

รายละเอียดและคุณลักษณะเฉพาะชุดวัดการเคลื่อนไหวแบบสามมิติ  
สำหรับงานชีวกลศาสตร์การกีฬา  
ตำบลองครักษ์ อำเภองครักษ์ จังหวัดนครนายก จำนวน 1 ชุด

**คุณลักษณะทั่วไป**

ชุดวัดการเคลื่อนไหวแบบสามมิติสำหรับงานชีวกลศาสตร์การกีฬา เป็นอุปกรณ์วัดและวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของมนุษย์ Human Locomotion โดยใช้การสะท้อนของลำแสงจากมาร์คเกอร์ เพื่อสร้างรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบสามมิติ ร่วมกับการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ชนิดอนาล็อก ในการวัดแรงทางกลศาสตร์ Kinematics พร้อมโปรแกรมวิเคราะห์ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

1. กล้องวิดีโอความเร็วสูง จำนวน 12 ตัว
2. กล้องวิดีโอความเร็วสูงสำหรับการทำงานใต้น้ำ จำนวน 4 ตัว
3. แท่นวัดแรง Force Plate พร้อมอุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณ จำนวน 2 ชุด
4. อุปกรณ์ปรับค่าสัญญาณ Signal Conditioner จำนวน 2 ชุด
5. อุปกรณ์สำหรับการแคลิเบรชัน จำนวน 1 ชุด
6. ชุดวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จำนวน 1 ชุด
7. อุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล จำนวน 1 ชุด
8. คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลพร้อมซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์ จำนวน 2 ชุด
9. โปรแกรมวิเคราะห์การเคลื่อนไหวแบบสองมิติ จำนวน 1 สัญญาอนุญาต ระยะเวลา 2 ปี และกล้องวิดีโอแบบพกพา จำนวน 2 ชุด
10. มาร์คเกอร์ชนิด Passive Retroreflective Marker
11. ขาตั้งกล้อง Tripods สำหรับติดตั้งกล้องวิดีโอความเร็วสูง จำนวน 16 ตัว
12. ชุดโต๊ะเก้าอี้ สำหรับวางอุปกรณ์ จำนวน 2 ชุด

**รายละเอียดและคุณลักษณะเฉพาะ**

**1. กล้องวิดีโอความเร็วสูง จำนวน 12 ตัว**

1. เป็นกล้องวิดีโอสำหรับการวัดและวิเคราะห์การเคลื่อนไหว มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 2.2 เมกะพิกเซล (2048 x 1099 พิกเซล) หรือดีกว่า
2. ตัวกล้องมีขนาดไม่เกิน 130 x 110 x 150 มิลลิเมตร
3. รองรับการใช้งานที่จำนวนเฟรมสูงสุดไม่น้อยกว่า 380 เฮิร์ตซ์ ที่ความละเอียดสูงสุด 2.2 เมกะพิกเซล หรือดีกว่า
4. มีค่า FOV: Field of View ไม่น้อยกว่า 69 x 40 องศา

5. มีเลนส์ที่สามารถปรับตั้งค่ารับแสงและโฟกัสได้
6. มี LED ที่สามารถกำเนิดแสงในความยาวคลื่นแบบอินฟราเรด ความยาวไม่น้อยกว่า 850 นาโนเมตร จำนวนไม่น้อยกว่า 16 จุด ชนิด High Power หรือสูงกว่า
7. สามารถรองรับการปรับตั้งค่าอินฟราเรด ผ่านทางซอฟต์แวร์ควบคุม
8. มีค่าความล่าช้า Latency ไม่เกิน 2.4 มิลลิวินาที
9. มีความละเอียดในการวัดการเคลื่อนไหวแบบสามมิติได้ในระดับซับมิลลิเมตร ความละเอียดไม่เกิน +/- 0.15 มิลลิเมตร
10. รองรับการจ่ายกระแสไฟฟ้าด้วยระบบ Power on Ethernet หรือสูงกว่า เช่น COAXPERESS
11. มีพอร์ตสำหรับการส่งข้อมูลด้วยความเร็วระดับ Gigabit Ethernet เป็นอย่างน้อย
12. รองรับการทำงาน Active Marker
13. มีระยะทางระหว่างกล้องไปยังวัตถุ สูงสุด ไม่น้อยกว่า 20 เมตร
14. มีความเร็วชัตเตอร์ในการถ่ายภาพสูงสุดไม่น้อยกว่า 1/1000s
15. ความเร็วชัตเตอร์ต่ำสุดในการถ่ายภาพไม่น้อยกว่า 1/60s
16. สามารถอัปเดตเฟิร์มแวร์ให้กับตัวกล้อง ที่ติดตั้งบนเทคโนโลยี บนตัวกล้องสำหรับอุปกรณ์ Field Programmable gate array: FPGA)
17. สามารถรองรับการเพิ่มจำนวนกล้องที่ติดตั้งในภายหลังได้
18. ตัวกล้องผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO 9001
19. มีกระเป๋าหรือ กล่องกันกระแทกสำหรับใส่อุปกรณ์

## 2. กล้องวิดีโอความเร็วสูงสำหรับการทำงานใต้น้ำ จำนวน 4 ตัว

1. เป็นกล้องวิดีโอ สำหรับทำงานใต้น้ำรองรับการกันน้ำมาตรฐาน IP68 หรือเทียบเท่า
2. มีลำแสงชนิด LED เพื่อลดการกระเจิงของแสง
3. ผ่านการทดสอบแรงดันที่ 10 บาร์ที่ความลึก 100 เมตร มีการเคลือบสารป้องกันการผุกร่อน สามารถใช้งานได้ในสภาวะใต้น้ำ ที่มีส่วนผสมของคลอรีน
4. มีความละเอียดสูงสุดในการถ่ายภาพไม่น้อยกว่า 2048 x 2048 พิกเซล (4.1 MP)
5. รองรับการใช้งานที่จำนวนเฟรมเรทสูงสุดไม่น้อยกว่า 150 เฟรมต่อวินาที และสามารถใช้งานในโหมดของ Variable Frame Rate ได้

6. สามารถอัปเดตเฟิร์มแวร์ให้กับตัวกล้อง ที่ติดตั้งบนเทคโนโลยี บนตัวกล้องสำหรับอุปกรณ์ Field Programmable gate array: FPGA)
7. ตัวกล้องผ่านการรับรองมาตรฐาน ISO 9001
8. มีกระเป๋าหรือ กล่องกันกระแทกสำหรับใส่อุปกรณ์

### 3. แท่นวัดแรง Force Plate พร้อมอุปกรณ์ในการแปลงสัญญาณ จำนวน 2 ชุด

1. แท่นวัดแรงมีขนาดไม่น้อยกว่า 400x600x80 มิลลิเมตร
2. มีน้ำหนักไม่เกิน 20 กิโลกรัม
3. สามารถวัดแรงได้ในแนวแกนประกอบด้วย แรงในแนวแกน X,Y,Z และโมเมนต์ในแนวแกน X,Y,Z
4. วัสดุด้านบนของแท่นวัดแรงผลิตจาก Aluminum Composite
5. รองรับอุณหภูมิได้ระหว่าง -17 ถึง 51 องศาเซลเซียส
6. มีระบบการวัดแรงด้วยระบบ Strain Gauge
7. มีค่า Center of Pressure น้อยกว่า 0.2 มิลลิเมตร
8. มีค่าความแม่นยำในการวัดเมื่อมีการให้โหลดเข้ามากระทำที่ไม่เกิน +/- 0.1 เปอร์เซ็นต์
9. สามารถส่งสัญญาณออกในรูปแบบอนาล็อก และดิจิทัล ผ่าน usb
10. มีค่าความสามารถในการรับโหลดในการวัด Fx ไม่น้อยกว่า 2200 นิวตัน Fy 2200 นิวตัน และ Fz ไม่น้อยกว่า 4400 นิวตัน
11. มีความสามารถในการวัดโมเมนต์การเคลื่อนที่ของวัตถุ Mx ไม่น้อยกว่า 1300 นิวตันเมตร My ไม่น้อยกว่า 890 นิวตันเมตร Mz ไม่น้อยกว่า 660 นิวตันเมตร
12. มีค่า Sensitivity ในการวัด Fx ไม่เกิน 0.7 ไมโครโวลต์/โวลต์นิวตันเมตร Fy ไม่เกิน 0.7 ไมโครโวลต์/โวลต์นิวตันเมตร Fz ไม่เกิน 0.17 ไมโครโวลต์ / โวลต์นิวตันเมตร
13. มีค่า Sensitivity ในการวัด Mx ไม่เกิน 1.4 ไมโครโวลต์/โวลต์นิวตันเมตร My ไม่เกิน 1.8 ไมโครโวลต์/โวลต์นิวตันเมตร Mz ไม่เกิน 3.3 ไมโครโวลต์ / โวลต์นิวตันเมตร
14. มีค่าความถี่ธรรมชาติ Natural Frequency ไม่เกิน Fx 470 เฮิร์ตซ์ Fy ไม่เกิน 470 เฮิร์ตซ์ Fz ไม่เกิน 780 เฮิร์ตซ์

#### 4. อุปกรณ์ปรับค่าสัญญาณ Signal Conditioner จำนวน 2 ชุด

1. รองรับสัญญาณขาเข้าชนิด อนุาล็อก Six Four Arm Strain Gauge Bridge input
2. รองรับสัญญาณไฟฟ้ารับเข้าแบบอิสระได้ตั้งแต่ -2.5 , 5 หรือ 10 โวลต์ กระแสตรง
3. สามารถขยายสัญญาณได้ตั้งแต่ -500,1000,2000 และ 4000 ขึ้นอยู่กับความต้องการของอุปกรณ์
4. มีระบบการปรับค่าศูนย์ อัดโนมิติ Zero Offset ด้วยการกดปุ่ม
5. สัญญาณไฟฟ้าขาออก ไปยังอุปกรณ์อนุาล็อกไม่เกิน +/- 5 โวลต์
6. มีระบบการกรองสัญญาณชนิด 1000 Hz Low pass และ 3-Pole Butterworth หรือดีกว่า
7. สามารถส่งสัญญาณอนุาล็อก ไปยัง DAC ความละเอียดไม่น้อยกว่า 16 บิต
8. มีความละเอียดในการสุ่มข้อมูล Sample Rate ไม่น้อยกว่า 1200 Hz ต่อช่องสัญญาณ

ครุภัณฑ์รายการที่ 1 ถึง รายการที่ 8 สามารถติดตั้งใช้งานเชื่อมต่อรวมกันได้

9. รองรับระบบการซิงโครไนซ์สัญญาณ Genlock, External Trigger, Internal Clock หรือสูงกว่า
10. การเชื่อมต่อสัญญาณดิจิทัล ด้วยมาตรฐาน IEEE754 Floating point ความละเอียดไม่น้อยกว่า 32 บิต 14 ENOB
11. ผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการทดสอบ มาตรฐาน UL-IEC-EN6061 หรือเทียบเท่า

#### 5. อุปกรณ์สำหรับการแคลิเบรชัน จำนวน 1 ชุด

1. อุปกรณ์แคลิเบรชันชนิด L Square จำนวน 1 ชุด ขนาดไม่เกิน 600x400 มิลลิเมตร
2. อุปกรณ์แคลิเบรชันชนิด T-Wand จำนวน 1 ชุด ขนาดไม่เกิน 500 มิลลิเมตร
3. สามารถทำงานร่วมกับชุดกล้องวิดีโอความเร็วสูงได้
4. มีกระเป่าหรือ กล่องสำหรับใส่อุปกรณ์

#### 6. ชุดวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จำนวน 1 ชุด

เป็นเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบไร้สาย Wireless จำนวน ไม่น้อยกว่า 14 ช่องสัญญาณ และรองรับการใช้งาน การส่งสัญญาณจากแหล่งสัญญาณภายนอก Auxillary ได้ไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ พร้อมซอฟต์แวร์ประมวลผลรองรับการทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการวินโดวส์ และแท็บเล็ต ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์

#### รายละเอียดและคุณลักษณะเฉพาะ

1. ส่งสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Electromyography ด้วยระบบไร้สาย (Wireless) ได้ตั้งแต่ 8-14 ช่องสัญญาณ จากกล้ามเนื้อถึงอุปกรณ์รับสัญญาณที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (Work Station) และคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์
2. ความถี่ในการใช้งานระหว่าง 10 เฮิร์ตซ์ Hz ถึง 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่ความละเอียด 16 บิต
3. ตัววัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อมีแบตเตอรี่แบบลิเทียมโพลีเมอร์ Li-Polymer battery สามารถประจุไฟฟ้า หรือชาร์จไฟได้ ด้วยการชาร์จแบบไร้สาย Wireless Charger
4. อุปกรณ์รับสัญญาณ Receiving Unit เป็น แบบ USB Key สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ และตัวเครื่องยังสามารถส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์แบบแท็บเล็ต บนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ได้เช่นกัน
5. สามารถส่งสัญญาณแบบบลูทูธ 4.0 ระยะทางได้ 20-100 เมตร ในพื้นที่โล่งไม่มีสิ่งกีดขวางสัญญาณ
6. มีการแสดงผลกราฟสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบทันทีทันใด (Real-Time)
7. เป็นอุปกรณ์มาตรฐานคลาส II BF
8. มีกำลังขยายสัญญาณขนาด 120 V/V
9. มีค่า common-mode rejection ratio (CMRR) > 100 dB
10. มีค่าความละเอียดในการอ่านข้อมูลได้สูงสุด 2048 เฮิร์ตซ์
11. รองรับสัญญาณ Auxiliary ได้จำนวน 2 ช่องสัญญาณ
12. โพลบวัดสัญญาณ EMG โพลบละ 2 ช่องสัญญาณ จำนวน 7 โพลบ
13. มีโพลบ สำหรับการรองรับสัญญาณ Auxiliary แบบไร้สาย จำนวน 1 โพลบ ในการซิงโครไนซ์กับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น อุปกรณ์วิเคราะห์การเคลื่อนไหว หรือ เครื่องทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ Isokinetic
14. แบตเตอรี่เมื่อประจุไฟเต็ม สามารถใช้งานได้ไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง

#### โปรแกรมการวิเคราะห์ทาง EMG

1. สามารถเก็บบันทึกผลข้อมูลได้ และมีการแสดงผล เช่น การกำหนดค่า Threshold การทำรูปแบบการวิเคราะห์อาการล้า (Fatigue analysis) ด้วยเทคนิค Assessment of average muscle fiber conduction velocity สามารถคำนวณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ด้วยฟังก์ชันดังต่อไปนี้

- 1.1 การคำนวณความเร็วของสัญญาณ EMG : CV Estimation
- 1.2 การวิเคราะห์ขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณ Amplitude
- 1.3 การประมาณค่า Data Approximation
- 1.4 การปรับค่าความเที่ยงตรง Calibration
- 1.5 การวิเคราะห์ รหัส Code Function
- 1.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง Differential
- 1.7 การสร้าง Envelope ของสัญญาณ
- 1.8 การวิเคราะห์สัญญาณรบกวน แบบ Spectrum ด้วยฟังก์ชัน Fast Fourier Transformation Ref. <http://sourceforge.net/projects/kissfft>.
- 1.9 การสร้างการกรองสัญญาณ Filtering สามารถเซตค่า Threshold ของช่วงสัญญาณที่ต้องการ
  - 1.10 สามารถวิเคราะห์ความถี่ของสัญญาณ Frequency Analysis
  - 1.11 สามารถวิเคราะห์ความหนาแน่นของสเปกตรัม PSD
  - 1.12 สามารถรวมสัญญาณเข้าด้วยกันได้มากกว่า สองช่องสัญญาณ
  - 1.13 สามารถคำนวณหาผลรวมของสัญญาณจากหลายๆช่องสัญญาณ SUM
  - 1.14 สามารถสร้างค่าสัมบูรณ์ Absolute Value เมื่อทำการ Rectify สัญญาณแล้ว
2. สามารถสร้างรายงานผล (Report) จะเป็นรูปแบบของ HTML หรือ PDF โดยสามารถที่จะเพิ่มส่วนของข้อความต่างๆ ลงไปได้ และยังสามารถส่งออกไปยัง Microsoft Excel
3. ซอฟต์แวร์สามารถรองรับการวิเคราะห์การทำงานของ EMG แบบคลัสเตอร์ Cluster หรือ Multielectrode EMG ได้ และยังแสดงผลออกมาเป็นสเปกตรัมของสัญญาณ
4. รองรับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ High Definition EMG ได้
5. มีแอปพลิเคชัน สำหรับการทำงานบนแท็บเล็ต ระบบปฏิบัติการ Android

## 7. อุปกรณ์แปลงสัญญาณจากสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัล จำนวน 1 ชุด

1. มีจำนวนช่องสัญญาณรับเข้า จำนวนไม่น้อยกว่า 16 ช่องสัญญาณ Differential หรือไม่น้อยกว่า 32 Single End
2. มีค่า ADC Resolutions ไม่น้อยกว่า 16 บิต