

การออกแบบนวัตกรรมหุ่นต้นแบบการฝึกปฐมพยาบาลช่วยเหลือผู้หยุดหายใจเบื้องต้น ด้วยเวกเตอร์แรง

Innovative Design Prototype Training Manikins of CPR Compression by Measuring Force Vector

กิตติยา นาคพันธ์¹, สายพิน ไชยนันท์¹, วิโรจน์ ขาวละออ^{2*}, รุทฤต ปานขลิบ²

¹ สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

² สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

46 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600

*ผู้ติดต่อ: Email, kaola_or@yahoo.com, 084-533-4777

บทคัดย่อ

หุ่นจำลองการฝึกปฐมพยาบาลช่วยเหลือผู้หยุดหายใจเบื้องต้น เป็นการฝึกทักษะที่สำคัญเฉพาะด้าน เพื่อช่วยชีวิตใครก็ตามที่พบเจอกับจังหวะการเต้นของหัวใจและลมหายใจหยุดกะทันหัน โดยการใส่แรงกดผ่านทรวงอก (Thorax) ซึ่งเป็นทักษะเบื้องต้นที่สำคัญในการช่วยชีวิต เพื่อยังคงรักษาการไหลเวียนของเลือดและการนำอากาศเข้าออกยังดำเนินต่อไป ก่อนที่รถปฐมพยาบาลและอุปกรณ์ในการช่วยชีวิตจะมาถึง และเพื่อช่วยพัฒนาทักษะและความแม่นยำของผู้ฝึกในการทำปฐมพยาบาลช่วยเหลือผู้หยุดหายใจเบื้องต้น (CPR) ด้วยแรงกดที่มากเกินไปหรือน้อยเกินไปจะส่งผลอันตรายต่อผู้ประสบเหตุได้ ดังนั้นจึงมีความสำคัญมากสำหรับการพัฒนาทักษะและการวัดค่าตัวแปรต่างๆ โดยตัวหุ่นจำลองการฝึกในปัจจุบันยังคง มีการออกแบบในทางกายภาพและทางสรีรวิทยาที่มีความแม่นยำต่ำ ทั้งยังรวมถึงต้นทุนของหุ่นจำลองการฝึกที่สูง ทำให้เป็นที่ขาดแคลนตามสถานการณ์ฝึกต่างๆ จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างหุ่นจำลองการฝึกปฐมพยาบาลช่วยเหลือผู้หยุดหายใจเบื้องต้น ด้วยการใช้เวกเตอร์แรง (ขนาดและทิศทาง) โดยการใช้อุปกรณ์ที่มีภายในประเทศเพื่อลดต้นทุนการผลิตและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

คำสำคัญ: CPR การปฐมพยาบาลผู้หยุดหายใจเบื้องต้น – เวกเตอร์แรง

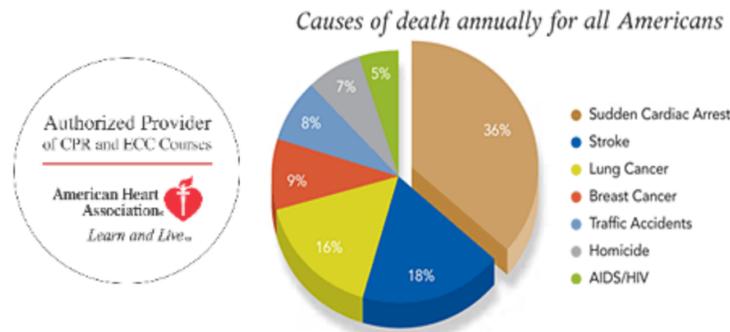
Abstract

First Aid Training Helper Model, it is an important skill training to save a life to anyone who encounters. This is to help people who have heart problems or stop breathing suddenly by putting pressure on the thorax. This is an essential skill in saving lives. To maintain blood flow and breathing before the ambulance and the first aid equipment will arrive. First Aid Training Helper Model is Virtual reality simulation like human breathing to develop skills and practice precision of the rescue operation. CPR with uneven pressure the pressure is too heavy or too light will be harmful to the sufferer. Therefore, the ergonomic design and precision are very important it also includes expensive models and lack of use in training. From this issue, this research would like to presents the model of CPR By measuring the force vector and direction by using locally available and low cost material to reduce production costs and reduce imports from abroad.

Keywords: CPR (Cardio-Pulmonary Resuscitation)

1. บทนำ

การปฐมพยาบาลผู้หยุดหายใจเบื้องต้น (Cardiopulmonary resuscitation, CPR) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานที่เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด เมื่อผู้ป่วยเกิดอาการการเต้นของหัวใจและระบบทางเดินหายใจหยุดกะทันหัน ซึ่งขั้นตอนการทำงานด้วยการใส่แรงกระตุ้นจากภายนอก ทำให้การเต้นของหัวใจและระบบการหายใจโดยใช้การส่งผ่านของแรงกดที่หน้าอกและระบบทางเดินอากาศ โดยมีจุดประสงค์การทำเพื่อส่งผ่านออกซิเจนไปยังอวัยวะภายในที่มีความสำคัญจนกระทั่งระบบไหลเวียนตามธรรมชาติและการหายใจสามารถเรียกคืนได้



รูปที่ 1. แสดงอัตราส่วนสาเหตุการเสียชีวิตใน 1 ปีของประชากรในสหรัฐอเมริกา

จากรูปที่ 1 พบว่าในทุกๆ ปีจะมีประชากรชาวอเมริกามากกว่า 350,000 คนเสียชีวิตด้วยโรคหัวใจและหลอดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตอันดับที่ 1 ของสถิติการเสียชีวิตในสหรัฐอเมริกา การหยุดเต้นของหัวใจแบบเฉียบพลันถูกอ้างว่าเป็นสาเหตุอย่างน้อยที่สุดประมาณ 250,000 คนที่เสียชีวิตก่อนถึงโรงพยาบาล ซึ่งชีวิตเหล่านี้สามารถช่วยได้โดยถ้าคนที่อยู่ที่เกิดเหตุปฏิบัติได้อย่างเหมาะสมโดย 1) โทรแจ้งไปยังโรงพยาบาล 2) CPR จากข้อความข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการช่วยฟื้นคืนชีพพื้นฐานซึ่งต้องทำให้ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกฝนเพื่อเพิ่มทักษะให้เกิดความชำนาญ

เนื่องจากในปัจจุบัน หุ่นฝึกหัดการทำ CPR ได้มีการดำเนินการสร้างด้วยผู้ผลิตที่หลากหลาย ซึ่งทำให้ผู้ฝึกได้เรียนรู้การใช้แรงกด ที่ถูกต้องในการทำ CPR ซึ่งจะต้องมีครูผู้ฝึกหรือผู้มีประสบการณ์ คอยเฝ้าสังเกตการทุกขั้นตอน โดยครูผู้ฝึกจะต้องคอยสังเกตขณะดำเนินการทำ CPR เพื่อให้เกิดการกระทำ CPR ที่ถูกต้อง และเนื่องจากว่าตัวอุปกรณ์มีต้นทุนสูงและมีเพียงครูฝึก 1 คนต่อนักเรียนหลายๆ คน มันจึงเป็นไปได้ยากที่ผู้ฝึกจะมีโอกาสเรียนรู้ด้วยตัวเอง นอกจากนั้นครูฝึกยังสามารถให้คำแนะนำเรื่องจำนวนครั้งและความถี่ในการกด เพื่อนำไปปฏิบัติให้ถูกต้อง ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากและอาจเกิดผลเสียร้ายแรงได้ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้อง เช่น การใส่แรงกดจะต้องไม่เร็วและแรงจนเกินไป และจะต้องไม่เบาและช้าจนเกินไป ต้องใส่อย่างพอดีและเหมาะสมถึงจะเกิดผลสำเร็จ และผู้ฝึกจะต้องใส่แรงกดด้วยมุมมองขาที่ถูกต้องเท่าที่จะกระทำได้ การให้ความสำคัญกับค่าตัวแปรเหล่านี้ เราจึงสรุปได้ว่าต้องมีวิธีการที่สามารถวัดค่าตัวแปรที่เราต้องการให้ได้แบบอัตโนมัติ



รูปที่ 2. ชุดอุปกรณ์การฝึกทำ CPR ที่มีขายตามท้องตลาด

ด้วยเหตุผลดังกล่าว รายงานวิจัยฉบับนี้เรานำเสนอวิธีการฝึกปฏิบัติทำ CPR โดยการใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ภายในประเทศ และมีการแสดงผลเป็นตัวเลข เพื่อที่จะช่วยให้ครูฝึกทำการประเมินคุณภาพของผู้ฝึก โดยหลังจากทำการฝึกแล้วผู้ฝึกสามารถใช้อุปกรณ์ได้เพียงลำพังเพื่อพัฒนาทักษะการทำ CPR โดยปราศจากครูผู้ฝึกได้ โดยที่ระบบการทำงานในรายงานวิจัยฉบับนี้เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดขนาดของแรงกระทำและมุมมองศาในการใส่แรงกระทำ CPR สำหรับในส่วนของ Hardware เราใช้หุ่นโซว์เส้นผ่ามาทำการดัดแปลงเพื่อทำเป็นหุ่นที่เหมาะสมสำหรับการทำ CPR ประกอบร่วมกับ อุปกรณ์ที่หาซื้อได้ภายในประเทศ เช่น บอร์ด Microcontroller Arduino และใช้ Force Sensor Resistor กับ Acceleration and Gyroscope Sensor เพื่อทำเป็นระบบแสดงผลแบบตัวเลขเพื่อช่วยให้ผู้เข้าฝึกสามารถ ประเมินผลได้ด้วยตัวเอง เพื่อสร้างอุปกรณ์การเรียนการสอนทางการแพทย์ ให้ผู้ใช้งานได้ฝึกกับหุ่นที่มีความเสมือนจริงในการทำ CPR มากที่สุด และเพื่อลดต้นทุนการนำเข้าอุปกรณ์ทางการแพทย์จากต่างประเทศ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวทางในการปฏิบัติกรช่วยเหลือฟื้นคืนชีพจะมีการพัฒนาและปรับปรุงทุกๆ 5 ปี โดยนำผลจากการประชุมนานาชาติของสมาคมแพทย์โรคหัวใจแห่งสหรัฐอเมริกา AHA (American Heart Association) ซึ่งในปี พ.ศ. 2553 (2010) ได้มีการปรับปรุง เกี่ยวกับการช่วยเหลือฟื้นคืนชีพ โดยยกเลิกการประเมินการหายใจด้วยระบบ ตาดู หูฟัง แก้มสัมผัส ในกรณีที่ผู้ช่วยเป็นญาติสนิทและมั่นใจว่าจะไม่เป็นโรคติดต่อใดๆ ทำการช่วยหายใจ ด้วยการเป่าปากผู้ช่วย 2 ครั้ง โดยวางปากผู้ช่วยเหลือให้ครอบปากผู้ช่วยให้แนบสนิทและเป่าลมเข้าไป โดยในการเป่าลมแต่ละครั้งมีความยาวประมาณ 1-2 วินาที จนเห็นหน้าอกผู้ช่วย ยกตัวขึ้น พร้อมกับปล่อยให้หน้าอกผู้ช่วยยุบลงมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิมก่อนที่จะเป่าลมครั้งที่ 2 ในกรณีที่ไม่มีมั่นใจเรื่องโรคติดต่อให้ทำการกอดหน้าอกเพียงอย่างเดียวไปเรื่อยๆ และทำการใส่แรงกดที่ทรงอกว่า ให้กดลึก 5 (ซม) หรือมากกว่าในตำแหน่งศูนย์กลางของกระดูกสันอกที่อัตราส่วนอย่างน้อยที่สุด 100 และน้อยกว่า 120 [2] ครั้งต่อนาที (CPM: Compression per minute) และแนวทางเหล่านี้ยังแนะนำเพิ่มเติมด้วยว่า ในหนึ่งรอบการช่วยเหลือฟื้นคืนชีพสามารถบริหารการทำการออกเป็น 2 ลมหายใจ (ด้วยการยกมือออกจากหน้าอก) ต่อการกอดหน้าอก 30 ครั้ง

[3] ทำการศึกษาหาตำแหน่งที่ทำ CPR ด้วยวิธีการเอกซเรย์ (Computer Tomography) และการประเมินเพื่อให้ได้ตำแหน่งการทำ CPR ได้อย่างถูกต้องที่สุดด้วยวิธีการจำลองการใส่แรงกดที่หน้าอก โดยมีสมมุติฐานว่า SN เป็นจุดที่สังเกตที่ดีมาก ของความลึกในการใส่แรงกดที่หน้าอก ที่แนะนำให้ทำ CPR สำหรับผู้ใหญ่ โดยได้ระบุว่าขนาดของระยะเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของหน้าอกจากด้านหน้าไปด้านหลัง (External Anteroposterior Diameters, EAPDs) แต่ละบุคคลมีขนาดที่ต่างกันที่ตำแหน่งรอยเว้าด้านบนของหน้าอก (Suprasternal Notch, SN) กับครึ่งล่างของกระดูกหน้าอก (Lower Half, LH) ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ EAPDs ระหว่าง SN กับ LH ในแต่ละกลุ่มผู้ทดสอบพบว่าค่า LH ครึ่งล่างของกระดูกหน้าอกได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม คือ น้อยกว่า 20, 20 และ 21.99, 22 และ 23.9 และมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 24 (ซม) โดยได้ทำการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่าง 2 จุดด้วยค่า 50 (มม) กับความลึกของการใส่แรงกดด้วยแบบจำลอง พบว่าเป็น 1 ใน 4 ของแรงกดภายนอกที่หน้าอก ได้ค่าความแตกต่างเฉลี่ยระหว่าง SN กับ LH เท่ากับ 5.16 ± 0.19 (มม) ดังนั้นความแตกต่างระหว่าง SN กับ LH ที่ต้องมีค่าเท่ากับ 50 (มม) ไม่ได้แสดงความแตกต่างอะไรที่สำคัญ ส่วนการคิดวิธีใช้ 1 ใน 4 ของการใส่แรงกดที่หน้าอกนั้นได้ค่าความแตกต่างเฉลี่ยระหว่าง SN กับ LH เท่ากับ 5.5 ± 0.53 (มม) นั้นพบว่าไม่ใช่ความแตกต่างที่สำคัญอะไร จึงสรุปได้ว่า ตำแหน่งรอยเว้าที่ด้านบนของหน้าอก SN นั้นเป็นจุดสังเกต (Landmark) ที่สำคัญสำหรับความลึกในการใส่แรงกดในการ CPR สำหรับผู้ใหญ่ ด้วยการค้นพบของการวิจัยด้วยการทำแบบจำลอง (Simulation) การกดเป็น 1 ใน 4 มีค่าที่แน่นอนอยู่ระหว่าง 50 ถึง 60 (มม) และใช้ หลักเกณฑ์การทำ CPR 2015

[2] [4] ทำการสร้างเครื่องมือเพื่อฝึกการทำ CPR ด้วยหุ่นมาตรฐานในการทำ CPR กับบอร์ด Fit Balance ของเครื่องเกมส์คอนโซล Nintendo wii โดยใช้การติดต่อสื่อสารระหว่างคนกับจอแสดงผลในรูปแบบกราฟฟิก โดยแบ่งออกเป็น 3 ตัวแปร 1) ขนาดของแรงที่กระทำ 2) มุมองศาของแรงที่กระทำ 3) ความถี่ที่ใส่แรงกระทำ ซึ่งค่าที่เหมาะสมได้กำหนดเป็นช่วง คือ 78.45 ถึง 117.68 (นิวตัน) และ 65 ถึง 95 (องศา) และความถี่เท่ากับ 2 ถึง 4 ครั้งต่อ 2 (วินาที) [2] โดยการใช้แรง

จะสอดคล้องกับ CPM ของการกด หมายความว่า ถ้าเราใส่แรงมากเกินไป จำนวนครั้งต่อวินาทีก็จะน้อย และถ้าเราใส่แรงน้อยเกินไป จำนวนครั้งต่อวินาทีก็จะมาก ซึ่งใช้เป็นรูปแบบการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ฝึกกับตัวแปรที่สำคัญต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ผลรายงานการวิจัยสรุปได้ว่าจากเครื่องมือที่สร้างพบว่ามีค่าความแม่นยำที่สูงขึ้น เนื่องจากค่า Standard deviation มีค่าต่ำลง และระบบดังกล่าวได้ถูกนำไปใช้ในการฝึกทำปฐมพยาบาลและการฝึกทำ CPR

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัย

ในการฝึกทำ CPR นั้นจะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน 1) ตัวหุ่นในการทำ CPR, 2) ระบบควบคุม, 3) ระบบแสดงผล

1) หุ่นที่ใช้สำหรับการฝึกทำ CPR

ลักษณะของหุ่นเป็นส่วนที่ต้องทำให้สอดคล้องกับ มาตรฐานของ AHA ซึ่งในรายงานวิจัยฉบับนี้ได้ใช้หุ่นแสดงเสื้อผ้าและนำมาพัฒนาเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้เหมาะสมสำหรับการทำ CPR



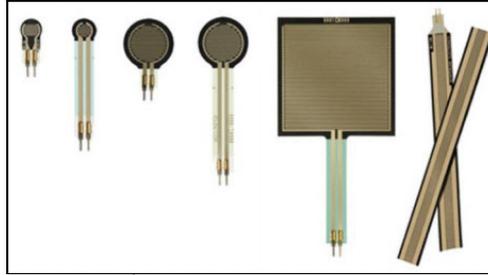
รูปที่ 3. รูปทรงหุ่นที่จะนำมาตัดแปลงเป็น หุ่นฝึก CPR

2) ส่วนระบบควบคุม

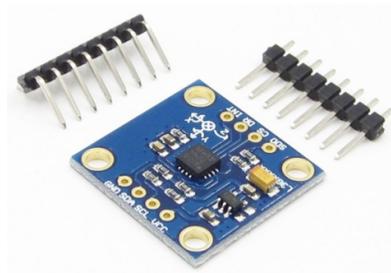
เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno เนื่องจากเป็นบอร์ดที่นิยมในปัจจุบันและเป็นบอร์ดแบบ Open source ทำให้สามารถพัฒนาต่อยอดได้มาก Force sensitive resistor ถูกใช้สำหรับการวัด Pressure เนื่องจาก FSR นั้นมีขนาดเล็กและใช้พลังงานในการ Operate น้อยจึงสะดวกและเหมาะสมที่จะใช้ยึดติดกับระบบ FSR ต่อวงจรผ่าน voltage divider และ Pressure จะถูกส่งต่อไปยังบอร์ดควบคุม Arduino เพื่อประมวลผล การประมวลผลจะแบ่งเป็นช่วงของ Pressure ถูกจัดอันดับโดยขั้นตอนการทำ Calibrate และส่งผ่านค่าไปยัง LCD โดยจำนวนครั้งการกดต่อนาที (CPM : Compression per minute) จะถูกจัดอันดับด้วยหลอด LED แบ่งเป็นสีแตกต่างกัน



รูปที่ 4. บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

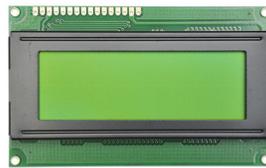


รูปที่ 5. Force sensitive resistor



รูปที่ 6. Gyroscope Sensor Module

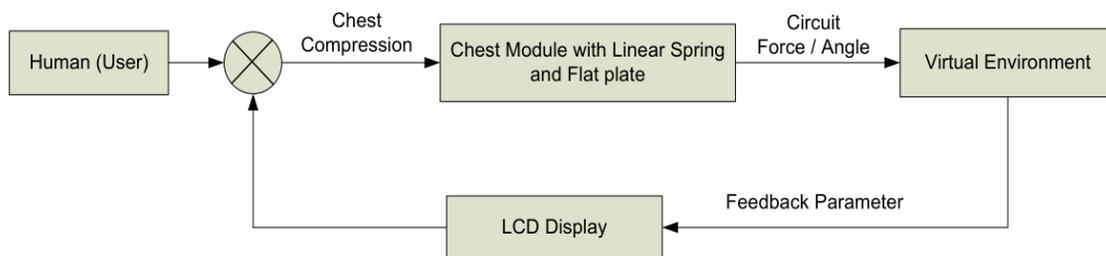
3) ส่วนระบบแสดงผล



รูปที่ 7. ส่วนแสดงผลใช้จอ LCD (Liquid Crystal Display) 20x4

ในระบบการทำงานของหุ่นฝึกสอนทำ CPR จะแสดงออกมา 2 ตัวแปรคือ ขนาดของแรงที่กดลงที่หน้าอกของหุ่นฝึกสอน และมุมมองของแรงที่กดที่หน้าอก ซึ่งระบบนี้จึงทำให้ครูฝึกและผู้เข้าฝึกได้รับค่าตัวแปรที่มีความแม่นยำมากขึ้น โดยแสดงด้วยจอ LCD Display และแสดงดวงไฟ 3 ลักษณะ คือ

- | | | |
|-------------------------|--------------|---------|
| 1. กรณีที่แรงน้อยเกินไป | <100 CPM | สีฟ้า |
| 2. กรณีที่แรงพอดี | 100 -120 CPM | สีเขียว |
| 3. กรณีที่แรงมากเกินไป | >120 CPM | สีแดง |

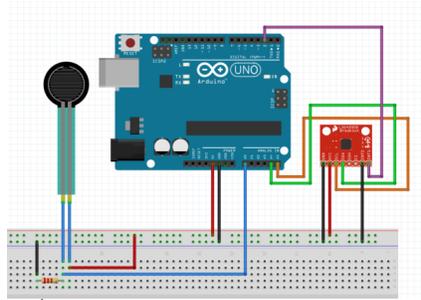


รูปที่ 8. Schematic Diagram of CPR Experimental Setup

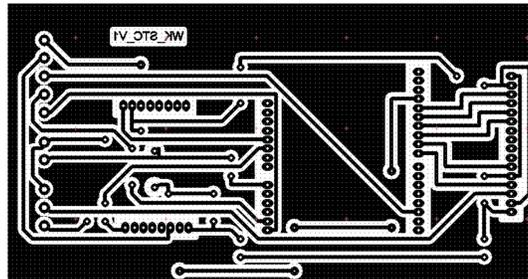
รูปที่ 8. แสดงแผนภาพการทำงานของระบบหุ่นฝึกการปฐมพยาบาลเบื้องต้น โดยที่ผู้ฝึกจะเป็นผู้ใส่แรงกระทำที่หน้าอกผ่านโมดูลการประมวลผลของแรงกระทำและมุมมองสาของแรงที่กระทำที่หน้าอกผ่านส่วนประกอบต่างๆ ของตัวโครงสร้างของหุ่นฝึกและส่งผลออกมาทางจอ LCD เพื่อให้ผู้ฝึกทราบถึงค่าตัวแปรที่สำคัญสำหรับการทำ CPR เพื่อปรับเพิ่มหรือลดขนาดของแรงและมุมมองสาของแรงที่กระทำให้เหมาะสม

4. ผลการดำเนินงาน

- 1) สร้างชุดควบคุมการทำงานของหุ่น CPR ด้วยบอร์ดควบคุม Arduino
- 2) สร้างตัวหุ่นให้สอดคล้องตามหลัก AHA (อยู่ในการวิจัยขั้นต่อไป) (ขณะนี้ทดสอบระบบด้วยหุ่นต้นแบบที่มีอยู่ก่อน)
- 3) รวบรวมระบบทั้งหมดและทำการทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐาน AHA



รูปที่ 9. ชุด โมดูลควบคุมการทำงานของหุ่น CPR



รูปที่ 10. ทำการออกแบบสร้างแผ่น PCB



รูปที่ 11. Assembly system

5. สรุปผลและวิเคราะห์

จากรายงานการวิจัยพบว่าความสำคัญของการทำ CPR สามารถช่วยชีวิตผู้บาดเจ็บที่ประสบภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ หรือผู้บาดเจ็บที่ภาวะหัวใจหยุดเต้นกะทันหัน [5] เพื่อรักษาระดับการไหลเวียนของเลือดและอากาศภายในร่างกายให้คงที่เพื่อรอความช่วยเหลือที่กำลังมาถึง ดังนั้น การทำ CPR จึงต้องปฏิบัติให้ถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกฝนเพื่อเพิ่มทักษะให้ความชำนาญ โดยชุดการฝึกของผู้วิจัยได้แสดงผลเป็นตัวเลขแบบ real time ทั้งลักษณะของการใส่แรงกดและมุมมองตาของแรงกด ซึ่งทำให้ผู้ฝึกสามารถประเมินลักษณะการใส่แรงกดได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐานของ AHA ซึ่งในขอบเขตของงานวิจัยครั้งนี้ยังขาดการสอบเทียบอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณให้ถูกต้องและการทำรูปทรงของตัวหุ่น ซึ่งจะนำไปใช้ในการทำวิจัยในขั้นต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณวิทยาลัยเทคโนโลยีสยามที่ให้การสนับสนุนในเรื่องสถานที่และเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ขอขอบพระคุณท่านคณะบดีคณะวิทยาศาสตร์สุขภาพ รศ.ดร. สายพิณ ไชยนิรันทน และท่านคณะบดีคณะเทคโนโลยี ดร. รุจกฤต ปานขลิบ ที่ให้โอกาสในการทำงานที่หลากหลายด้าน อีกทั้งคอยให้คำปรึกษา และช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ด้วยความกรุณาเสมอมา ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพทุกๆ ท่านที่ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์สุขภาพทุกๆ ท่านที่อำนวยความสะดวกในด้านธุรการต่างๆ ด้วยดียิ่ง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิริวัลห์ วัฒนสินธุ์, การช่วยฟื้นคืนชีพปี พ.ศ. 2553 ประเด็นสำคัญและการเปลี่ยนแปลง, *วารสารคณะพยาบาลศาสตร์ ปีที่ 20 ฉบับที่ 2 เมษายน 2555*
- [2] Lorrain R. Ferreira และคณะ (2017). An Instrument for Measuring Force Vector and Frequency of CPR Compressions. *IEEE (2017)*
- [3] Tae Hu Kim และคณะ (2016). The suprasternal notch as a landmark of chest compression depth in CPR. *Elsevier(2015)*
- [4] Mark Thielen และคณะ (2017). An innovative design for cardiopulmonary resuscitation manikins based on a human-like thorax and embedded flow sensors. *iMechE (2017)*
- [5] ไฮไลต์ ของแนวทางการนวดหัวใจผายปอดกู้ชีพ (CPR) และการดูแลผู้บาดเจ็บหัวใจหยุดเต้นในภาวะฉุกเฉิน (ECC) ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2558, *American Heart Associate Guideline 2015 CPR and ECC*
- [6] Greis F. M. Silva-Calpa และคณะ (2018), A 3D-Printable Instrument to improve force vector measurement in CPR Training. *IEEE (2018)*
- [7] Varun Durai S I และคณะ (2017), Affordable Hi-Resolution VR based CPR simulator with Haptics Feedback. *IEEE (2017)*