

แท่นยืนเพื่อสุขภาพ

Physical Board Stand

ชุตีพล มหาวิระ^{1*} กอบกุล นงนุช² และ พิมพนิภา รัตนจันทร์³

^{1*}สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตสกลนคร ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160

²สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตสกลนคร ตำบลพังโคน อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร 47160

³สาขาวิชาการตลาด คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ศูนย์กลาง

ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

¹E-mail: konggola.ma@gmail.com, ²E-mail: khopkul25@gmail.com,

³E-mail: phimnipha_maki@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอแท่นยืนเพื่อสุขภาพโดยแท่นยืนเพื่อสุขภาพออกแบบให้สามารถปรับระดับองศาการยืนตั้งแต่ระดับ 0 องศาไปจนถึงระดับ 50 องศา ซึ่งนำหนักโดยใช้โหลดเซลล์เซนเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้พัลล์เซนเซอร์และวัดความตึงของกล้ามเนื้อโดยใช้อีเอ็มจีเซนเซอร์ ซึ่งใช้โปรแกรมอาดูโนในการควบคุม จากผลการทดลองกับผู้ใช้งานจริงพบว่าค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าที่วัดได้จะไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และจากระยะเวลาที่ใช้ในการทดสอบพบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาทดสอบเพิ่มขึ้นต่อเนื่องเป็น 7 วัน ค่าที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าในระดับไม่แตกต่างกับระยะเวลาทดสอบในวันที่ 1 และ 2 และแนวโน้มค่าอัตราการเต้นของหัวใจของผู้ทดสอบหลังใช้แท่นยืนเพื่อสุขภาพโดยทดลองด้วยแอปพลิเคชันในมือถือเปรียบเทียบกับพัลล์เซนเซอร์พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : แท่นยืนเพื่อสุขภาพ อาดูโน พัลล์เซนเซอร์ อีเอ็มจีเซนเซอร์ โหลดเซลล์เซนเซอร์

* Corresponding author, e-mail: konggola.ma@gmail.com

Abstract

This research presents the Physical Board Stand for control the board can adjust degree of 0-50°, body weight using by load cell sensor, measuring the heart rate by pulse sensor and measuring the muscle tension using by the EMG sensor, Arduino program to control. The results of the experiment found that the mean electrical wave measured will not have a significant difference ($P < 0.05$) And from the time spent in testing, found that When the test duration was increased on 7 days, the level of measurement was not different from the test period on day 1 and 2. The heart rate after using the Physical Board Stand, found that the heart rate of Increased, both of application on smartphone and pulse sensor.

Keywords: Physical board stand, Arduino, Pulse sensor, EMG sensor, Load cell sensor

1. ที่มาและความสำคัญ

ในชีวิตประจำวันมีผู้คนจำนวนมากใช้ชีวิตอยู่กับการทำงาน ไม่ว่าจะเป็นช่วงอายุน้อยหรือผู้สูงอายุ ในทุกเพศทุกวัยมักเกิดอาการเจ็บปวดตามร่างกาย เมื่อทำงานเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้เกิดสภาวะร่างกายผิดปกติ เช่น การยืนทำงานเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการกล้ามเนื้อเกร็ง เกิดอาการชา หรือตึง ซึ่งมักจะส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานเพราะร่างกายเกิดความผิดปกติ อาจส่งผลก่อให้เกิดโรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ก็เป็นไปได้ ดังนั้น การรักษาสุขภาพจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เช่น การออกกำลังกาย การรับประทานอาหาร หรือแม้กระทั่งการใช้อุปกรณ์ในการช่วยบริหารร่างกาย และวิธีการบำบัดอื่นๆ เป็นต้น

ปัจจุบันมีผู้คนจำนวนมาก ประสบกับปัญหาปวดเมื่อยกล้ามเนื้อตามส่วนต่างๆของร่างกาย มักจะพบในวัยทำงานและผู้สูงอายุ อาจเกิดจากหลายปัจจัยต่างๆ เช่น การยืนทำงาน หรือ การนั่งทำงานเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้ปวดกล้ามเนื้อในส่วนต่างๆ โดยเฉพาะส่วนขาซึ่งจะพบได้บ่อยบางคนปวดเรื้อรังจนส่งผลกระทบต่อการทำงาน การใช้เวลาในการรักษา การสูญเสียค่ารักษาพยาบาล จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ทุกคนจะต้องหันมาดูแลตัวเอง

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดแนวคิดในการสร้างแท่นยืนเพื่อสุขภาพ ที่มีความสามารถในการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดค่าความตึงของกล้ามเนื้อ คำนวณค่าดัชนีมวลกาย และสามารถปรับระดับองศาของแท่นในการยืนได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการสื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ ด้วยการเขียนโปรแกรมให้กับ MCU เพื่อควบคุมการรับส่งสัญญาณทางไฟฟ้าตามเงื่อนไขต่างๆที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้การเขียนโปรแกรมในการเก็บข้อมูลจากการใช้งานของแท่นยืนเพื่อสุขภาพ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถประเมินตนเองในการบริหารร่างกายเองได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชัยณรงค์ คล้ายมณี และคณะ, (2549) เป็นบทความงานวิจัยเรื่องโปรแกรมวัดสัญญาณและอัตราการเต้นของชีพจรโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องมือวัดสัญญาณและอัตราการเต้นของชีพจรในงานวิจัยนี้ได้ถูกพัฒนาบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ประกอบกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกซึ่งถูกออกแบบให้สามารถรับสัญญาณแอนาล็อกจากหัววัดชีพจรให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อป้อนเข้าสู่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทางพอร์ตขนานหรือพอร์ตเครื่องพิมพ์เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกใช้สำหรับการแสดงผลสัญญาณและอัตราการเต้นของชีพจรจึงไม่ถูกดัดแปลงใดๆ เพื่อใช้งานเฉพาะการวัดสัญญาณดังกล่าว

แสวง บุญชัยเดช, (2537) เป็นบทความวิจัยเรื่องเก้าอี้หมักศจรย ที่ใช้ในการแก้อาการปวดเมื่อยและป้องกันโรคร้ายต่าง ๆ แก่กลุ่มผู้สูงอายุ โรงพยาบาลอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานีและได้ต่อยอดไปยังโรงพยาบาลของภาครัฐที่ช่วยในการบำบัดผู้ป่วยในแผนกกายภาพบำบัดและอายุรกรรม ตลอดระยะเวลา 24 ปี

อติเบต ขุนรัตน์ และคณะ, (2560) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาชุดอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดและบันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบนใบหน้า สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะสามารถตรวจวัดได้จากการแสดงท่าทางต่าง ๆ บนใบหน้า ความแตกต่างของสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อบนใบหน้าจะถูกแปลงให้เป็นคำสั่งไปควบคุมกลไกการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน

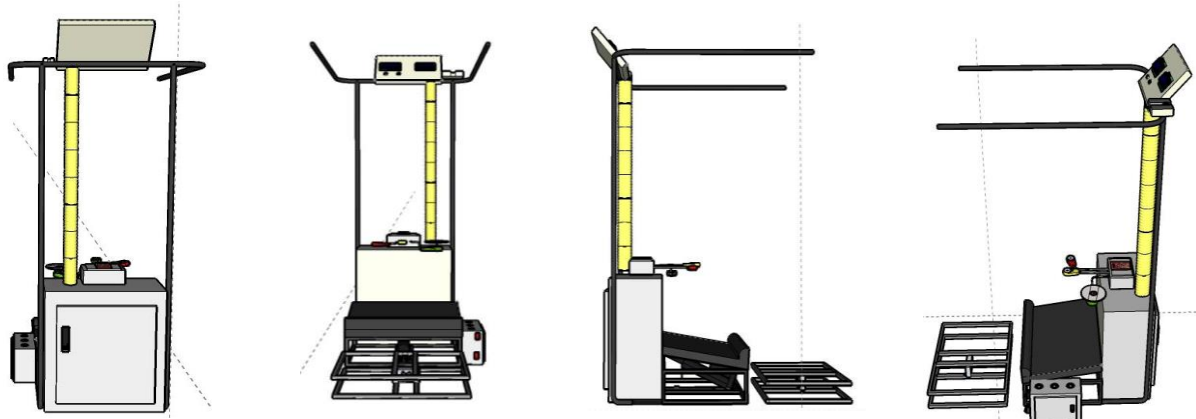
3. การออกแบบและสร้าง

ในการออกแบบแท่นยืนเพื่อสุขภาพให้สามารถวัดค่าดัชนีมวลกาย วัดความตึงของกล้ามเนื้อ วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ปรับระดับองศาการยืน และบันทึกข้อมูลของผู้ใช้งานได้นั้น จำเป็นต้องหาขนาด รูปร่างของแท่นยืนและความสัมพันธ์ในเรื่องไมโครคอนโทรลเลอร์และองศาของมุมต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อการยืน โดยในเบื้องต้นนั้นแท่นยืนเพื่อสุขภาพที่นำมาใช้ต้องสามารถปรับระดับการยืนได้ และขนาดของแท่นมีความเหมาะสมต่อการใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง อย่างไรก็ตามโปรแกรม Arduino Board[3,7] ถือเป็นหัวใจหลักของการทำงานในการใช้สำหรับควบคุม และอ่านค่าซึ่งนำมาใช้ในการสร้างผลงานที่ศึกษาต่อเนื่องมาจากการของคุณตาแสวง บุญชัยเดช ที่ได้ทำการคิดค้นเก้าอี้หมักศจรย[5] ที่ใช้ในการแก้อาการปวดเมื่อยและป้องกันโรคร้ายต่าง ๆ แก่กลุ่มผู้สูงอายุ โรงพยาบาลอำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี และได้ต่อยอดไปยังโรงพยาบาลของภาครัฐที่ช่วยในการบำบัดผู้ป่วยในแผนกกายภาพบำบัดและอายุรกรรม ตลอดระยะเวลา 24 ปี จึงนำผลการใช้งานที่ได้กลับมาสร้างแท่นยืนเพื่อสุขภาพที่สามารถวัดค่าดัชนีมวลกาย วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจ และวัดความตึงของกล้ามเนื้อ

เพื่อให้การสร้างแท่นเพื่อสุขภาพเป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ โดยพิจารณาถึงประสิทธิภาพและความเหมาะสมต่อการใช้งาน สำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบแท่นยืนเพื่อสุขภาพ จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการวิเคราะห์และพิจารณาออกแบบตามหลักการ ดังนี้ 1. ออกแบบโปรแกรมควบคุม 2. ทราบการหดเกร็งของกล้ามเนื้อ 3. ความตึงของกล้ามเนื้อ

การออกแบบแท่นยืนเพื่อสุขภาพใช้หลักการเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานที่สามารถปรับระดับองศาการยืนได้อัตโนมัติ วัดค่าอัตราการเต้นของหัวใจและดูค่ากระแสไฟฟ้า โดยจะใช้การบันทึกคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเพื่อสะท้อนค่าแรงที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อนั้นถูกควบคุมโดยเซลล์ประสาทสั่งการ

3.1 การออกแบบโครงสร้าง



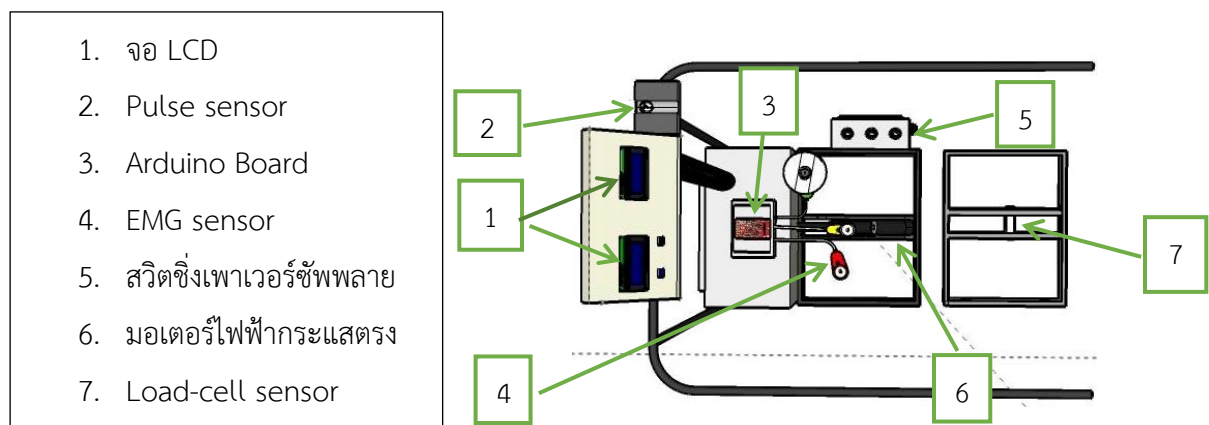
(ก) มุมมองด้านหน้า

(ข) มุมมองด้านหลัง

(ค) มุมมองด้านซ้าย

(ง) มุมมองด้านขวา

รูปที่ 1 โครงสร้างแท่นยืนเพื่อสุขภาพ



รูปที่ 2 มุมมองด้านบนโครงสร้างแท่นยืนเพื่อสุขภาพ

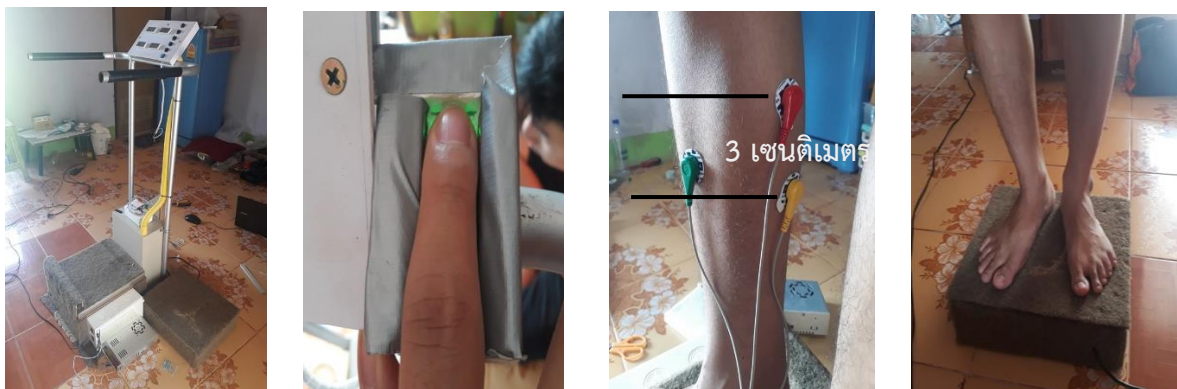
4. ผลการทดลอง

4.1 การทดลองแท่นยืนเพื่อสุขภาพ

เป็นการทดลองโดยใช้แท่นยืนเพื่อสุขภาพ โดยให้ผู้ใช้งานทำการทดสอบแล้วทำการวัดผลการทดลองในขณะใช้แท่นยืนเพื่อสุขภาพเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ โดยมีอาสาสมัครที่เข้าร่วมทำการทดสอบแท่นยืนเพื่อ

สุขภาพ จำนวน 3 คน โดยมีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดความตึงของกล้ามเนื้อ และวัดค่าดัชนีมวลกาย ดังต่อไปนี้

4.1.1 อัตราการเต้นของหัวใจ เป็นการวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ Pulse sensor [8] ที่ได้จากการวัดการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือด เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจ ซึ่งสามารถทำการวัดได้ทันที โดยหลอดไฟ LED สีเขียวจะส่องแสงที่มีความคงที่ลงบนผิวหนัง และจะเกิดปรากฏการณ์สะท้อนและกระเจิงของแสง เมื่อหัวใจบีบตัวก็จะเกิดแรงดันหรือชีพจรผ่านไปยังหลอดเลือด ซึ่งปริมาณของแสงที่รับได้ที่ไดโอดเซ็นเซอร์ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามจังหวะของชีพจร ระบบจะติดตามการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา และจังหวะของชีพจรแต่ละครั้งและคำนวณกลับเป็นอัตราการเต้นของหัวใจดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 แท่นยืนเพื่อสุขภาพ รูปที่ 4 วัดการเต้นของหัวใจ รูปที่ 5 วัดความตึงกล้ามเนื้อ รูปที่ 6 ชั่งน้ำหนัก

4.1.2 ความตึงของกล้ามเนื้อวัดด้วย EMG sensor เป็นการทดลองโดยใช้แผ่นอิเล็กโทรด หรือ ขั้วไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ[4] และส่วนขยายสัญญาณ เพื่อที่จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้ ให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับการพิจารณา ดังในรูปที่ 5

4.1.3 ดัชนีมวลกาย เป็นค่า Body Mass Index (BMI) คือ ค่าดัชนีที่ใช้ชี้วัดความสมดุลของน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) และส่วนสูง (เมตร) โดยชั่งน้ำหนักด้วย Load cell sensor ดังในรูปที่ 6 ซึ่งสามารถระบุได้ว่าตอนนี้รูปร่างของคนคนนั้นอยู่ในระดับใด ตั้งแต่อ้วนมากไปจนถึงผอมเกินไป มีสูตรการคำนวณ = น้ำหนักตัว [kg] / (ส่วนสูง[m] ยกกำลังสอง)

4.2 ขั้นตอนการทดลอง

4.2.1 ผู้ทดสอบสามารถชั่งน้ำหนักได้ที่ Load cell sensor เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีมวลกาย

4.2.2 ให้ผู้ทดสอบขึ้นไปยืนบนแท่นยืนเพื่อสุขภาพ เพื่อที่จะวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วย Pulse sensor โดยการใช้นิ้วชี้ของผู้ใช้งานวางไว้ที่หลอด LED สีเขียว

4.2.3 ติดแผ่นอิเล็กโทรดไว้ที่ขาของผู้ใช้งานเพื่อวัดความตึงกล้ามเนื้อด้วย EMG sensor[6] โดยการติดแผ่นอิเล็กโทรดสามตัว ควรวางอิเล็กโทรดอ้างอิง สายสีเขียวไว้ในส่วนที่ไม่ได้ใช้งานของร่างกายเช่นส่วนที่เป็นกระดูกของหน้าแข้ง ควรวางอิเล็กโทรดอีกสองอันไว้บนกล้ามเนื้อที่เลือกไว้เพื่อทำการวัด ควรวาง

อิเล็กทรอนิกส์สองตามแนวยาวของกล้ามเนื้อ อิเล็กทรอนิกส์ควรเชื่อมต่อกับ สายสีแดง ควรวางอิเล็กทรอนิกส์ตัวสุดท้ายที่ส่วนท้ายของกล้ามเนื้อและเชื่อมต่อกับ สายสีเหลือง สายสีแดงและสายสีเหลืองควรมีระยะห่างกัน 3 เซนติเมตร

4.2.4 ให้ผู้ทดสอบทำการทดลองแท่นยืนเพื่อสุขภาพ โดยกดปุ่มควบคุมมอเตอร์เพื่อปรับมุมองศาการยืนของผู้ทดสอบ[2] ซึ่งจะมีมุมองศาของการยืนที่สามารถปรับมุมองศาได้ที่มุม 10° , 20° , 30° , 40° และ 50° ตามความต้องการของผู้ทดสอบ

4.2.5 ทำการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ และวัดความตึงของกล้ามเนื้อ เพื่อดูค่ากระแสไฟฟ้า ว่าอัตราการเต้นของหัวใจ หรือค่าความตึงของกล้ามเนื้อ จากการเปลี่ยนมุมองศาของการยืนที่ต่างกัน ถ้ากล้ามเนื้อตึงจะมีค่าสูง ถ้ากล้ามเนื้อคลายจะมีค่าต่ำ แล้วทำการบันทึกผลการทดลอง

4.3 ผลการทดลอง

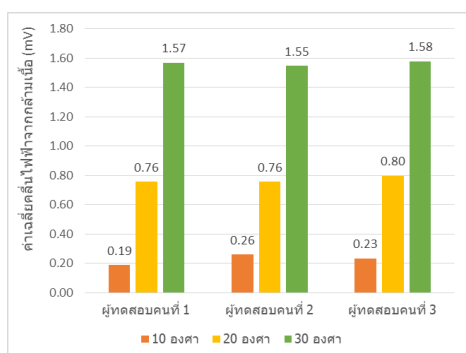
4.3.1 การทดสอบหาค่าดัชนีมวลกาย

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ทดสอบ

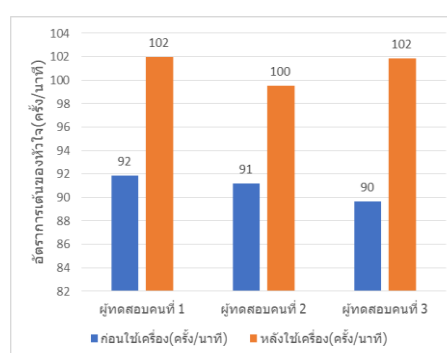
ผู้ทดสอบคนที่	อายุ(ปี)	ส่วนสูง(m.)	น้ำหนัก(kg.)	ดัชนีมวลกาย	อยู่ในเกณฑ์
1	24	1.76	57.72	18.63	ปกติ
2	24	1.65	53.30	19.60	ปกติ
3	24	1.62	56.63	21.57	ปกติ

จากผลการทดสอบหาค่าดัชนีมวลกาย โดยใช้การคำนวณ = น้ำหนักตัว[kg] / (ส่วนสูง [m.] ยกกำลังสอง) จากตารางที่ 1 ผู้ทดสอบคนที่ 1 จะมีค่าดัชนีมวลกายที่ 18.36 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ ปกติ ผู้ทดสอบคนที่ 2 จะมีค่าดัชนีมวลกายที่ 19.60 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ ปกติ และผู้ทดสอบคนที่ 3 จะมีค่าดัชนีมวลกายที่ 21.57 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ ปกติ

4.3.2 การทดสอบวัดความตึงกล้ามเนื้อและการทดสอบวัดอัตราการเต้นหัวใจ



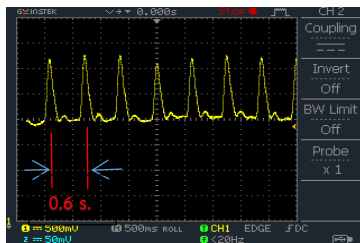
รูปที่ 7 ค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของผู้ทดสอบ



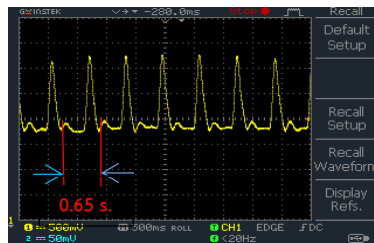
รูปที่ 8 อัตราการเต้นหัวใจที่วัดจากพัลส์เซนเซอร์

จากผลการทดลองวัดความตึงกล้ามเนื้อ โดยใช้ EMG sensor วัดคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อ จากรูปที่ 7 จากผู้ทดสอบทั้ง 3 คน ได้ทำการทดสอบเป็นเวลา 1 สัปดาห์ วันละ 2 ครั้ง ความตึงระดับ 1 จะมีค่าคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อเท่ากับ 0.00-0.30 mV ความตึงระดับ 2 จะมีค่าคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อเท่ากับ 0.31-0.60 mV ความตึงระดับ 3 จะมีค่าคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อเท่ากับ 0.61-0.90 mV ความตึงระดับ 4 จะมีค่าคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อเท่ากับ 0.91-1.20 mV และความตึงระดับ 5 จะมีค่าคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อมากกว่าหรือเท่ากับ 1.21 mV ขึ้นไป จะเห็นว่าองค์การยีนที่ 10 องศา จะมีค่าเฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าจากกล้ามเนื้อน้อยที่สุด แต่เมื่อปรับระดับองค์การยีนสูงขึ้น ไปจะเห็นว่ามีความถี่ของคลื่นไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น

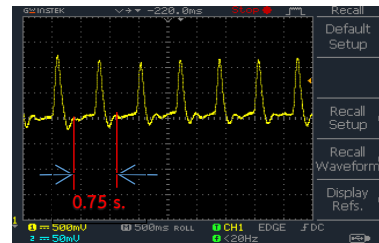
จากผลการทดลองวัดอัตราการเต้นหัวใจของผู้ทดสอบก่อนและหลังใช้ โดยการใช้พัลส์เซนเซอร์จากรูปที่ 8 พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจหลังใช้เครื่องแทนยืนเพื่อสุขภาพ จะมีอัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น



(ก) ผู้ทดสอบคนที่ 1



(ข) ผู้ทดสอบคนที่ 2



(ค) ผู้ทดสอบคนที่ 3

รูปที่ 9 คลื่นอัตราการเต้นของหัวใจ

จากผลการวัดคลื่นอัตราการเต้นของหัวใจโดยใช้ฮอสซิลโลสโคปวัดสัญญาณจาก pulse sensor อ่านค่าได้จากผู้ทดสอบคนที่ 1 ใน 1 คาบ วัดความกว้างของรูปคลื่นได้ 0.6 วินาที ต้องอัตราการเต้นของหัวใจต่อนาทีจะได้เท่ากับ $60/0.6 = 100$ ครั้ง/นาที จากผู้ทดสอบคนที่ 2 จะได้เท่ากับ $60/0.65 = 92$ ครั้ง/นาที จากผู้ทดสอบคนที่ 3 จะได้เท่ากับ $60/0.75 = 80$ ครั้ง/นาที โดยแสดงผลการทดสอบเทียบเครื่องวัดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ทดสอบเทียบเครื่องวัดของ Pulse sensor

เครื่องมือวัด (ครั้ง/นาที)	ผู้ทดสอบที่ 1	ผู้ทดสอบที่ 2	ผู้ทดสอบที่ 3
Pulse sensor	98	90	80
Smart watch	99	89	82
Oscilloscope	100	92	80

5. สรุป

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแทนยืนเพื่อสุขภาพจากอาสาสมัคร จะเห็นได้ว่าแทนยืนเพื่อสุขภาพสามารถวัดค่าความตึงของกล้ามเนื้อได้ตามค่ามาตรฐานของการวัดค่าความตึงของกล้ามเนื้อโดยใช้ EMG sensor และแทนยืนเพื่อสุขภาพสามารถวัดอัตราการเต้นหัวใจด้วย Pulse sensor ที่มีค่าเชื่อถือได้ โดยทำ

การวัดเปรียบเทียบกับเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจด้วย smart watch และวัดค่าสัญญาณ Pulse sensor ด้วยออสซิลโลสโคป และผลการประเมินจากผู้ใช้งานแท่นยืนเพื่อสุขภาพ พบว่าผลการประเมินความพึงพอใจแท่นยืนเพื่อสุขภาพ ในส่วนการปรับมุมมองการยืนและระยะเวลาในการยืน จะอยู่ในระดับปานกลางหรือพอดี เพราะถ้าใช้เวลาในการยืนนานเกินไปกับระดับองศาของการยืนที่ 30 องศาขึ้นไป จะทำให้เกิดอาการปวดที่กล้ามเนื้อขาเป็นอย่างมาก และในส่วนของภาพรวมแท่นยืนเพื่อสุขภาพ จะอยู่ในระดับความพึงพอใจที่ระดับปานกลาง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชัยณรงค์ คล้ายมณี และอาคม ม่วงเขาแดง. (2549). **โปรแกรมวัดสัญญาณและอัตราการเต้นของชีพจรโดยใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล**.ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- [2] บัญชา ศรีวิโรจน์ วันชัย ทรัพย์สิงห์ และจิระศักดิ์ วงศา. (2556). **การควบคุมมอเตอร์กระแสตรงแบบกระตุ้นแยกด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC**. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดิเรก.
- [3] ณัฏฐพล เจริญศิริ, ประชาสันต์ แวนไธสง และ กฤษณพล เกิดทองคำ. (2563). **ระบบแจ้งเตือนอุณหภูมิและความชื้น สำหรับห้องควบคุมไฟฟ้า สำหรับบริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด**. Rattanakosin Journal of Science and Technology: RJST Vol.2 No.3 (2020). 119-132.
- [4] พัฒน์ สวรรค์พิทักษ์ และวารี จิรอดิษฐ์. (2557). **คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ Vastus Medialis ขณะออกแรงใน ท่าต่างๆของขาที่แตกต่างกัน**. ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 24(1). 13-19.
- [5] แสง บุญชัยเดช. (2537). **เก้าอี้มหัศจรรย์**. โรงพยาบาลอานันทราชนิกุล จังหวัดปทุมธานี.
- [6] อธิเบต ขุนรัตน์ พงศกร ศรีงาม และเกรียงศักดิ์ โยธาทักดี. (2560). **การพัฒนาแบบตรวจวัดและบันทึกสัญญาณไฟฟ้ากล้ามเนื้อใบหน้าด้วยบอร์ด Arduino**.ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.
- [7] ปวีญา สมทรง, สรณศิริ คณิงคิด และ สุพาพร บรรดาศักดิ์. (2563). **ระบบฟาร์มไก่ไข่อัจฉริยะที่ทำงานอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ และควบคุมได้ด้วยมือถือ**. Rattanakosin Journal of Science and Technology: RJST Vol.2 No.3 (2020). 167-175.
- [8] P. Srinivasan, A. Ayub Khan, T. Prabu, M. Manoj, M. Ranjan and K. Karthik. (2020). **Heart Beat Sensor Using Fingertip Through Arduino**. Journal of Critical Reviews. Vol 7 Issue 7.1058-1060.