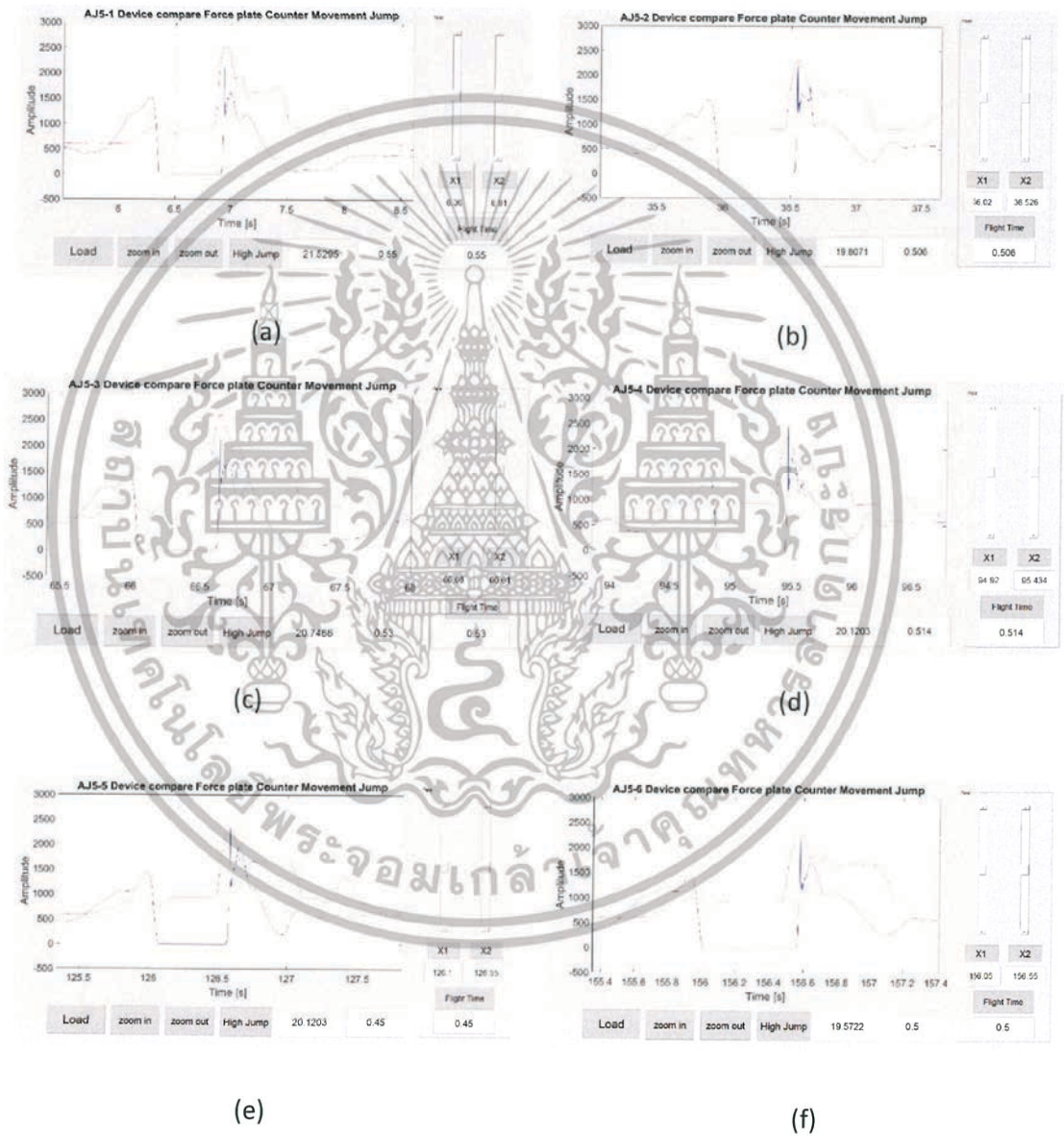
อาสาสมัครคนที่ 5 เพศ ชาย น้ำหนัก 59 กิโลกรัม ส่วนสูง 171 เซนติเมตร อายุ 18 ปี แสดงดังรูปที่ 4.42 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5



รูปที่ 4.42 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

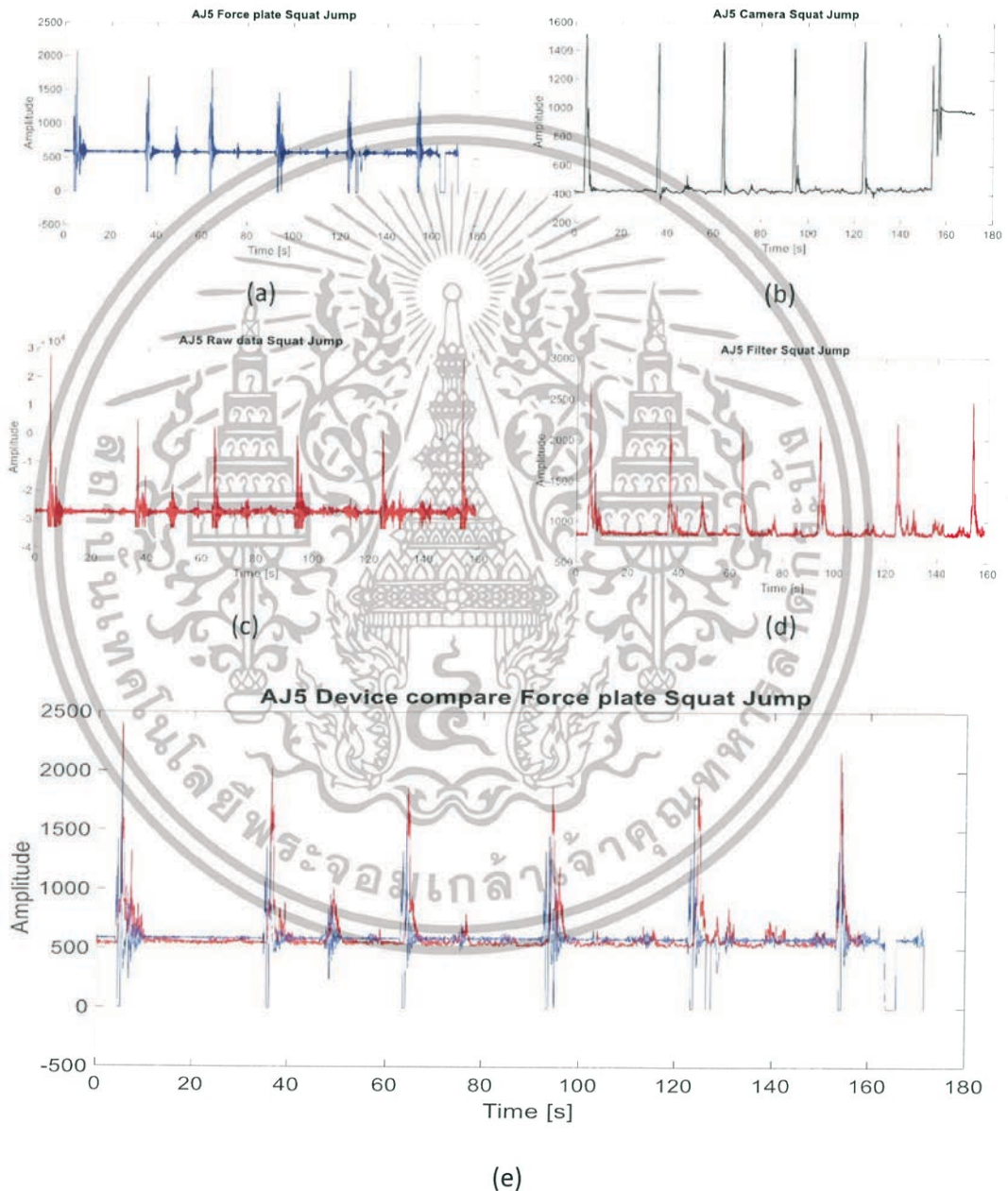
หน้าตาแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวดิ่งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้ง ของอาสาสมัครคนที่ 5 ดังรูปที่ 4.43 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 55 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 50.6 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 53 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 51.4 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 45 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 50 เซนติเมตร



รูปที่ 4.43 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

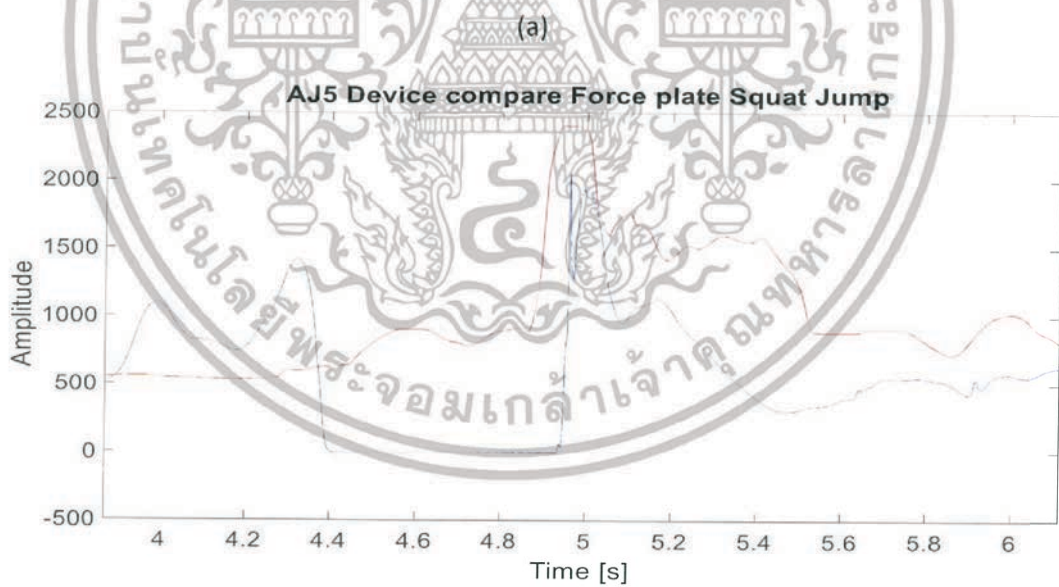
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 5 ดังรูปที่ 4.44 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.44 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 5 เพศ ชาย น้ำหนัก 59 กิโลกรัม ส่วนสูง 171 เซนติเมตร อายุ 18 ปี
 แสดงดังรูปที่ 4.45 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5
 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

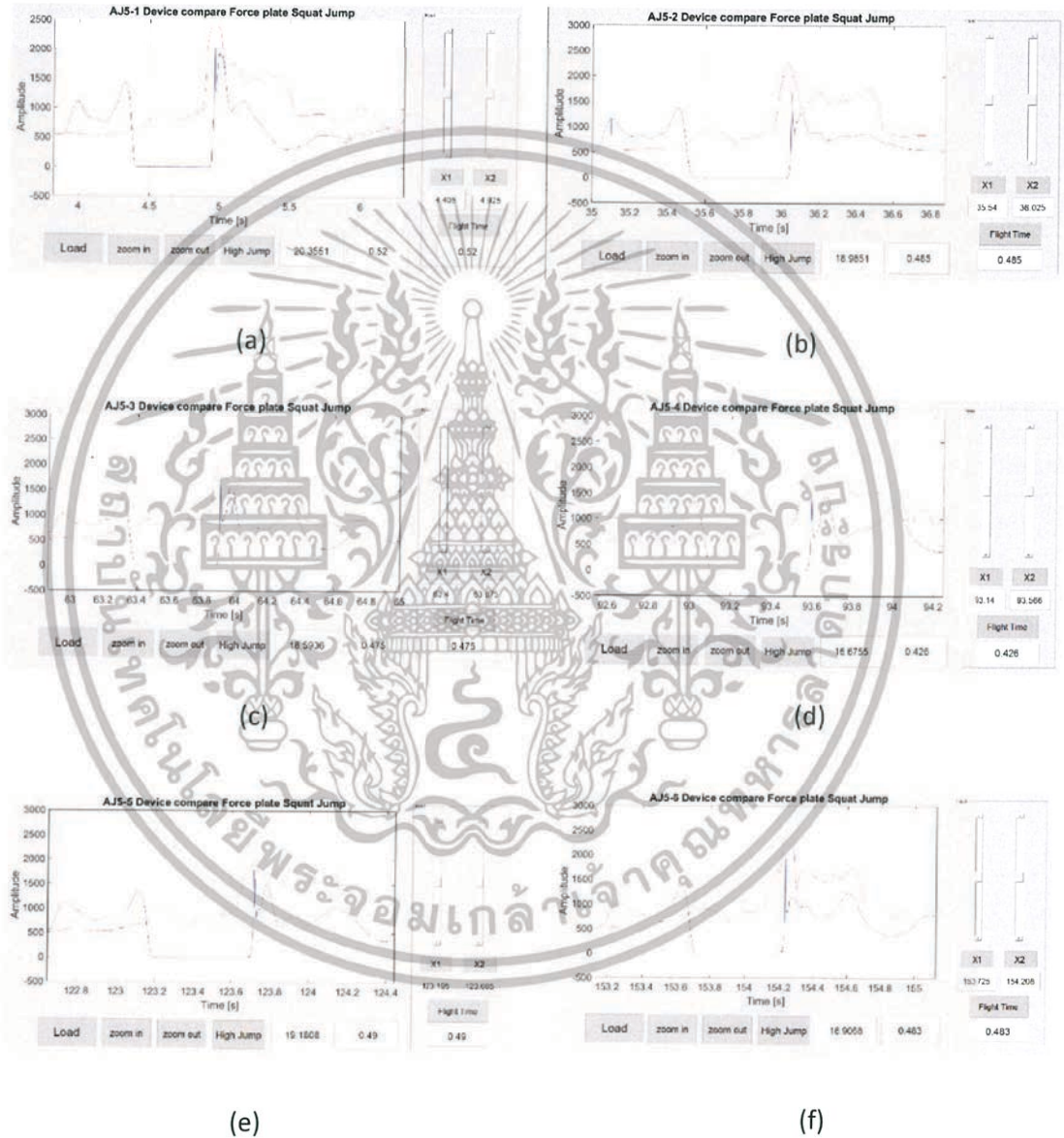


(b)

รูปที่ 4.45 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

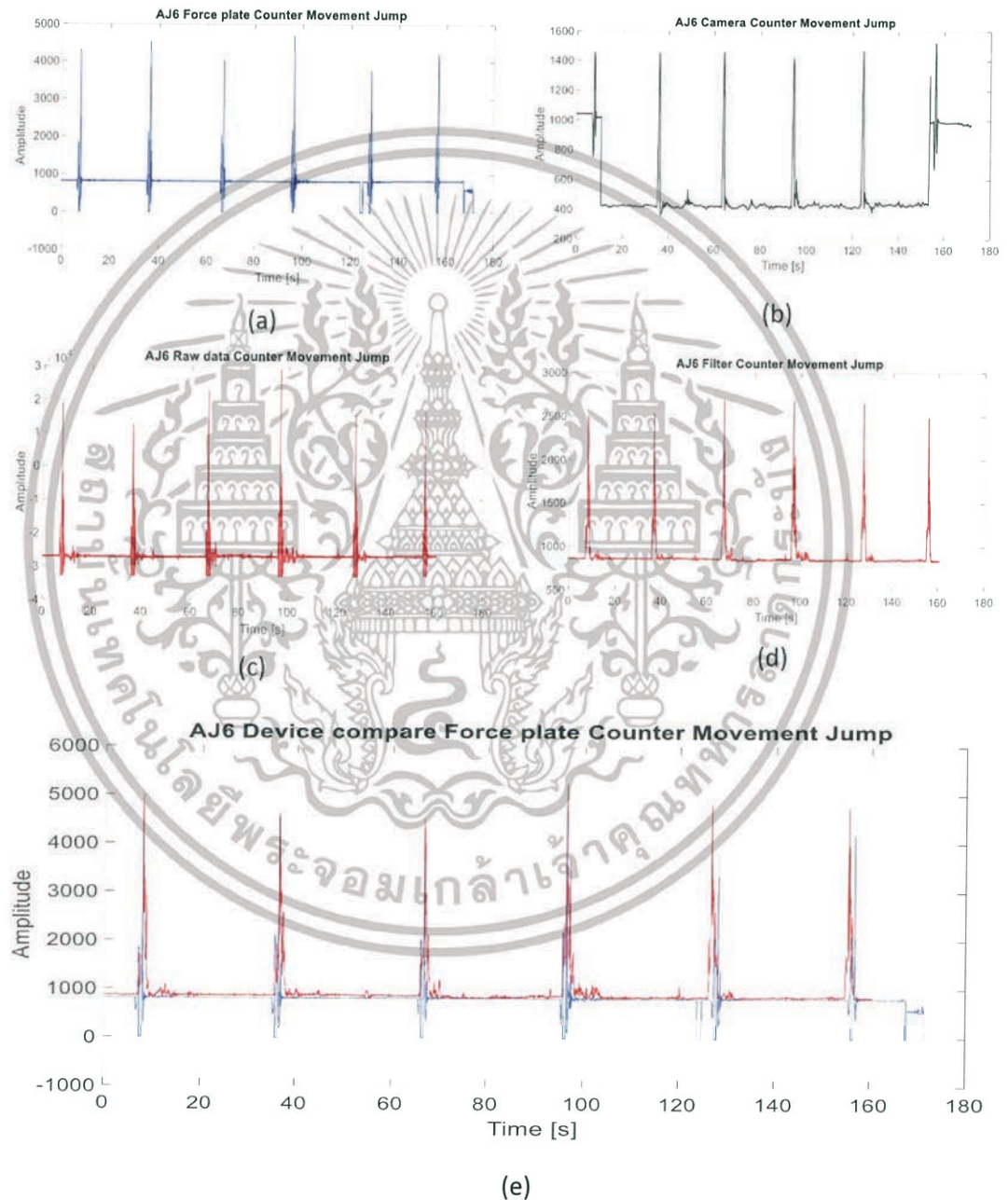
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 5 ดังรูปที่ 4.46 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 52 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 48.5 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 47.5 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 42.6 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 49 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 48.3 เซนติเมตร



รูปที่ 4.46 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

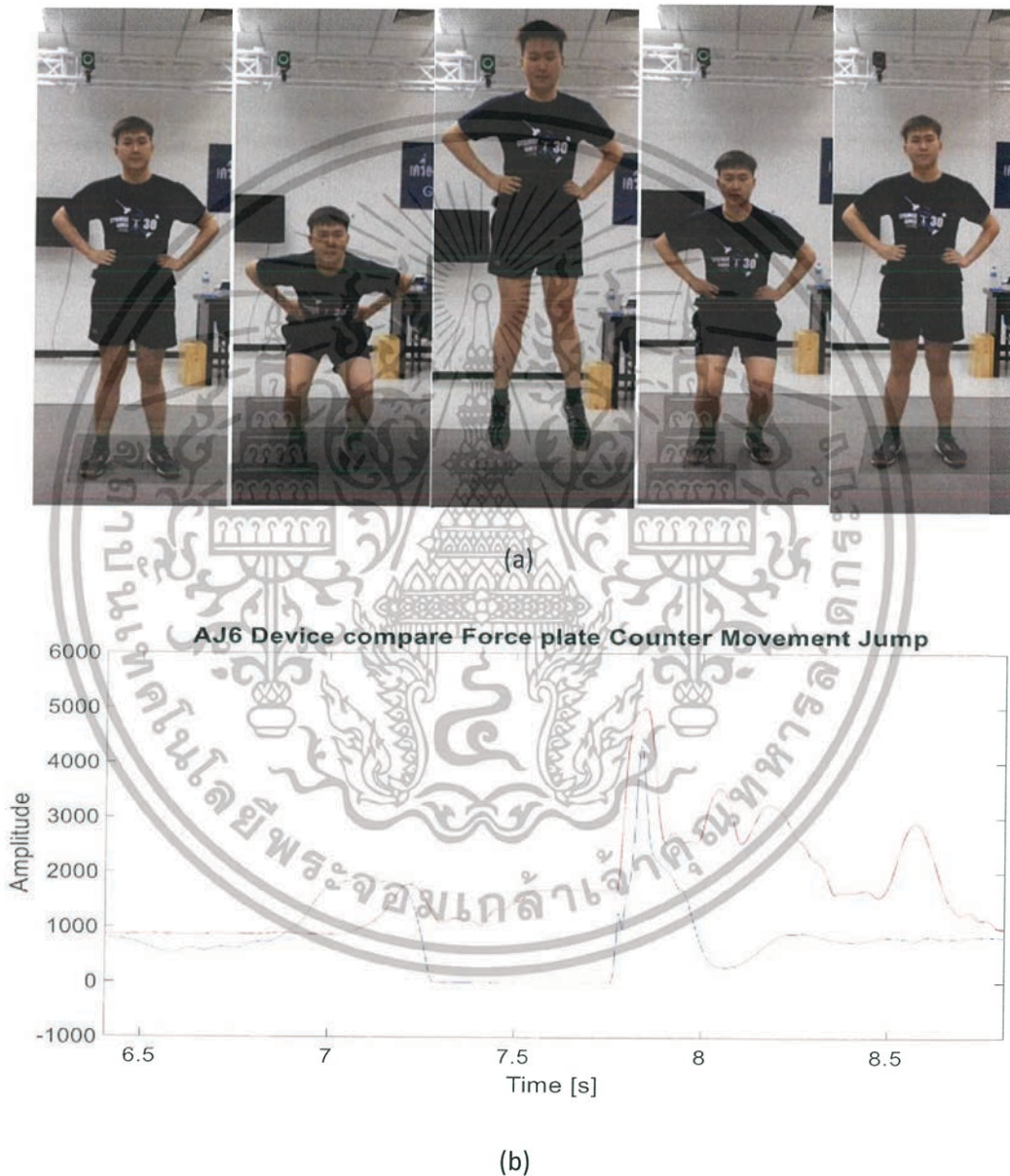
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 6 ดังรูปที่ 4.47 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.47 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

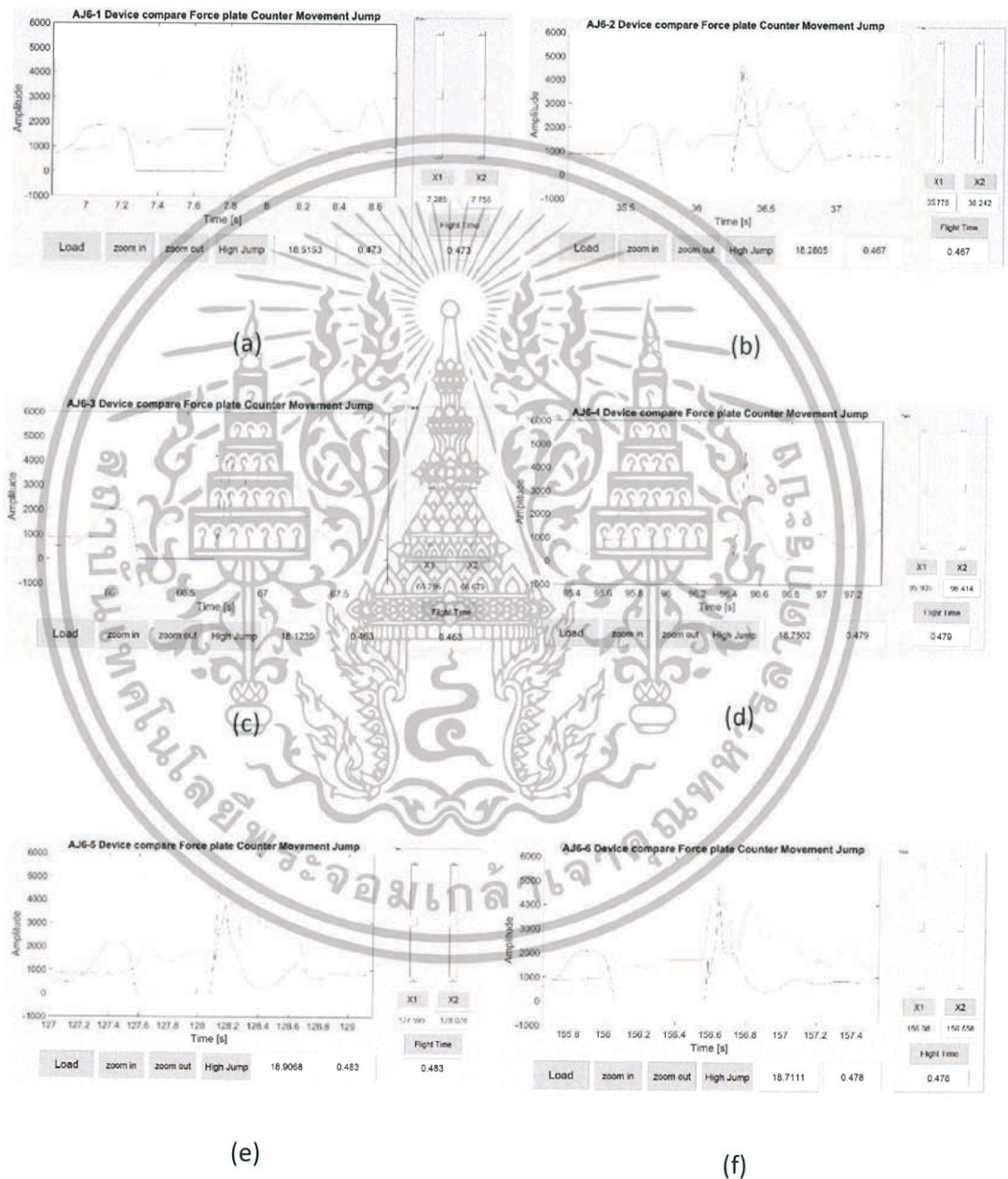
อาสาสมัครคนที่ 6 เพศ ชาย น้ำหนัก 83 กิโลกรัม ส่วนสูง 175 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.48 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6



รูปที่ 4.48 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

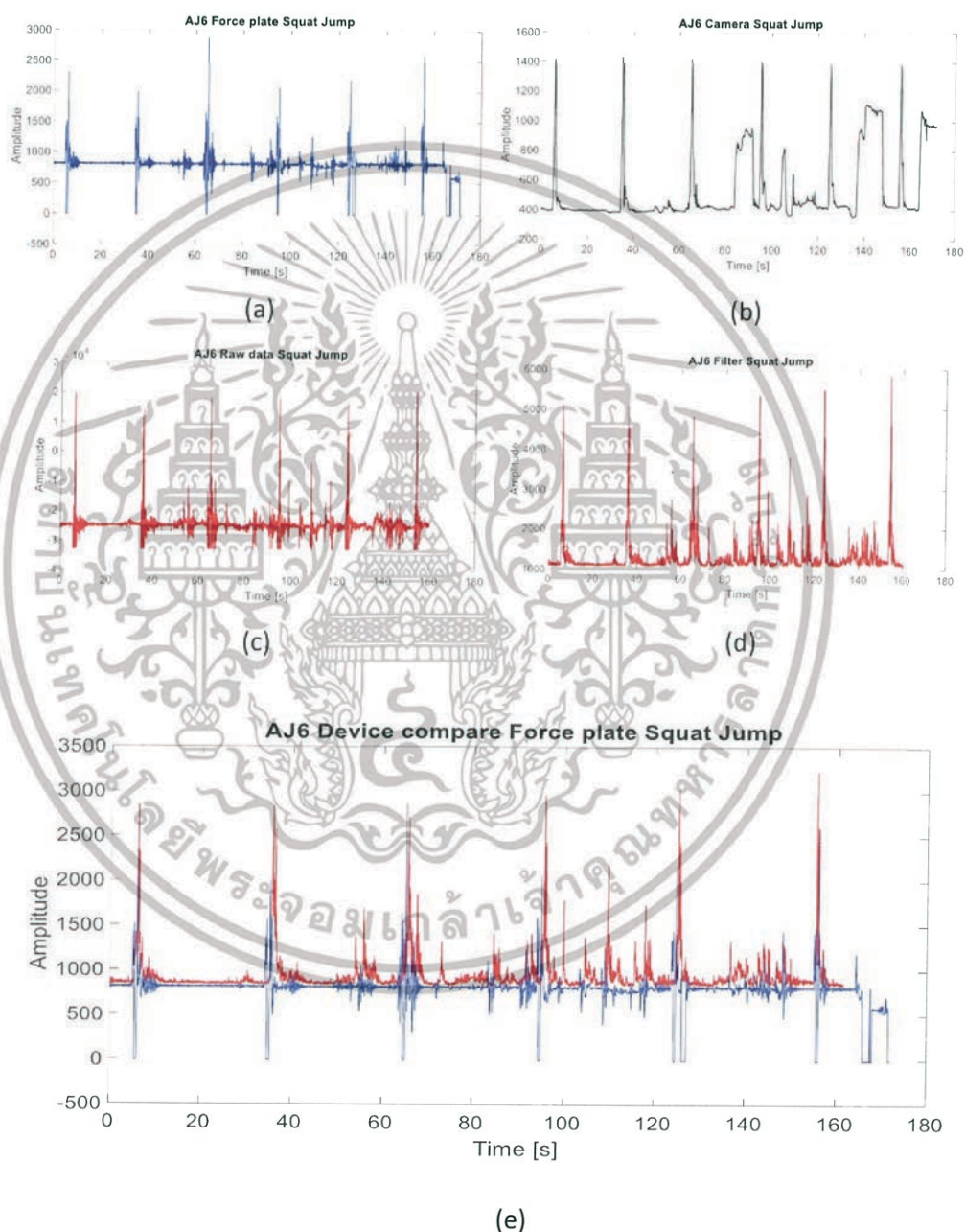
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้ง ของอาสาสมัครคนที่ 6 ดังรูปที่ 4.49 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 47.3 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 46.7 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 46.3 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 47.9 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 48.3 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 47.8 เซนติเมตร



รูปที่ 4.49 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

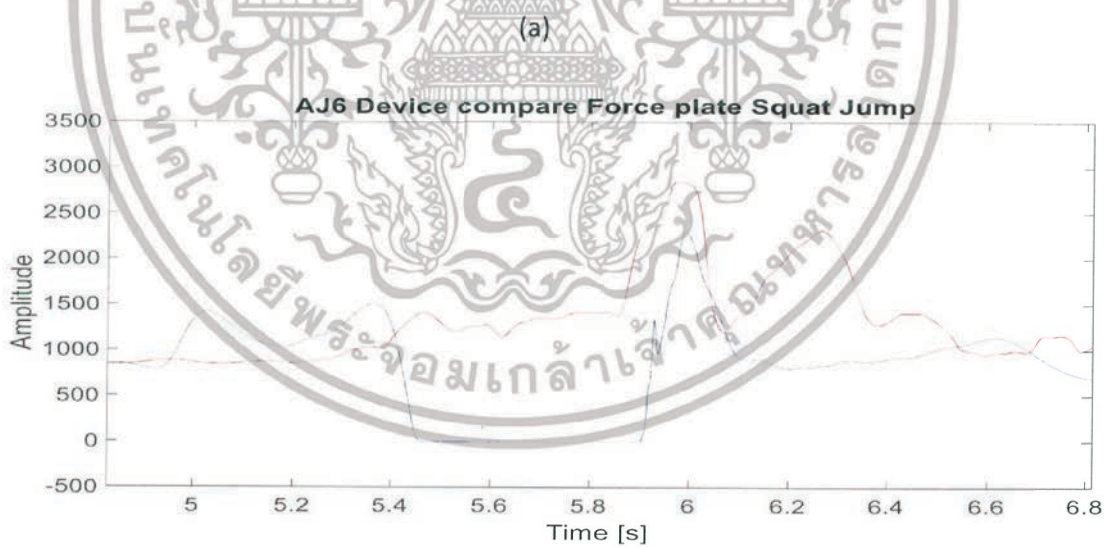
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 6 ดังรูปที่ 4.50 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.50 แสดงกราฟ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 6 เพศ ชาย น้ำหนัก 83 กิโลกรัม ส่วนสูง 175 เซนติเมตร อายุ 20 ปี แสดงดังรูปที่ 4.51 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

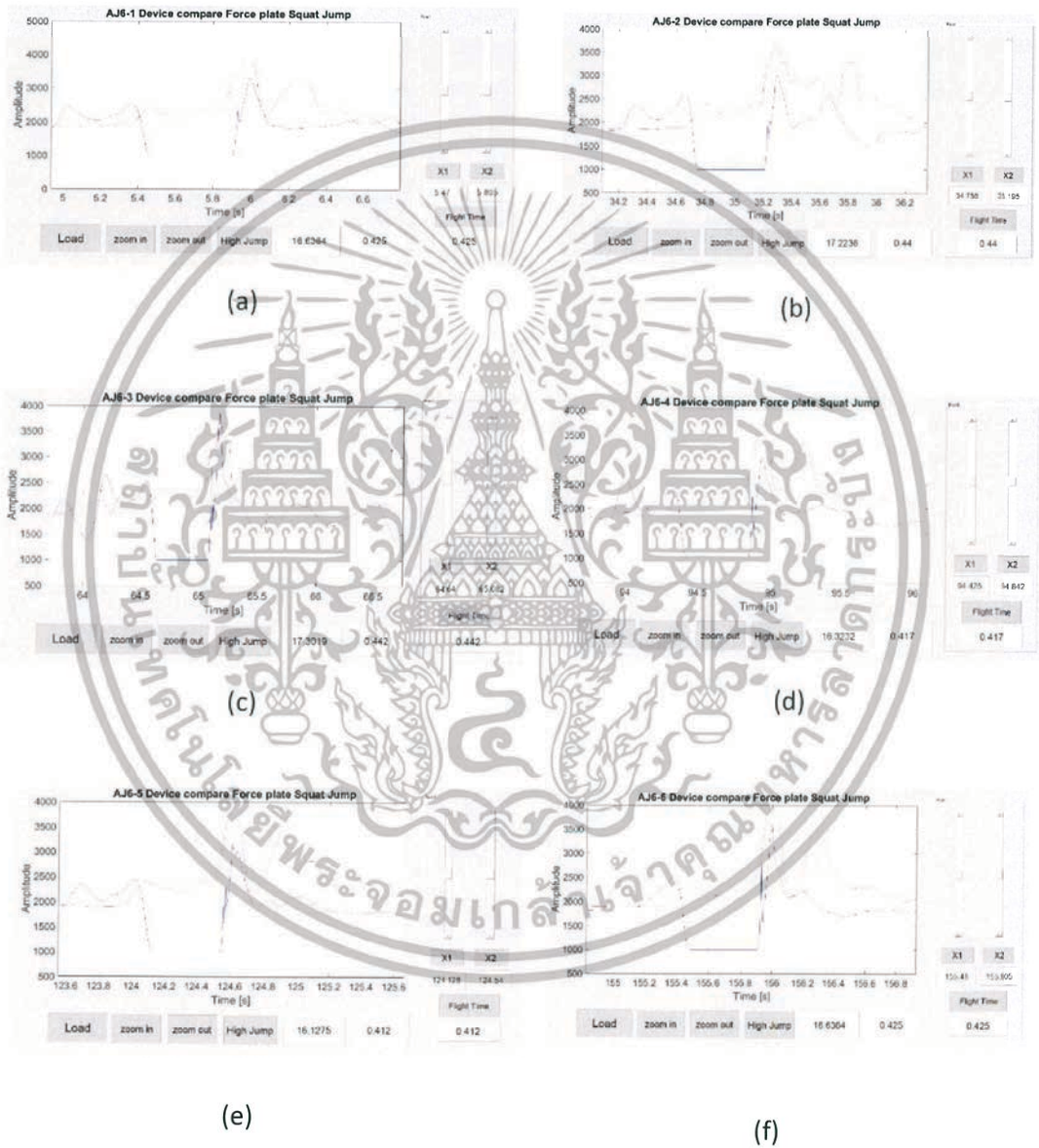


(b)

รูปที่ 4.51 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

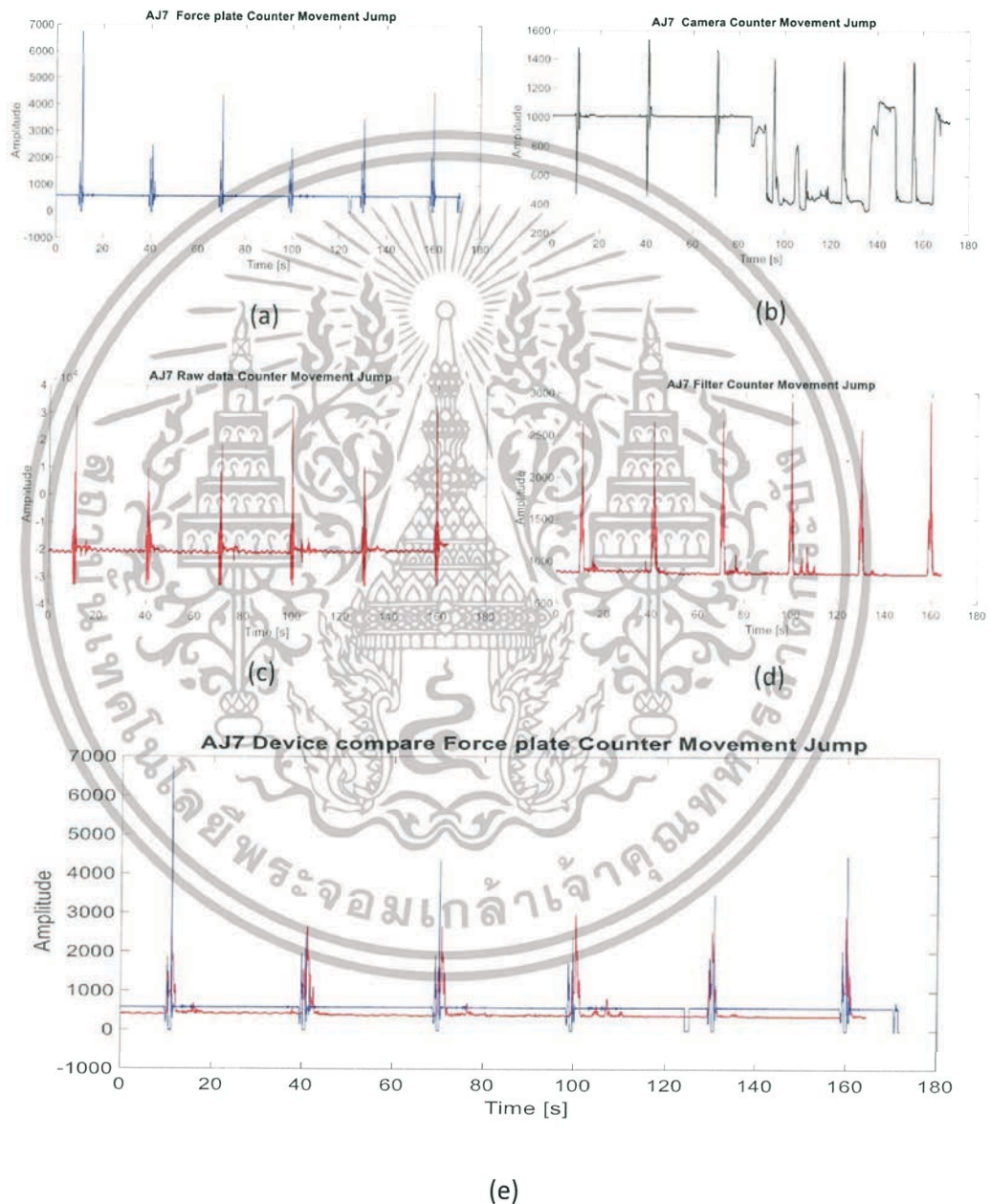
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 6 ดังรูปที่ 4.52 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 42.5 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 44 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 44.2 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 41.7 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 41.2 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 42.5 เซนติเมตร



รูปที่ 4.52 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 7 ดังรูปที่ 4.53 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.53 กราฟแสดง Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 7 เพศ ชาย น้ำหนัก 59 กิโลกรัม ส่วนสูง 176 เซนติเมตร อายุ 21 ปี แสดงดังรูปที่ 4.54 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

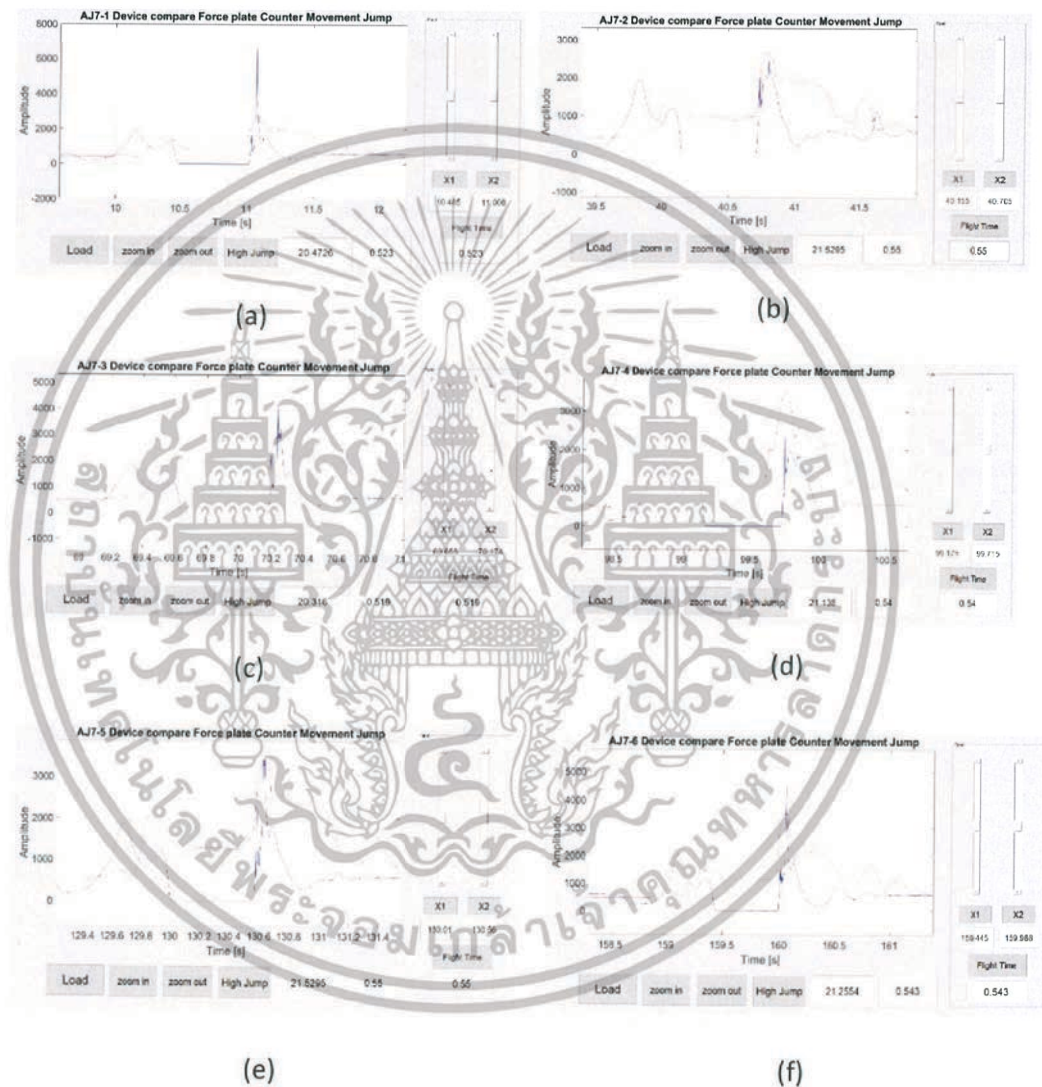


(b)

รูปที่ 4.54 แสดงกราฟและลักษณะ Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

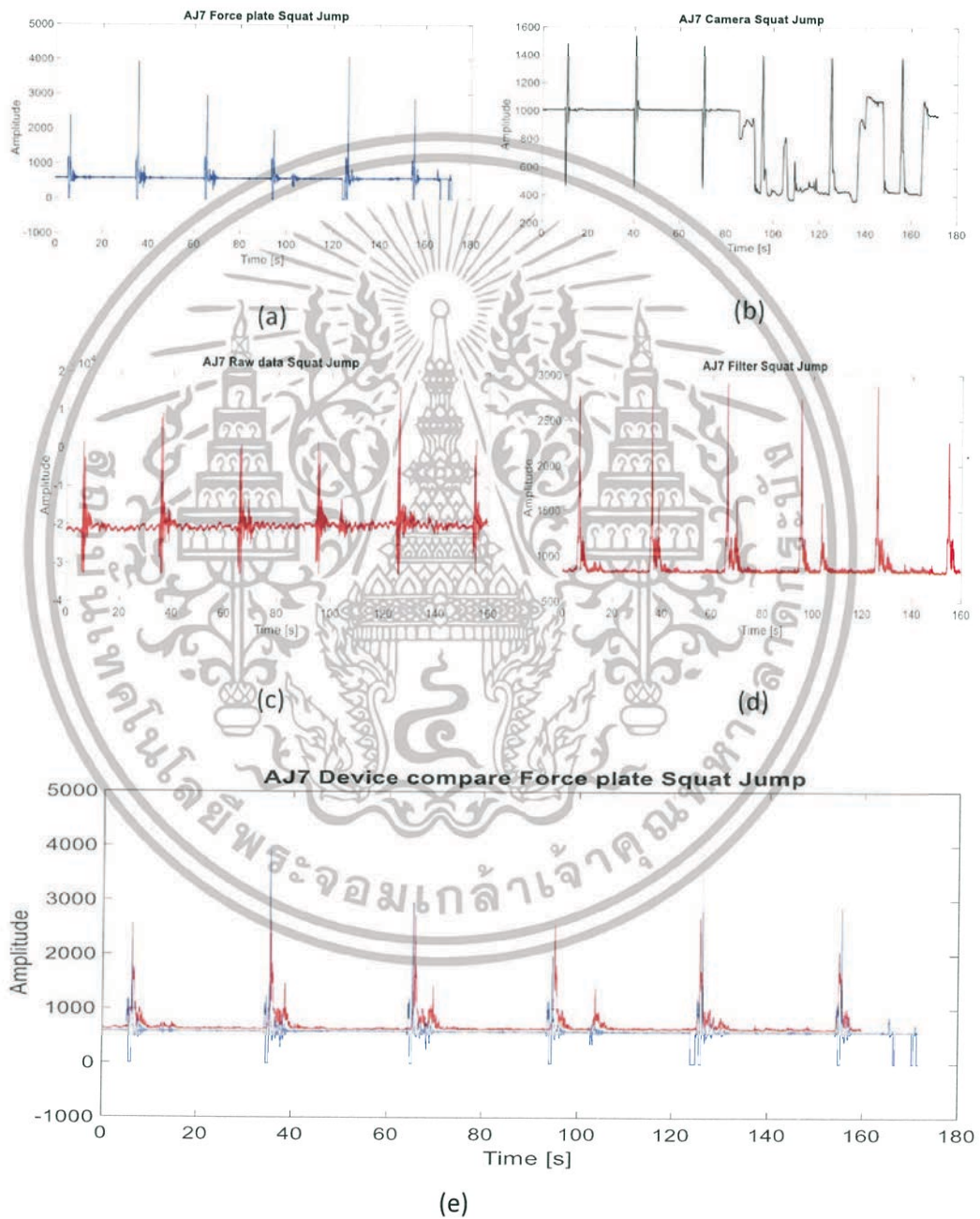
หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Counter Movement Jump ทั้งหมด 6 ครั้ง ของอาสาสมัครคนที่ 7 ดังรูปที่ 4.55 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 52.3 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 55 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 51.9 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 54 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 55 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 54.3 เซนติเมตร



รูปที่ 4.55 แสดงค่าความสูงการกระโดด Counter Movement Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

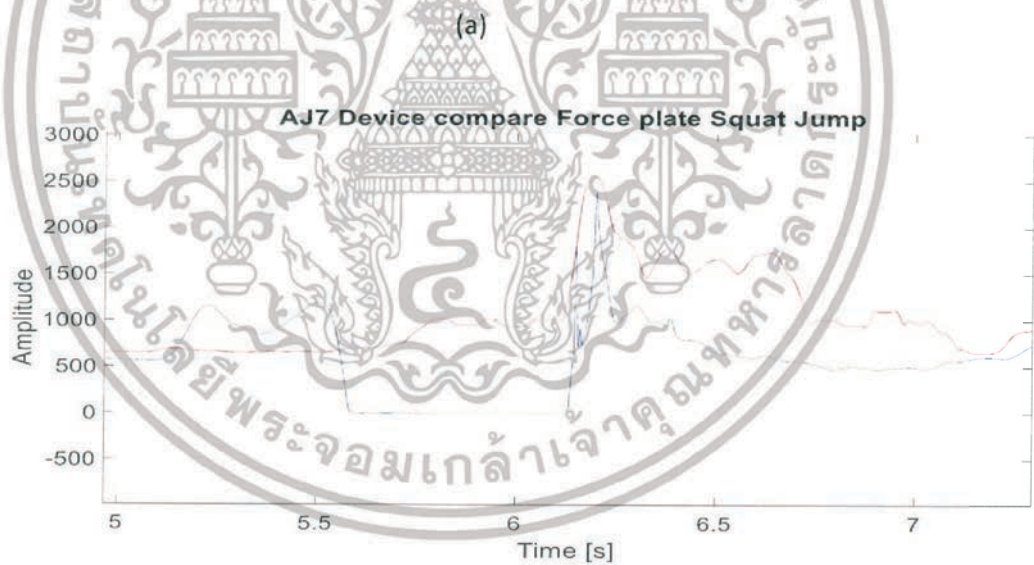
แสดงกราฟการกระโดดสูงของอาสาสมัครคนที่ 7 ดังรูปที่ 4.56 กราฟแสดง Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7 (a) แสดงกราฟแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด (b) แสดงกราฟความสูงที่กระโดดได้จากกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง (c) แสดงกราฟสัญญาณที่ไม่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (d) แสดงกราฟสัญญาณที่ผ่านการกรองจากอุปกรณ์ที่ทำขึ้น (e) แสดงกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดเทียบกับอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.56 แสดงกราฟ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาสาสมัครคนที่ 7 เพศ ชาย น้ำหนัก 59 กิโลกรัม ส่วนสูง 176 เซนติเมตร อายุ 21 ปี แสดงดังรูปที่ 4.57 (a) แสดงลักษณะการกระโดดแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7 (b) แสดงลักษณะกราฟการกระโดดแบบแบบ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

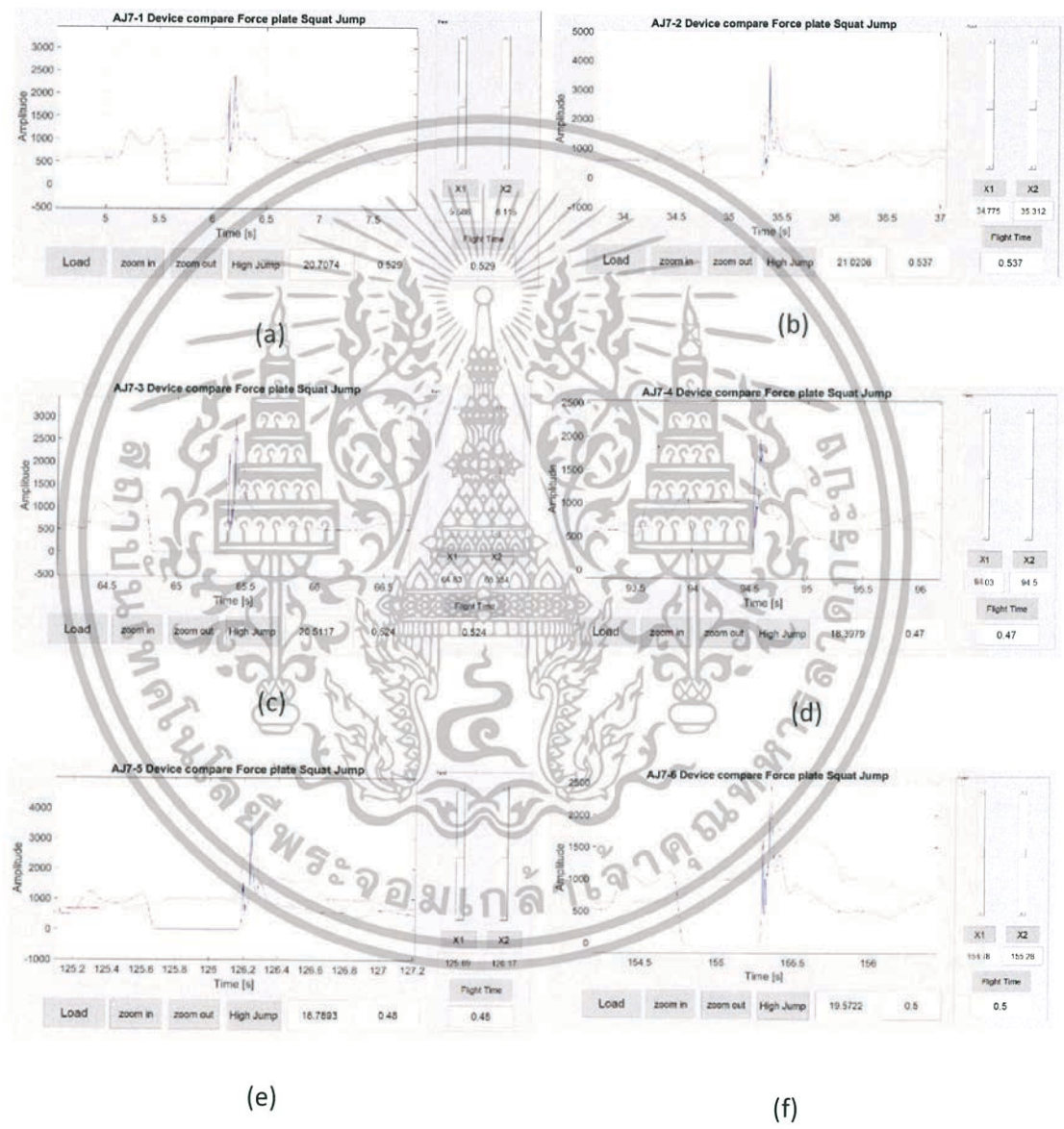


(b)

รูปที่ 4.57 แสดงกราฟและลักษณะ Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าต่างแสดงข้อมูลการกระโดดสูงในแนวตั้งแบบ Squat Jump ทั้งหมด 6 ครั้งของอาสาสมัครคนที่ 7 ดังรูปที่ 4.58 (a) แสดงความสูงครั้งที่ 1 ที่กระโดดได้ 52.9 เซนติเมตร (b) แสดงความสูงครั้งที่ 2 ที่กระโดดได้ 53.7 เซนติเมตร (c) แสดงความสูงครั้งที่ 3 ที่กระโดดได้ 52.4 เซนติเมตร (d) แสดงความสูงครั้งที่ 4 ที่กระโดดได้ 47 เซนติเมตร (e) แสดงความสูงครั้งที่ 5 ที่กระโดดได้ 48 เซนติเมตร (f) แสดงความสูงครั้งที่ 6 ที่กระโดดได้ 50 เซนติเมตร



รูปที่ 4.58 แสดงค่าความสูงการกระโดด Squat Jump ของอาสาสมัครคนที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

โครงการชิ้นนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งที่มีประสิทธิภาพและราคาถูก โดยใช้เซนเซอร์วัดความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุม นำมาวัดการกระโดดสูงในแนวตั้งเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานคือ แผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดด และกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาได้

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. จากการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งสามารถสรุปผลการทดลองได้เป็น 2 กรณีดังนี้

- 1) การทดสอบอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งที่วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นการเก็บข้อมูลเทียบกับแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดโดยจะหาความสูงของการกระโดดจากกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดของช่วงเวลาที่ลอยอยู่ในอากาศนำมาเทียบหาจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของช่วงเวลาดังกล่าวเทียบกับอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้ง โดยสามารถระบุได้ว่าช่วงเริ่มต้นและสิ้นสุดของกราฟเริ่มที่จุดไหนและสิ้นสุดที่จุดไหนความสูงที่คำนวณได้อาจคลาดเคลื่อนได้ตามการมาร์คตำแหน่งของการกระโดดเนื่องจากข้อมูลที่เก็บได้โดยเทียบจากเครื่องนั้นยังมีจำนวนไม่เพียงพอที่จะสามารถยืนยันตำแหน่งได้แน่นอน
- 2) การทดสอบอุปกรณ์ที่ศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์ ด้านการเดินและเคลื่อนไหว โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เป็นการเก็บข้อมูลเทียบกับแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดโดยจะหาความสูงของการกระโดดจากกราฟของแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดของช่วงเวลาที่ลอยอยู่ในอากาศนำมาเทียบหาจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดของช่วงเวลาดังกล่าวโดยสามารถเก็บข้อมูลจากอาสาสมัครได้มากขึ้นสามารถบอกตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดจากกราฟของช่วงเวลาที่ลอยอยู่ในอากาศได้แม่นยำขึ้นจากลักษณะของกราฟที่แสดงเปรียบเทียบกับกับแผ่นวัดแรงกดที่ฝ่าเท้าขณะกระโดดทำให้ได้ค่าความสูงจากกระโดดมีความใกล้เคียงกับอุปกรณ์ขึ้น

2. อุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งสามารถนำมาช่วยวิเคราะห์ลักษณะการกระโดดสูงของในแต่ละบุคคลได้ โดยที่ตัวอุปกรณ์มีขนาดพกพาได้ สามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่านบลูทูธไปยังคอมพิวเตอร์ได้และบันทึกเป็นไฟล์ .csv นำไปวิเคราะห์ผลในโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหาระหว่างการศึกษ

1.ในการเขียนโปรแกรม ผู้จัดทำยังไม่มี ความชำนาญในการเขียนโปรแกรมมากนักจึงทำให้ติดปัญหาในการเขียนโปรแกรมช่วงแรก ๆ แต่ก็ได้รับคำแนะนำดีจากเพื่อนในห้องแล็บ BMCL และBURN LAB จึงสามารถแก้ปัญหาไปได้

2.ส่วนของการวิเคราะห์ผลจากกราฟเนื่องจากข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลดิบจึงทำให้มีสัญญาณรบกวนและยากต่อการวิเคราะห์แต่ก็ได้รับคำแนะนำในการเลือกใช้ตัวกรองสัญญาณจากเพื่อนในห้องแล็บ BMCL และBURN LAB จึงสามารถวิเคราะห์ผลได้สะดวกขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะ

1.ในการทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์ค่าความสูงจากความเร่งเชิงเส้นของแกน Y เท่านั้นเพื่อเทียบหาความสูงกับอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานแผ่นวัดแรงกดที่ฝาเท้าขณะกระโดดและกล้องอินฟราเรดความเร็วสูง โดยในอนาคตถ้านำข้อมูลความเร่งเชิงเส้นและอัตราเร็วเชิงมุมของแกนอื่น ๆ มาวิเคราะห์จะทำให้สามารถได้ข้อมูลที่มีประโยชน์และนำไปต่อยอดในด้านวิทยาศาสตร์การกีฬาได้มากขึ้น

2.ในการทดลองนี้ยังมีจำนวนอาสาสมัครจำนวนน้อยเนื่องจากค่าของอุปกรณ์วัดการกระโดดสูงในแนวตั้งจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลจำนวนมากเพื่อให้ได้ความแม่นยำของการกระโดดสูงในแนวตั้งที่มีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Arago'n LF. 2000. Evaluation of four vertical jump tests: methodology, reliability, validity, and accuracy. *Measurement in Physical Education and Exercise Science* 4(4):215–228
- [2] Atkinson G, Nevill AM. 1998. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine* 26(4):217–238
- [3] Bosco, C. *Strength Assessment with the Bosco's Test*. Rome: Italian Society of Sport Science: 1999.
- [4] Gomes, MM, Pereira, G, Freitas, PB, and Barela, JA. Kinematic and kinetic characteristics of vertical jump: Comparison between soccer and basketball players. *Braz J Kinanthropom Hum Perform* 11: 392–399, 2009.
- [5] Harman, EA, Rosenstein, MT, Frykman, PN, Rosenstein, RM, and Kraemer, WJ. Estimation of human power from vertical jump. *J Appl Sport Sci Res* 5: 116–120, 1991.
- [6] Kibele, A. Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: A methodological study. *J Appl Biomech* 14: 105–117, 1998.
- [7] Kyriazis, TA, Terzis, G, Boudolos, K, and Georgiadis, G. Muscular power, neuromuscular activation, and performance in shot put athletes at pre-season and at competition period. *J Strength Cond Res* 23: 1773–1779, 2009.
- [8] Leard, JS, Cirillo, MA, Katsnelson, E, Kimiatek, DA, Miller, TW, Trebincevic, K, and Garbalosa, JC. Validity of two alternative systems for measuring vertical jump height. *J Strength Cond Res* 21: 1296–1299, 2007
- [9] Linthorne, NP. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Phys* 69: 1198–1204, 2001.
- [10] Markovic, GD, Dizdar, I, Jukic, M, and Cardinale, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res* 18: 551–555, 2004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBody

ID	Height 153cm	Date 27.3.2019	SP. MED CIUILA
Age 20	Gender Female	Time 12:36:28	

Body Composition

	Under	Normal	Over	UNIT%	Normal Range
Weight	54.7 kg				41.8 ~ 56.5
Muscle Mass Skeletal Muscle Mass	19.4 kg				18.4 ~ 22.5
Body Fat Mass	18.8 kg				9.8 ~ 15.7
TBW Total Body Water	26.3 kg (25.0 ~ 30.6)		FFM Fat Free Mass	35.9 kg (32.0 ~ 40.8)	
Protein	7.1 kg (6.7 ~ 8.2)		Mineral*	2.55 kg (2.32 ~ 2.83)	

Segmental Lean	Lean Mass Evaluation
1.7 kg Normal	1.7 kg Normal
Trunk 16.1 kg Normal	
5.4 kg Under	5.4 kg Under

Obesity Diagnosis

	Value	Normal Range	Nutritional Evaluation
BMI Body Mass Index (kg/m ²)	23.4	18.5 ~ 23.0	Protein <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient Mineral <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient Fat <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient <input checked="" type="checkbox"/> Excessive
PBF Percent Body Fat (%)	34.3	18.0 ~ 28.0	Weight Management Weight <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over SMM <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Strong Fat <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over
WHR Waist-Hip Ratio	0.81	0.70 ~ 0.80	Obesity Diagnosis BMI <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over <input type="checkbox"/> Extremely Over PBF <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over WHR <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over
BMR Basal Metabolic Rate (kcal)	1146	1189 ~ 1371	

Segmental Fat	PBF Fat Mass Evaluation
41.3%	41.8%
1.3 kg Normal	1.3 kg Normal
Trunk 34.5%	
9.2 kg Over	
34.2%	34.2%
3.0 kg Normal	3.0 kg Normal

Muscle-Fat Control

Muscle Control	+ 1.9 kg	Fat Control	- 7.5 kg	Fitness Score	71
----------------	----------	-------------	----------	---------------	----

Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL
20kHz	410.2	397.7	28.4	284.9	284.5
100kHz	371.5	364.0	25.0	253.6	252.7

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBody

ID _____ Height 159cm Date 27. 3. 2019 SP. MED CIJULA
 Age 20 Gender Female Time 12:38:41

Body Composition

	Under	Normal	Over	UNIT%	Normal Range
Weight	10.9 kg				45.1 ~ 61.1
Muscle Mass Skeletal Muscle Mass	17.5 kg				20.1 ~ 24.5
Body Fat Mass	7.5 kg				10.6 ~ 17.0
TBW Total Body Water	24.5 kg (27.0 ~ 33.1)		FFM Fat Free Mass	33.4 kg (34.5 ~ 44.1)	
Protein	6.5 kg (7.2 ~ 8.9)		Mineral*	2.44 kg (2.50 ~ 3.06)	

Segmental Lean	Lean Mass Evaluation
1.3kg Normal	1.3kg Normal
Trunk 14.1kg Under	
4.9kg Under	4.9kg Under

Obesity Diagnosis

	Normal Range
BMI Body Mass Index (kg/m ²)	16.2 / 18.5 ~ 23.0
PBF Percent Body Fat (%)	18.4 / 18.0 ~ 28.0
WHR Waist-Hip Ratio	0.76 / 0.70 ~ 0.80
BMR Basal Metabolic Rate (kcal)	1091 / 982 ~ 1118

Nutritional Evaluation	
Protein	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Deficient
Mineral	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Deficient
Fat	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Deficient <input type="checkbox"/> Excessive
Weight Management	
Weight	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
SMM	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Strong
Fat	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
Obesity Diagnosis	
BMI	<input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over <input type="checkbox"/> Extremely Over
PBF	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
WHR	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over

Segmental Fat	PBF Fat Mass Evaluation
27.1% 0.5kg Under	28.9% 0.6kg Under
Trunk 16.2% 2.9kg Under	
20.6% 1.4kg Under	20.6% 1.4kg Under

Muscle-Fat Control

Muscle Control 7.5 kg Fat Control 4.7 kg Fitness Score 68

Impedance	Z	RA	LA	TR	RL	LL
20kHz	500.4	479.0	27.0	311.4	311.6	
100kHz	162.1	1411.7	23.6	315.6	311.6	

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBody

ID A3
Age 21

Height 153cm
Gender Female

Date 27. 3. 2019
Time 13:52:25

SP. MED CIUOLA

Body Composition

	Under	Normal	Over	Normal Range
Weight	40 55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205	42.3 kg		41.8 ~ 56.5
Muscle Mass Skeletal Muscle Mass	60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170	17.8 kg		18.4 ~ 22.5
Body Fat Mass	20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500 520 540 560 580 600 620 640 660 680 700 720 740 760 780 800 820 840 860 880 900 920 940 960 980 1000	8.6 kg		9.8 ~ 15.7
TBW Total Body Water	24.7 kg (25.0 ~ 30.6)		FFM Fat Free Mass	33.7 kg (32.0 ~ 40.8)
Protein	6.5 kg (6.7 ~ 8.2)		Mineral*	2.46 kg (2.32 ~ 2.83)

*Mineral is estimated.

Obesity Diagnosis

	Value	Normal Range	Nutritional Evaluation
BMI Body Mass Index (kg/m ²)	18.1	18.5 ~ 23.0	Protein <input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Deficient
PBF Percent Body Fat (%)	20.3	18.0 ~ 28.0	Mineral <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient
WHR Waist-Hip Ratio	0.73	0.70 ~ 0.80	Fat <input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Deficient <input type="checkbox"/> Excessive
BMR Basal Metabolic Rate (kcal)	1098	1003 ~ 1144	Weight <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
			SMM <input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Strong
			Fat <input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
			Obesity Diagnosis
			BMI <input type="checkbox"/> Normal <input checked="" type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
			<input type="checkbox"/> Extremely Over
			PBF <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over
			WHR <input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Over

Muscle-Fat Control

Muscle Control	+ 4.2 kg	Fat Control	+ 2.7 kg	Fitness Score	73
----------------	----------	-------------	----------	---------------	----

Segmental Lean	Lean Mass Evaluation
1.3kg Normal	1.2kg Normal
Trunk 13.4kg Under	
5.0kg Under	5.0kg Under

Segmental Fat	PBF Fat Mass Evaluation
30.9%	31.6%
0.6kg Under	0.6kg Under
Trunk 19.3%	
3.4kg Under	
23.0%	23.1%
1.6kg Under	1.6kg Under

* Segmental Fat is estimated.

Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL
20kHz	444.5	434.9	25.8	271.8	271.6
100kHz	410.1	402.5	22.9	246.5	247.8

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBody

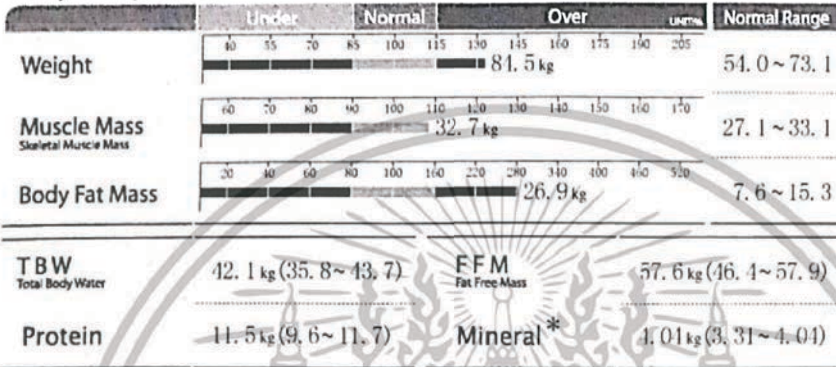
ID A1
Age 20

Height 170cm
Gender Male

Date 27. 3. 2019
Time 14:48:55

SP. MED CHULA

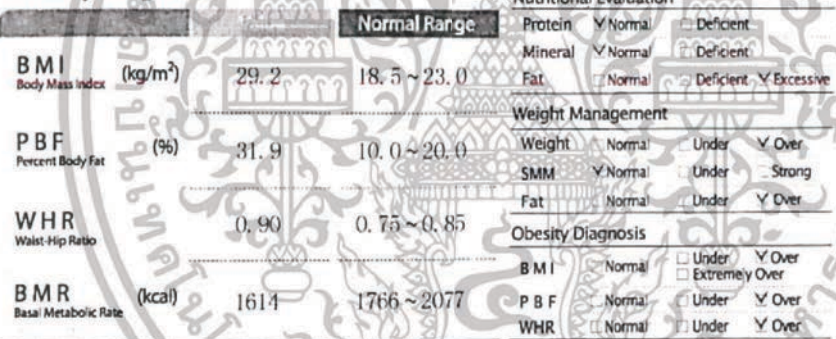
Body Composition



Segmental Lean

Segment	Lean Mass	Lean Mass Evaluation
Left	3.3kg	3.2kg Normal
Trunk	26.2kg	Normal
Right	9.0kg	8.9kg Normal

Obesity Diagnosis



Segmental Fat

Segment	Segmental Fat	PBF Fat Mass Evaluation
Left	1.8kg	1.8kg Over
Trunk	34.0%	34.8% Over
Right	14.3kg	14.3kg Over

* Segmental Fat is estimated.

Muscle-Fat Control

Muscle Control 0.0 kg Fat Control 16.8 kg Fitness Score 67

Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL
20Hz	314.0	331.4	23.6	265.7	262.6
100Hz	299.8	291.8	19.5	229.8	227.1

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InBody

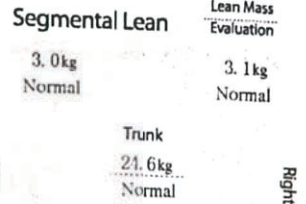
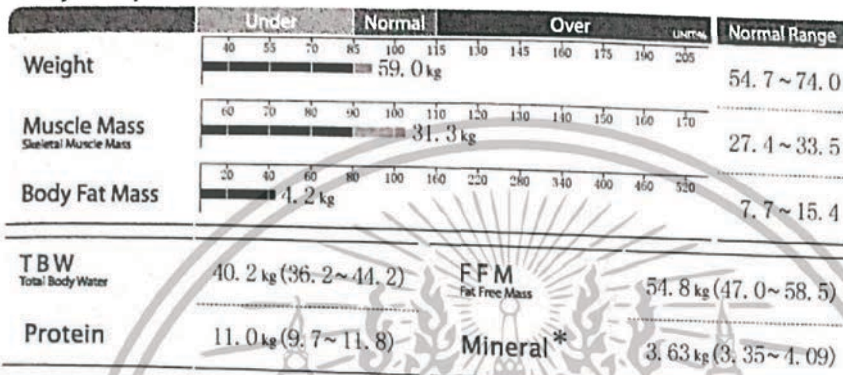
ID A5
Age 18

Height 171cm
Gender Male

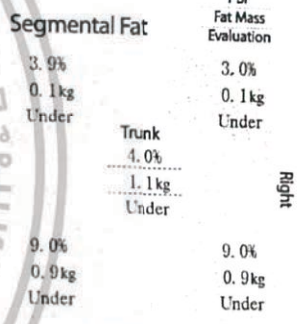
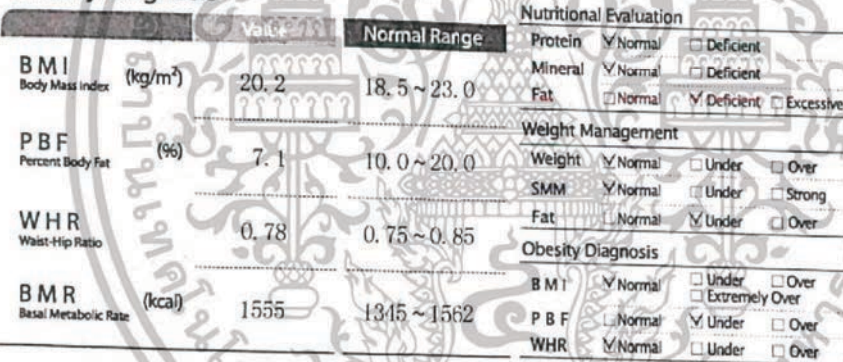
Date 27. 3. 2019
Time 15:24:35

SP. MED CIULA

Body Composition



Obesity Diagnosis



Muscle-Fat Control



Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL
20kHz	313.0	329.5	25.4	272.4	263.1
100kHz	272.4	291.0	21.2	231.0	223.2

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

InBody

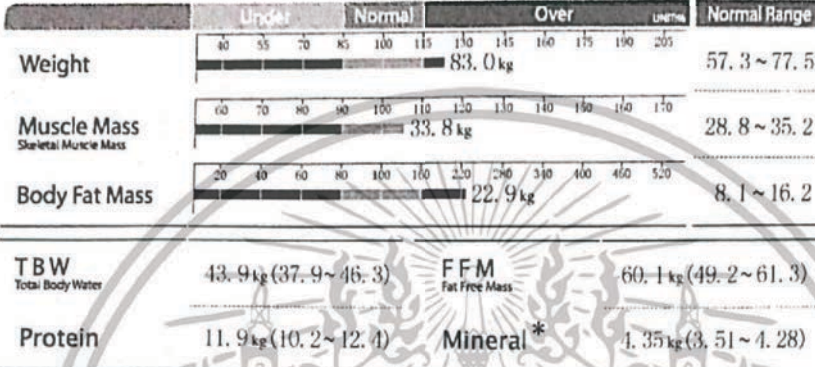
ID A7
Age 20

Height 175cm
Gender Male

Date 27. 3. 2019
Time 15:29:23

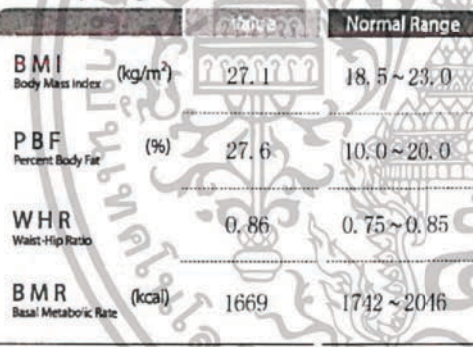
SP. MED CIJULA

Body Composition



Segmental Lean	Lean Mass Evaluation
3.1kg Normal	3.0kg Normal
Trunk 24.9kg Normal	
9.7kg Normal	9.8kg Normal

Obesity Diagnosis



Nutritional Evaluation	
Protein	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient
Mineral	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient
Fat	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Deficient <input checked="" type="checkbox"/> Excessive
Weight Management	
Weight	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over
SMM	<input checked="" type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input type="checkbox"/> Strong
Fat	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over
Obesity Diagnosis	
BMI	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over <input type="checkbox"/> Extremely Over
PBF	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over
WHR	<input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Under <input checked="" type="checkbox"/> Over

Segmental Fat	PBF Fat Mass Evaluation
32.0%	31.7%
1.5kg Over	1.5kg Over
Trunk 30.3%	
11.5kg Over	
25.6%	25.7%
3.5kg Over	3.6kg Over

* Segmental Fat is estimated.

Muscle-Fat Control

Muscle Control 0.0kg Fat Control -12.3kg Fitness Score 71

Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL
20Hz	326.8	325.0	22.8	218.7	219.1
100Hz	295.5	296.7	19.3	192.4	193.5

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

InBody

ID A6
Age 21

Height 176cm
Gender Male

Date 27.3.2019
Time 15:27:18

SP. MED. CHULA

Body Composition

	Under	Normal	Over	UNIT	Normal Range
Weight	40 55 70 85 100 115 130 145 160 175 190 205	59.0 kg			57.9 ~ 78.4
Muscle Mass <small>Skeletal Muscle Mass</small>	60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170	31.1 kg			29.2 ~ 35.7
Body Fat Mass	20 40 60 80 100 120 140 160 180 200 220 240 260 280 300 320 340 360 380 400 420 440 460 480 500	3.8 kg			8.2 ~ 16.4
TBW <small>Total Body Water</small>	40.6 kg (38.3 ~ 46.8)		FFM <small>Fat Free Mass</small>	55.2 kg (49.7 ~ 62.0)	
Protein	10.9 kg (10.3 ~ 12.6)		Mineral*	3.70 kg (3.55 ~ 4.33)	

Segmental Lean
2.8kg
Normal
Lean Mass Evaluation
2.9kg
Normal

Left
Trunk
23.3kg
Normal
Right

9.6kg
Normal
9.6kg
Normal

Obesity Diagnosis

	Value	Normal Range
BMI <small>Body Mass Index (kg/m²)</small>	19.0	18.5 ~ 23.0
PBF <small>Percent Body Fat (%)</small>	6.5	10.0 ~ 20.0
WHR <small>Waist-Hip Ratio</small>	0.76	0.75 ~ 0.85
BMR <small>Basal Metabolic Rate (kcal)</small>	1562	1345 ~ 1562

Nutritional Evaluation			
Protein	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Deficient	
Mineral	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Deficient	
Fat	<input type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Deficient	<input type="checkbox"/> Excessive
Weight Management			
Weight	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Under	<input type="checkbox"/> Over
SMM	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Under	<input type="checkbox"/> Strong
Fat	<input type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Under	<input type="checkbox"/> Over
Obesity Diagnosis			
BMI	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Under	<input type="checkbox"/> Over
		<input type="checkbox"/> Extremely Over	
PBF	<input type="checkbox"/> Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Under	<input type="checkbox"/> Over
WHR	<input checked="" type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Under	<input type="checkbox"/> Over

Segmental Fat
5.6%
0.2kg
Under
PBF Fat Mass Evaluation
3.8%
0.1kg
Under

Left
Trunk
3.8%
1.0kg
Under
Right

7.8%
0.9kg
Under
7.8%
0.9kg
Under

* Segmental Fat is estimated.

Muscle-Fat Control

Muscle Control	+ 2.7kg	Fat Control	+ 6.4kg	Fitness Score	71
----------------	---------	-------------	---------	---------------	----

Impedance	Z	RA	LA	TR	RL	LL
20kHz		325.9	343.1	23.9	235.4	233.5
100kHz		288.1	307.4	20.5	208.2	205.4

* Use your results as reference when consulting with your physician or fitness trainer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้