แนวทางการเสนอโครงการวิจัย
เพื่อขอรับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อการพัฒนาการเรียนการสอนมหาวิทยาลัยรังสิต
ประจำปี 2559

1. **ชื่อโครงการ** การพัฒนาและหาประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์
2. **ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ)** Development and Effectiveness of the Defibrillator Experiment Set
3. **ประเภทของงานวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนการสอน** การวิจัยเพื่อสร้างสื่อการสอนหรือนวัตกรรม
4. **รายวิชาที่ทำการวิจัย** วิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์
   วิชา BME 355 ปฏิบัติการอุปกรณ์การแพทย์ 2
5. **ผู้ดำเนินงานวิจัย**

1. นางปรียา อนุพงษ์องอาจ หัวหน้าโครงงานวิจัย
Mrs.Preya Anupongongarch
คุณวุฒิ กศม. สาขาฟิสิกส์ , วทม. สาขาฟิสิกส์
สถานที่ทำงาน คณะวิศวกรรมชีวการแพทย์
ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์
โทรศัพท์ 086-407-1672 , 02-997-2222 ต่อ 1428

ประสบการณ์ในการวิจัยและความชำนาญ

- การศึกษาภาวะการเชื่อมต่อเชิงพันธะแบบมีสหสัมพันธ์โดยอาศัยแบบจำลองสปินของพอตส์บนแลตทิชจัตุรัส
- การพัฒนาระบบตรวจวัด บันทึกผลและแสดงผลของเครื่องตรวจวัดเสียงการทำงานของหัวใจด้วยระบบไมโครคอมพิวเตอร์
- การพัฒนาระบบควบคุมของเครื่องดูดของเหลวโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์
- ชุดการเรียนสื่ออิเล็กทรอนิกส์รายวิชาฟิสิกส์ 2 (ไฟฟ้า แม่เหล็ก)
- ชุดการเรียนสื่ออิเล็กทรอนิกส์รายวิชาฟิสิกส์ 2 เรื่อง คลื่น เสียงและแสง
- การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนสำหรับเสริมการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 เรื่อง “พลศาสตร์”
- ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ 1 ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ชั้นปีที่ 1
- การพัฒนาชุดทดลองเรื่องการกำทอนของคลื่นในท่ออากาศ
- การพัฒนาชุดทดลองเรื่องคุณสมบัติของแสงเชิงเรขาคณิต รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2
- การพัฒนาชุดทดลองเรื่องปรากฏการณ์โฟโต้อิเล็กทริก รายวิชา PHY224 ปฏิบัติการฟิสิกส์ 2

2. นายธวัช แก้วกัณฑ์ ผู้ร่วมวิจัย

Mr.Thawat Kaewgun

คุณวุฒิ **วทม. อุปกรณ์การแพทย์, วศบ. ไฟฟ้า**

สถานที่ทำงาน คณะวิศวกรรมชีวการแพทย์

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

โทรศัพท์ 089-786-0976 , 02-997-2222 ต่อ 1428

ประสบการณ์ในการวิจัยและความชำนาญ

- การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องนับหยดน้ำเกลือ
- การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบพลังงานจากเครื่องดีฟิบริเลเตอร์
- การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยฟัง
- การศึกษาการออกแบบและสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้น
- การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องนับแยกเม็ดเลือดขาว
- การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบความปรอดภัยจากไฟฟ้า
- การออกแบบและสร้างระบบควบคุมการเคลื่อนที่รถเข็นไฟฟ้าด้วย Accelerometer Sensor

6. ที่ปรึกษาโครงการ

รศ.นันทชัย ทองแป้น คณบดีคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต

7. สถานที่ทำงานวิจัย คณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต

8. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

คณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ได้จัดการเรียนการสอนเกี่ยวกับการนำเอาเทคโนโลยีและไฟฟ้ามาผนวกกับวิทยาศาสตร์ทางด้านการแพทย์ โดยนักศึกษาจะต้องเรียนรู้ทฤษฎีและการปฏิบัติ สำหรับในการเรียนวิชาปฏิบัติการนั้น จำเป็นต้องให้นักศึกษาได้มีการปฏิบัติหรือทดลองจริง เพื่อทำให้กระบวนการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนักศึกษาจะได้นำเอาปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ หรือต้องการศึกษาเข้ามาสู่ห้องทดลองหรือห้องปฏิบัติการ และดำเนินการทดลองเพื่อที่จะตอบคำถามที่ต้องการทราบ โดยความน่าเชื่อถือของการทดลองเป็นเรื่องที่สำคัญมาก การทดลองที่มีความน่าเชื่อถือสูงจะต้องประกอบด้วยการใช้เครื่องมือในการวัดข้อมูลที่เหมาะสม มีความละเอียดเพียงพอ มีการดำเนินวิธีการทดลองที่รอบคอบ มีการนำผลการทดลองมาวิเคราะห์และสังเคราะห์ได้อย่างเหมาะสม และถูกต้องแม่นยำ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ (สุนันท์ สังข์อ่อน, 2526) เพื่อรองรับและสนับสนุนการเรียนการสอน

วิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ และ วิชา BME 355 ปฏิบัติการอุปกรณ์การแพทย์ 2 เป็นวิชาที่เรียนเกี่ยวกับอุปกรณ์สำหรับตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์ อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ อุปกรณ์สำหรับบำบัดรักษา และอุปกรณ์อื่นๆที่ใช้เทคโนโลยีทางการแพทย์ โดยนักศึกษาจะได้ทำปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบ หน้าที่ หลักการทำงานและวงจรไฟฟ้าของแต่ละส่วนประกอบ

อุปกรณ์เสริม วิธีติดตั้งและประกอบเครื่อง วิธีใช้งาน ความปลอดภัยและปัจจัยเสี่ยงในการใช้งานของเครื่องมือแพทย์ (คู่มือการศึกษามหาวิทยาลัยรังสิต, 2559)

สำหรับรายวิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ และ วิชา BME 355 ปฏิบัติการอุปกรณ์การแพทย์ 2 เครื่องมือทางการแพทย์ที่สำคัญมากชนิดหนึ่งที่นักศึกษาและบุคลากรทางจากแพทย์จำเป็นต้องเรียนคือ เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ (Defibrillator) หรือเครื่องกระตุกหัวใจด้วยไฟฟ้า เพราะเป็นเครื่องที่ต้องใช้ในการช่วยเหลือชีวิตผู้ป่วยที่มีความผิดปกติของการเต้นของหัวใจผิดจังหวะหรือสั่นพลิ้ว (Fibrillation) ในภาวะที่ผู้ป่วยเป็นอันตรายถึงชีวิตคือ ภาวะเวนทริคูลาร์ฟิบริลเลชัน (Ventricular Fibrillation) หรือภาวะหัวใจห้องล่างเต้นแผ่วระรัว และเวนทริคูลาร์แทคีคาร์เดีย (Ventricular Tachycardia) หรือภาวะหัวใจห้องล่างเต้นเร็วผิดปกติ โดยสภาวะที่หัวใจเต้นผิดจังหวะหรือสั่นพริ้วนี้สามารถให้การรักษาโดยการช็อกไฟฟ้าเพื่อกระตุกหัวใจ โดยใช้กระแสไฟฟ้าหยุดรูปแบบการเต้นของหัวใจที่ผิดจังหวะ เพื่อเปิดโอกาสให้หัวใจกลับมาเต้นใหม่ในจังหวะที่ถูกต้อง (Kerber, Richard, 1997)

หลักการทำงานโดยทั่วไปของเครื่องดีฟริบริลเลเตอร์นี้คือ ทำการเก็บประจุไว้ในตัวเก็บประจุ และปล่อยพลังงานที่เก็บไว้ผ่านขั้วไฟฟ้าและทรวงอกของผู้ป่วยเพื่อกระตุกกล้ามเนื้อหัวใจให้กลับมาทำงานตามปกติ อัตราความสำเร็จของการกระตุกหัวใจจะขึ้นอยู่กับค่าพลังงานหรือกระแสไฟฟ้าที่สามารถผ่านทรวงอกไปยังกล้ามเนื้อหัวใจ สำหรับพลังงานที่เก็บไว้ในเครื่องกระตุกหัวใจเท่ากัน จะมีผลในการกระตุกหัวใจผู้ป่วยแต่ละคนแตกต่างกัน เพราะความต้านทานทรวงอกต่างกัน โดยพลังงานที่ใช้ในการกระตุกหัวใจจะอยู่ระหว่าง 100-400 จูล กระตุกหัวใจจะเป็นพัลส์สั้นๆโดยมีเวลาปล่อยพลังงานอยู่ในช่วง 4-30 มิลลิวินาที กระแสไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 60 แอมแปร์ และแรงดันไฟฟ้าสูงสุดประมาณ 4,000 โวลต์ (ธวัช แก้วกัณฑ์, เอกสารประกอบการสอนวิชา BME 355 ปฏิบัติการอุปกรณ์การแพทย์ 2) ด้วยสาเหตุนี้เครื่องดีฟริบริลเลเตอร์หรือเครื่องกระตุกหัวใจด้วยไฟฟ้าจะต้องมีความแม่นยำและเที่ยงตรงของพลังงานที่ปล่อยออกจากตัวเครื่อง ดังนั้นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์จึงเป็นเครื่องมือทางการแพทย์ที่มีความสำคัญมากที่ต้องการการดูแลและการใช้งานที่ถูกต้อง การเข้าใจถึงหลักการทำงานของเครื่อง จะทำให้การดูแลรักษาและการใช้งานเครื่องได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในการอบรมให้กับบุคลากรทางการแพทย์ จะพบว่ามีการอบรมเรื่องการใช้งานและการดูแลรักษาเครื่อง ดีฟิบริลเลเตอร์อย่างถูกวิธี ให้กับบุคลากรทางการแพทย์อยู่เสมอ และมีการเรียนการสอนเกี่ยวกับเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์อยู่ในมหาวิทยาลัยทุกแห่งที่เปิดการสอนทางด้านวิศวกรรมทางการแพทย์

สำหรับการเรียนการสอนและการอบรมเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ในคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ทำได้เพียงนำเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์เก่าที่ได้มาบริจาคมาจากทางโรงพยาบาลมาใช้ในการสอน แต่เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์เก่าที่ได้มานี้มีความหลากหลายของผู้ผลิตและรุ่น การประกอบตัวเครื่องต้องใช้เครื่องมือพิเศษเฉพาะ และที่สำคัญมีจำนวนเครื่องมือน้อยไม่เพียงพอต่อจำนวนของนักศึกษาและผู้ที่มาอบรม จึงทำให้ยากต่อการที่จะทำความเข้าใจหลักการทำงานต่างๆของเครื่องได้ อีกทั้งเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดมีราคาสูงมาก

จากปัญหาดังกล่าว ผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาและใช้ในการอบรมเชิงวิชาการทางการแพทย์ ใช้กับบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อที่นักศึกษาและบุคลากรทางการแพทย์จะได้เรียนรู้หลักการทำงานของเครื่องจากการปฏิบัติจริง จะได้ทำความเข้าใจองค์ประกอบและการทำงานของเครื่องดีฟริบริลเลเตอร์ โดยชุดทดลองเรื่องการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์นี้จะเป็นพื้นฐานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่มีใช้อยู่ในโรงพยาบาลต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจถึงหลักการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ง่ายขึ้น

9. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ ของนักศึกษาคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่เรียนวิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์

10. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

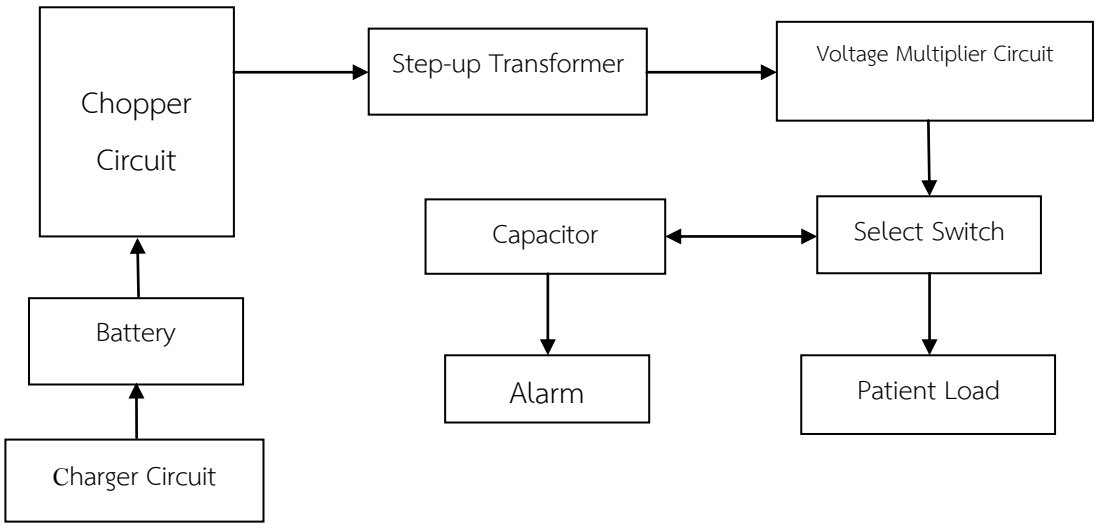
1. ชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถใช้เป็นสื่อประกอบการสอนได้
2. ผู้เรียนที่ได้เรียนด้วยชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ มีความพึงพอใจที่ดีต่อรายวิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์

11. ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการวิจัยนี้สามารถแบ่งส่วนของการทำงานออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. ขั้นตอนการออกแบบและสร้างชุดทดลอง

วิธีการออกแบบและสร้างชุดทดลองการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ แบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การออกแบบตัวเครื่องซึ่งประกอบด้วย 3 ภาค คือ ภาคที่ 1 วงจรชาร์จแบตเตอรี่ เพื่อเอาพลังงานจากแบตเตอรี่ ไปใช้เป็นแหล่งจ่ายหลักในตัวเครื่อง ภาคที่ 2 ส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อชาร์จตัวเก็บประจุ ประกอบด้วย วงจร Chopper, หม้อแปลงชนิดแปลงขึ้นและวงจรทวีแรงดัน และภาคที่ 3 ส่วนที่ควบคุมการชาร์จหรือดิสชาร์จ ที่ตัวเก็บประจุหรือคาปาซิเตอร์ และความต้านทานภายในทรวงอกของผู้ป่วยจำลอง สามารถเขียนเป็นไดอะแกรมอธิบายการทำงานได้ดังรูปที่ 1 ส่วนที่ 2 เป็นการทดสอบวงจร และทดสอบสมรรถนะเครื่อง



รูปที่ 1 แสดงระบบการทำงานของชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์

จากบล็อกไดอะแกรมของชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ ในรูปที่ 1 สามารถอธิบายการทำงานได้ ดังนี้ เมื่อมีการจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่เข้าสู่วงจร Chopper เพื่อไปควบคุมการทำงานของหม้อแปลง แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงจะเข้าสู่วงจรทวีแรงดันเพื่อเข้าสู่วงจรความคุมการชาร์จหรือดิสชาร์จตัวเก็บประจุ เมื่อเลือกการชาร์จแรงดันไฟฟ้าจะไหลจากวงจรทวีแรงดันเข้าสู่ตัวเก็บประจุ มีชุดเตือนพลังงานเต็มจะแสดงไฟสีแดงเพื่อทำการเตือนให้หยุดกดสวิตซ์ชาร์จ และเมื่อเลือกดิสชาร์จแรงดันไฟฟ้าจะไหลจากตัวเก็บประจุ เข้าสู่วงจรจำลองความต้านทานในทรวงอกของผู้ป่วย จากนั้นจะใช้เครื่องมือวัดค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ตกคร่อมความต้านทานในทรวงอกจำลอง จากนั้นจะทำการคำนวณค่ากระแสสูงสุดและค่าพลังงานของชุดทดลองนี้

2. ขั้นตอนการทดสอบและปรับปรุงชุดทดลอง
3. ขั้นตอนการวิจัยชุดทดลอง
   3.1 หาประสิทธิภาพของชุดทดลอง โดยนำชุดทดลองที่จัดทำเสร็จแล้วมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเป็นชุดสาธิตให้กับนักศึกษาคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่ลงทะเบียนวิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ และ วิชา BME 355 ปฏิบัติการอุปกรณ์การแพทย์ 2 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 44 คน ทำการประเมินผลก่อนการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นใช้ชุดทดลองที่จัดทำเสร็จแล้วมาใช้ในการเรียนการสอนให้กับกลุ่มตัวอย่าง และสุดท้ายทำการประเมินผลหลังการเรียนของกลุ่มตัวอย่าง นำผลการประเมินการทดสอบก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียนมาหาค่าประสิทธิภาพของชุดทดลอง
   3.2 วัดระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการใช้ชุดทดลอง โดยให้ตอบแบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองนี้ โดยวัดในเชิงคุณภาพ

12. ขอบเขตงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาชุดทดลองเรื่องการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบและสร้างชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ มีคุณลักษณะดังนี้
   1.1 งานวิจัยเป็นการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่สามารถเลือกระดับพลังงานได้
   1.2 ตัวเครื่องประกอบไปด้วย วงจรชาร์จแบตเตอรี่, แบตเตอรี่, วงจร Chopper, วงจรความต่างศักย์สูง, วงจรสวิทช์ควบคุมการชาร์จและดิสชาร์จตัวเก็บประจุและความต้านทานทรวงอกจำลองของผู้ป่วย
   1.3 ในส่วนของการทดลองพลังงานที่จ่ายให้ผู้ป่วยสามารถใช้ออสซิลโลสโคปวัดออกมาเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานได้
   1.4 ตัวเครื่องมีโครงครอบซึ่งทำมาจากวัสดุโปร่งใส แสดงให้เห็นวงจรต่างๆ ภายในชุดทดลองได้อย่างชัดเจน
   1.5 จัดทำคู่มือปฏิบัติการชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์
2. การทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ โดยนำชุดทดลองนี้ไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง
3. ศึกษาความพึงพอใจชุดทดลอง เรื่อง การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักศึกษาเกี่ยวกับความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดลองเรื่องการกำทอนของคลื่นในท่ออากาศ มีลักษณะเป็นแบบปลายปิด 5 ระดับ ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ

ส่วนที่ 2 การนำไปใช้งาน

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เป็นแบบปลายเปิด

13. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

- ประชากร
  - นักศึกษาคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่ลงทะเบียนวิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 44 คน
- กลุ่มตัวอย่าง
  - นักศึกษาคณะวิศวกรรมชีวการแพทย์ ที่ลงทะเบียนวิชา BME 350 อุปกรณ์ชีวการแพทย์ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 44 คน โดยวิธีคัดเลือกแบบเจาะจง

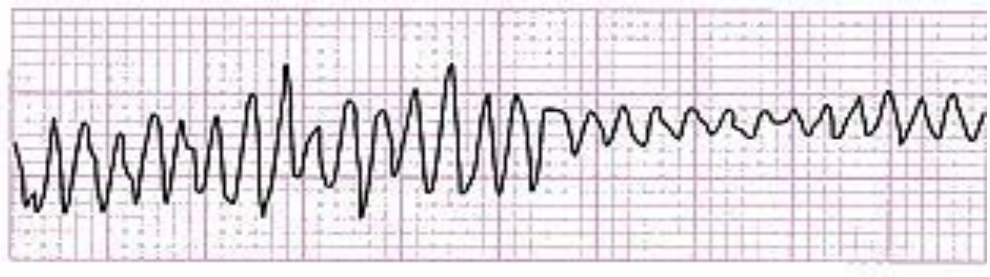
14. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ภาวะเวนตริคูลาร์ฟิบริลเลชั่น (Ventricular Fibrillation)

ในภาวะเวนตริคูลาร์ฟิบริลเลชั่น จังหวะการเต้นของหัวใจถูกแทนที่โดยการทำงานของกล้ามเนื้อหลายส่วนที่ไม่พร้อมเพรียงกันเกิดขึ้นในเวลารวดเร็ว ผลดังกล่าวจึงทำให้หัวใจไม่ทำหน้าที่

เป็นปั้มที่มีประสิทธิภาพ จึงทำให้ส่งเลือดไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไม่เพียงพอหรือส่งออกไปไม่ได้



รูปที่ 1 แสดงภาวะเวนตริคูลาร์ฟิบริลเลชั่น

(ที่มา: http://www.myvmc.com/diseases/ventricular-arrythmias-vt-ventricular fibrillation-vf/)

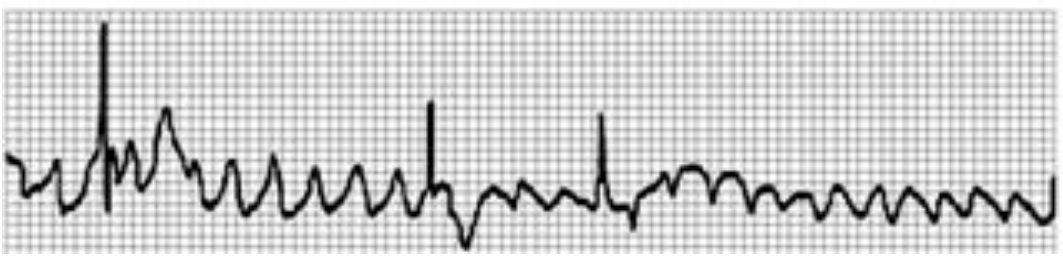
ลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เกิดภาวะเวนตริคูลาร์ฟิบริลเลชั่น มีลักษณะดังต่อไปนี้

1) อัตราการบีบตัวของหัวใจไม่สามารถนับได้
2) จังหวะบีบตัวของหัวใจไม่สม่ำเสมอและเกิดขึ้นต่อเนื่องอย่างไม่เป็นระเบียบ
3) PQRS-T Complex ไม่สามารถแยกได้

การเกิดภาวะเวนตริคูลาร์ฟิบริลเลชั่นเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุโดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคกล้ามเนื้อหัวใจตายเฉียบพลัน และผู้ป่วยในภาวะหัวใจวายระยะสุดท้าย วิธีแก้ไขสามารถทำโดยใช้ช็อคหัวใจด้วยไฟฟ้าจากเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ภายใน 2 นาที

2. ภาวะเวนเอเตรียลฟิบริลเลชั่น (Atrial Fibrillator)

ในเอเตรียลหลาย ๆ ตำแหน่งส่งคลื่นไฟฟ้ากระตุ้นเอเตรียลให้เต้นด้วยอัตราที่เร็วมากไม่สม่ำเสมอและไม่มีการประสานเป็นอันหนึ่งอันเดียว ทำให้ผนังเอเตรียลเคลื่อนไหวแบบสั่นพริ้ว (Fibrillation) ที่ AV Node คลื่นไฟฟ้าไม่สามารถผ่านไปยังเวนตริเคิลได้ทั้งหมด ทำให้เวนตริเคิลตอบสนองต่อเอเตรียลได้ไม่สม่ำเสมอและอัตราที่ไม่คงที่ด้วย



รูปที่ 2 แสดงภาวะเอเตรียลฟิบริลเลชั่น

(ที่มา:http://www.yorkshiretimes.co.uk/article/Dangerous-heart-rhythm-disorder-now-affects-more-than-a-million-with-over-87000-in-Yorkshire-and-Hum)

ลักษณะคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เกิดภาวะเอเตรียลฟิบริลเลชั่น มีลักษณะดังต่อไปนี้

1) อัตรา Atrial Rate >350 ครั้ง/นาที เวนตริเคิลอาจเต้นด้วยอัตราในช่วงปกติ (60 -100 ครั้ง/นาที) หรืออาจจะเร็วมากกว่า 100 ครั้ง/นาทีหรือช้าต่ำกว่า 60 ครั้ง/นาที ขึ้นอยู่กับคลื่นไฟฟ้าจากเอเตรียลที่สามารถนำผ่านไปยังเวนตริเคิลได้

2) จังหวะไม่สม่ำเสมอโดยตลอดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของ Atrial Fibrillation

3) P Wave ไม่เห็น แต่พบ “Fibrillation” ที่ไม่สม่ำเสมอ ด้วยอัตรามากกว่า 350 ครั้ง/นาที ดังรูปที่ 2.2

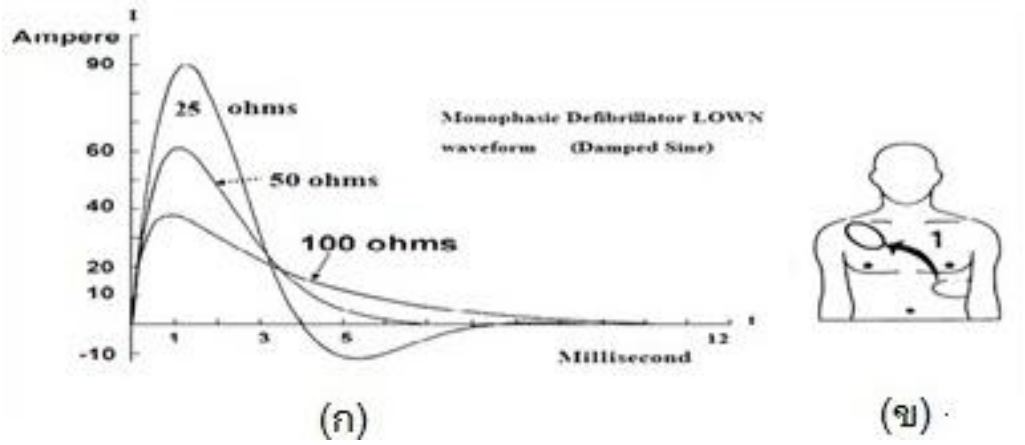
4) P-R Interval วัดไม่ได้ เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าจากเอเตรียมส่วนใหญ่ถูกปิดกั้นที่ AV Node คลื่นไฟฟ้าที่ผ่านได้จะไม่สม่ำเสมอ ไม่เห็น Wave ชัดเจน

5) QRS.Complex รูปร่างและความกว้างไม่เปลี่ยนแปลง แต่จังหวะที่เกิดไม่สม่ำเสมอโดยตลอด ภาวะเอเตรียลฟิบริลเลชั่นพบในผู้ป่วยโรคหัวใจ การปรากฏอาจเกิดมานานหรือเกิดเป็นพักๆ โดยเฉพาะในผู้ป่วยโรคหลอดเลือดแดงโคโรนารี โรคหัวใจรูห์มาติค และโรคหัวใจจากความดันโลหิตสูง พบน้อยในผู้ป่วยหัวใจปกติ

2. ทฤษฎีการทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์

2.1 หลักการจ่ายพลังงานเครื่องแบบไฟฟ้าโมโนเฟสิก (Monophasic Defibrillator)

หลักการของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดนี้คือ การเก็บประจุไฟฟ้าไว้ในคาปาซิเตอร์หรือตัวเก็บประจุ เมื่อกดปุ่มดิสชาร์จ (Discharge Switch) จะทำให้คาปาซิเตอร์ที่เก็บประจุไฟฟ้าไว้แล้วทำการปล่อยรูปคลื่นกระแสไฟฟ้าออกไปกระตุ้นหัวใจผ่านทางอิเล็กโทรด ซึ่งมีใช้อยู่ 2 ชนิด คือชนิดที่ใช้ภายในสำหรับกระตุ้นหัวใจโดยตรง และชนิดที่ใช้ภายนอกสำหรับกระตุ้นผิวหนังทางหน้าอก ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นในทิศทางเดียว (Monophasic Current) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาเป็นรูปพลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็นจูล (Joule) หรือเท่ากับ วัตต์-วินาที (Watt-Second)



รูปที่ 3 (ก) แสดงรูปคลื่นไฟฟ้าที่ปล่อยออกมาจากเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์โมโนเฟสิก

(ข) แสดงรูปทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าทิศทางเดียว

(ที่มา : อุปกรณ์การแพทย์ในหอผู้ป่วยวิกฤติ โครงการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2549)

2.2 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ ส่วนใหญ่จะมีจอแสดงผลรวมอยู่ด้วยในเครื่องเดียวกันมีขนาดกะทัดรัด น้ำหนักไม่มาก สามารถนำไปใช้ในสถานที่ต่างๆ ได้สะดวก เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่ใช้ในปัจจุบันประกอบด้วยองค์ประกอบใหญ่ๆ 4 หน่วยคือ

1) หน่วยดีฟิบริลเลเตอร์ (Defibrillator Unit)

หน่วยดีฟิบริลเลเตอร์ใช้สำหรับสร้างศักย์ไฟฟ้าแรงสูงแล้วปล่อยพลังงานให้กับผู้ป่วย มีส่วนประกอบสำคัญคือ ชุดเลือกพลังงานจูล, ชุดควบคุม DEFIB Mode, SYNC Mode, ชุดแสดงค่าพลังงาน และชุดขั้วต่ออิเล็กโทรด

2) หน่วยโมนิเตอร์ (Monitor Unit)

หน่วยโมนิเตอร์ทำหน้าที่เป็นจอแสดงผลสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าหัวใจก่อนและหลังการทำ Defibrillation การแสดงผลสามารถทำการติดอิเล็กโทรดแบบ Bipolar Limb Lead หรือใช้ Paddle Electrode ก็ได้เช่นกัน

3) หน่วยบันทึกรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (Recorder Unit)

หน่วยบันทึกรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจทำหน้าที่บันทึกรูปคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ต้องการ สามารถเลือกบันทึกได้ทั้งแบบ Manual และ Automatic รายละเอียดที่บันทึก เช่นอัตราการเต้นของหัวใจ, Lead ที่ทำการบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ, พลังงานที่ปล่อยออกไป, เวลา/เดือน/ปี ที่ทำการบันทึก เป็นต้น

4) หน่วยของแหล่งพลังงาน (Power Supply Unit)

หน่วยของแหล่งพลังงานทำหน้าที่ให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ทั้งหมด มีแบตเตอรี่ ชนิดประจุไฟฟ้าใหม่ได้ 2 ชุด ใช้กับหน่วยดีฟิบริลเลเตอร์ และหน่วยโมนิเตอร์ มีชุดชาร์จแบตเตอรี่ (Battery Charger) และ ชุดปลั๊กเสียบไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์, 50 เฮิรตซ์

2.3 ชนิดของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ สามารถแบ่งได้เป็น 7 ชนิด ดังนี้

1. AC Defibrillator

เป็นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่ได้นำมาใช้เป็นรุ่นแรก โดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับกระตุ้นผ่านทรวงอก ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ มีความถี่ 60 เฮิรตซ์ 6 แอมแปร์ ใช้เวลาในการกระตุ้น 0.25-1 วินาที การกระตุ้นนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ การกระตุ้นหัวใจโดยตรง เมื่อเปิดทรวงอกจะนำอิเล็กโทรดรูปช้อนไปหุ้มประกบหัวใจ อิมพีแดนซ์จะมีค่าประมาณ 50 โอห์ม ใช้ศักย์ไฟฟ้า 85-300 โวลต์ สำหรับการกระตุ้นผ่านทรวงอกนั้น อิมพีแดนซ์ขอทรวงอกอาจจะสูงมากขึ้นเป็น 100 โอห์ม ดังนั้นจึงต้องเพิ่มขนาดของศักย์ไฟฟ้าเป็น 500 โวลต์

ในปัจจุบันไม่มีการใช้งานเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์กระแสสลับอีกต่อไป เนื่องจากข้อเสียหลายประการ ดังนี้

1. ไม่สามารถใช้แก้ไขภาวะ AF ได้ และบ่อยครั้งที่ทำให้ VF เป็นอันตรายมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งเกิดจากไม่สามารถทำการกระตุ้นหัวใจให้สอดคล้องกับจังหวะการทำงานของหัวใจ ทำให้เกิดภาวการณ์หดตัวแบบรุนแรง
2. เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์กระแสสลับนั้นจำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าสูง จึงมีการดึงกระแสจาก Power Line ส่งผลให้กำลังไฟฟ้าตกลงและส่งผลต่อเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในขณะนั้น

2. DC Defibrillator

DC Defibrillator เป็นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์กระแสตรงแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิด ดังนี้

1. **Capacitor Defibrillator**

เป็นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์กระแสตรงรุ่นแรกๆที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้แทนเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งอาศัยการคายประจุจากตัวเก็บประจุที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงๆ แต่ไม่สามารถใช้งานได้จริง เนื่องจากการพัฒนาในขณะนั้นไม่สามารถให้กระแสไฟฟ้าที่มากพอได้ อีก

ในการทดลองใช้ยังเกิดผลข้างเคียงคือ ทำให้การทำงานของ A-V Block ในหัวใจผิดปกติ เกิดภาวะ AV Block อีกด้วย แต่ผลที่ได้รับจากการพัฒนานี้ส่งผลให้เกิดเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์กระแสตรงในแบบที่ใช้กันในปัจจุบัน

2. **Damped-Sine Defibrillator**

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์รุ่นนี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาจาก Capacitor Defibrillator โดยการนำตัวเหนี่ยวนำ (L) มาต่ออนุกรมเข้ากับตัวเก็บประจุ (C) เพื่อให้มีกระแสไฟฟ้า และช่วงเวลาที่ยืดออกไปเป็นรูปคลื่นไซน์ครึ่งคลื่น รูปสัญญาณ Damped-Sine ที่ได้นี้จะแตกต่างกัน ขึ้นกับการออกแบบค่าตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ หากเป็นรูปสัญญาณ Damped-Sine แบบ Underdamped จะเรียกว่า Gurvich Waveform และหากเป็น Overdamped จะเรียกว่า Edmark Waveform รูปร่างสัญญาณทั้ง 2 ลักษณะนี้จะถูกนำไปพัฒนาเป็นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ในรุ่นต่างๆ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดย Edmark Waveform จะใช้ในเครื่อง Monophasic Defibrillator และ Gurvich Waveform จะใช้กับเครื่อง Biphasic Defibrillator สำหรับการกระตุ้นหัวใจนั้นสามารถทำได้ใน 2 ลักษณะเช่นเดียวกัน คือ กระตุ้นหัวใจโดยตรง และการกระตุ้นผ่านผนังทรวงอก

การกระตุ้นหัวใจโดยตรง การกระตุ้นหัวใจในลักษณะเช่นนี้จะต้องทำการเปิดทรวงอกและใช้อิเล็กโทรดประกบ และปล่อยกระแสไฟฟ้าไปกระตุ้นโดยตรง ซึ่งค่าอิมพีแดนส์จะมีค่าต่ำประมาณ 25-35 โอห์ม พลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นในลักษณะนี้นั้นจะอยู่ที่ 5 จูล และใช้กระแสสูงสุดอยู่ที่ 10 แอมแปร์

การกระตุ้นโดยผ่านผนังทรวงอกนั้น ต้องพิจารณาการตั้งค่าพลังงาน และการวางอิเล็กโทรดให้เหมาะสม โดยพิจารณาจากอาการของผู้ป่วยว่าหัวใจมีภาวการณ์ทำงานที่ผิดพลาดในลักษณะใด รวมทั้งต้องพิจารณาจากน้ำหนักตัวและรูปร่างของผู้ป่วย เนื่องจากจะทำให้ค่าอิมพีแดนส์ทรวงอกมีค่าที่แตกต่างกัน ซึ่งค่าพลังงานที่ใช้สำหรับการกระตุ้นนั้นอาจสูงถึง 200 จูล สำหรับผู้ป่วยที่มีร่างกายใหญ่และน้ำหนักตัวมาก

3. **Trapezoid Defibrillator**

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์แบบ Trapezoid นี้เป็นการพัฒนาต่อจากแบบ Damped Sine เนื่องจากมีงานวิจัยที่พบว่าการใช้กระแสไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) จะให้ผลในการกระตุ้นหัวใจที่ดีกว่าแบบคลื่นไซน์ (Sine Wave) จึงมีการพัฒนาวงจรให้สามารถปรับกระแสไฟฟ้าที่ตัวเก็บประจุปล่อยออกมาให้อยู่รูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถปรับความลาดเอียงได้ (Trapezoid Wave) คลื่นสี่เหลี่ยมที่สามารถปรับความลาดเอียงของเวลาได้นี้ จะทำให้สามารถควบคุมจังหวะ และการทำงานได้แม่นยำมากขึ้นกว่าคลื่นรูปไซน์

4. **Synchronize DC Defibrillator**

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดนี้เป็นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่สามารถจับจังหวะของการปล่อยพลังงานออกไปเพื่อทำการกระตุ้นหัวใจได้ เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้กับผู้ป่วยที่เกิดภาวะ Ventricular Tachycardia, Atrial Fibrillation และภาวะหัวใจทำงานผิดพลาดในลักษณะอื่นๆ ในขณะที่ผู้ป่วยที่เกิดภาวะ Ventricular Fibrillation จะใช้ DC Defibrillator เพื่อให้หัวใจหยุดเต้นชั่วขณะ ก่อนทำ CPR เพื่อให้หัวใจกลับมาเต้นเป็นจังหวะปกติอีกครั้ง

การทำงานของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์แบบจับจังหวะนี้ จะปล่อยพลังงานออกไปกระตุ้นหลังจากที่เครื่องสามารถจับยอดของคลื่น R ไว้ได้ประมาณ 20-30 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นการหลีกเลี่ยงคลื่น T เพราะหากใช้การกระตุ้นแบบปกตินั้น พลังงานอาจถูกปล่อยไปกระตุ้นในช่วงคลื่น T ส่งผลให้หัวใจทำงานผิดพลาด ล้มเหลว ผู้ป่วยอาจมีอาการเป็น VF และอาจเสียชีวิตได้

ส่วนประกอบภายในของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดนี้จึงประกอบไปด้วย เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ (ECG Monitor) เพื่อวัดสัญญาณ QRS Complex ยอดคลื่น R จะเป็นตัว ทริกเกอร์ (Trigger) เพื่อให้วงจรหน่วงเวลาทำงาน เมื่อเวลาผ่านไปตามที่ตั้งไว้ ประมาณ 30 มิลลิวินาที ตัวเก็บประจุก็จะปล่อยพลังงานออกมายังอิเล็กโทรดผ่านไปกระตุ้นการทำงานของหัวใจผู้ป่วย

3. Automatic or Advisory External Defibrillators (AED)

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดอัตโนมัติ (AED) เป็นเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ใช้งานได้สะดวกและง่าย โดยมุ่งเน้นให้บุคคลทั่วไปสามารถใช้งานได้ทันทีเมื่อพบผู้ป่วยที่ต้องการกระตุ้นหัวใจ โดยจะพบเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ชนิดนี้ได้ตามสถานที่ต่างๆ เช่น เครื่องบิน บ่อนการพนัน ห้างสรรพสินค้า สถานีรถไฟ เป็นต้น แผ่นอิเล็กโทรดจึงถูกออกแบบมาในลักษณะพิเศษ โดยจะเป็นแผ่นอิเล็กโทรดแบบแปะได้บนทรวงอกผู้ป่วย นอกจากนี้แผ่นอิเล็กโทรดยังสามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจเพื่อการมอนิเตอร์ได้โดยไม่จำเป็นต้องต่อสายอิเล็กโทรดเพิ่มเพื่อวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจอีก การวางแผ่นอิเล็กโทรดนั้นจะมีรูปแสดงตำแหน่งในการวางอยู่ที่ตัวเครื่อง ดังนั้นผู้ใช้เพียงแปะแผ่นอิเล็กโทรดตามรูปตัวอย่าง และกดปุ่มให้เครื่องทำงานเท่านั้น เครื่องจะทำการวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ และปล่อยพลังงานไปกระตุ้นการทำงานของหัวใจโดยอัตโนมัติ

ตัวแปรที่สำคัญที่สุดของการทำการกระตุ้นหัวใจสำหรับเครื่องชนิดอัตโนมัติคือ ความแม่นยำในการประเมินการทำงานของหัวใจผู้ป่วย การประเมินการทำงานของหัวใจนี้จะใช้วิธีจับสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ และนำสัญญาณที่ได้นี้เข้าสู่การประมวลผลโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นการใช้สมการและการคำนวณที่แตกต่างกันไปตามแต่ละบริษัทผู้ผลิต แต่โดยพื้นฐานทั่วไปจะประกอบด้วยตัวชี้วัดสำคัญ 4 ตัว คือ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate), Conduction หรืออัตราการไหลของคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งอาจพิจารณาได้จากความกว้างของช่วงคลื่น R, Stability พิจารณาจากรูปคลื่นQRS Complex ว่ามีลักษณะที่ซ้ำไปซ้ำมาอย่างไร และตัวชี้วัดสุดท้ายคือ Amplitude หรือขนาดของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ เครื่อง AED นี้ จะใช้รูปสัญญาณกระแสแบบ 2 ทิศทาง (Biphasic) ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

4. Biphasic Defibrillator

เนื่องจากการกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้าที่มีค่ากระแส และพลังงานสูงจะมีผลกระทบต่อกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งอาจทำให้เซลล์บางส่วนเสียหาย ดังนั้นจึงต้องใช้พลังงานที่เหมาะสมที่ต่ำที่สุด และใช้เวลาในการกระตุ้นน้อยที่สุด ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนารูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการกระตุกหัวใจ โดยใช้เป็นสัญญาณแบบ 2 เฟส ซึ่งทำให้ผู้ป่วยได้รับพลังงานที่น้อยลง โดยใช้เวลาที่เท่ากันหรือน้อยกว่าแบบ 1 เฟส แต่เพิ่มโอกาสสำเร็จได้มากขึ้นกว่าแบบ 1 เฟสถึงเท่าตัว รูปสัญญาณแบบ 2 ทิศทางนี้จะใช้รูปสัญลักษณ์ Damped-Sine แบบ Underdamped หรือ Gurvich waveform ดังนี้

1) **Biphasic Truncated Biphasic Defibrillator**

เนื่องจากความสำเร็จของการกระตุ้นหัวใจให้กลับมาเต้นปกตินั้น ค่าพลังงานที่ใช้ในการกระตุ้นมีความสำคัญมาก แต่ค่าพลังงานที่ปล่อยออกไปนั้นจะมีการสูญสียไปบางส่วน เนื่องจากค่าอิมพีแดนส์ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดและค่าอิมพีแดนส์ทรวงอกของผู้ป่วยแต่ละคนอาจไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาเครื่องกระตุกหัวใจด้วยไฟฟ้าแบบ 2 เฟส ให้สามารถปรับขนาดและคาบเวลาในการปล่อยพลังงานให้เหมาะสมกับค่าอิมพีแดนส์ของผู้ป่วย

2) **Rectilinear Biphasic Defibrillator**

เป็นรูปแบบสัญญาณล่าสุดของเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์แบบใช้ภายนอก เนื่องจากรูปร่างสัญญาณที่เป็นลักษณะพัลส์สี่เหลี่ยม เป็นรูปร่างสัญญาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกระตุ้นการทำงานที่ผิดปกติของหัวใจ เพราะกระแสที่ไปกระตุ้นจะมีขนาดคงที่ ดังนั้นสัญญาณแบบ Rectilinear จึงถูกพัฒนาขึ้นโดยให้ช่วงเฟสแรกของสัญญาณจะเกือบเป็นรูปสี่เหลี่ยม มีการกระเพื่อมเล็กๆด้านบนของสัญญาณ ซึ่งเกิดจากการปล่อยพลังงานแบบ Truncated Exponential เพื่อลดระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นให้เหลือเพียง 4 มิลลิวินาที จุดเด่นของเครื่องรุ่นนี้คือ แม้อิมพีแดนส์ของทรวงอกของผู้ป่วยจะเปลี่ยนแปลงไป มีเพียงขนาดของสัญญาณเท่านั้นที่เปลี่ยนแปลง แต่คาบเวลาที่ใช้จะคงที่ ด้วยเหตุนี้จึงเหมาะกับการใช้งานในกรณีที่ผู้ป่วยมีอิมพีแดนส์ทรวงอกที่สูง

5. Triphasic Defibrillator

เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ที่ใช้สัญญาณแบบ 3 เฟส นี้ ได้ถูกวิจัยขึ้นในปี 1989 แต่ยังคงอยู่ในช่วงของการวิจัยถึงแม้ว่าจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าแบบ 2 เฟสก็ตาม

6. Implantable Defibrillator

เป็นเครื่องกระตุกหัวใจด้วยไฟฟ้าที่สามารถนำไปฝังไว้ในร่างกายได้ และต่อสายอิเล็กโทรดเข้ากับหัวใจ ซึ่งเรียกเครื่องชนิดนี้แบบย่อว่า AID (Automatic Implantable Defibrillator) AID ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี 1985 และมีการพัฒนาเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว จนแพร่หลายในปี 1988 และได้ถูกเรียกใหม่ว่า CPI หรือ Cardiac Pacemaker หรือในปัจจุบันเรียกว่า Implantable Cardioverter-Defibrillator (ICD) เพื่อป้องกันการสับสนกับเครื่อง CPI

เครื่อง AID ถูกใช้กับผู้ป่วยที่มีอาการภาวะหัวใจห้องล่างเต้นเร็วผิดปกติ (VT) หรือภาวะหัวใจห้องล่างสั่นพลิ้ว (VF) ผู้ป่วยที่ใช้เครื่อง AID นี้มีอาการไม่รุนแรงแต่ต้องเฝ้าติดตามอย่างสม่ำเสมอ ภายในเครื่อง AID จะมีส่วนตรวจจับสัญญาณด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อตรวจจับการเกิด VT และ VF อิเล็กโทรดจะถูกใส่ไว้ภายในหัวใจหรือติดที่พื้นผิวของหัวใจ ซึ่งจะส่งผลและรับสัญญาณกระตุ้นให้หัวใจทำงานเป็นปกติ รูปสัญญาณที่ใช้จะเป็นแบบ Biphasic และใช้พลังงานเพียง 5-30 จูล ที่ศักย์ไฟฟ้า 750 โวลต์เท่านั้น เมื่อผู้ป่วยใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าและใช้ยาเข้าช่วยจะทำให้โอกาสแก้ภาวะหัวใจสั่นพลิ้วสูงถึง 95%

นอกจากนี้เครื่อง AID ยังมีอุปกรณ์เสริมภายนอกที่เรียกว่า Programmer Recorder Monitor (PRM) เพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องที่อยู่ภายในร่างกายว่าอยู่ในสภาวะใด ข้อมูลเหล่านี้สามารถตรวจสอบได้โดยการส่งข้อมูลแบบ Telemetry PRM จะส่งข้อมูลต่างๆออกมาเป็น Real Time ข้อมูลที่ถูกส่งมาคือ ECG, ประวัติการรักษา, สถานะแบตเตอรี่ รวมถึงข้อมูลสถานะของเครื่องในส่วนต่างๆ PRM จะสร้างสัญญาณนาฬิกาเอควบคุมจังหวะการทำงานด้วยความถี่ 2-4 kb/s มีอัตราการรับส่งข้อมูลแบบ 8 bit อยู่ที่ 256-512 samples/s

สายอิเล็กโทรดหรือ Leads จะมี 2 ลักษณะ คือ แบบแผ่นตาข่ายที่ทำจากไททาเนียม ขนาด 6x9 เซนติเมตร สำหรับใช้วางบนหัวใจ และแบบสายสกรู สำหรับสอดไว้ในหัวใจ เมื่อมีการปล่อยพลังงานจะส่งจากอิเล็กโทรดแบบตาข่ายเข้าไปยังแบบสกรูที่อยู่ภายในหัวใจ ในปัจจุบันสายอิเล็กโทรดได้ถูกพัฒนาขึ้นให้เหลือเพียงเส้นเดียว แต่ประกอบด้วยอิเล็กโทรดจำนวนมาก สอดไว้ในหัวใจห้องล่างขวา สำหรับการกระตุ้นเพื่อสร้างจังหวะ (Pacing) และการกระตุ้นเพื่อให้หัวใจกลับมาทำงานเป็นปกติ (Defibrillation)

ส่วนสร้างสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator) เป็นส่วนสำคัญที่ใช้สร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อควบคุมส่วนต่างๆให้เป็นระบบเดียวกัน คือ หน่วยความจำสำหรับเก็บชุดคำสั่ง หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของผู้ป่วย ส่วนรับและส่งข้อมูลกับอุปกรณ์วิเคราะห์ภายนอก ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลแบบ Telemetry ชนิด UART

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จะแบ่งออกเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับส่วนต่างๆ โดยในส่วนการควบคุมจะใช้เป็นแบตเตอรี่ชนิด LiSVO (Lithium Silver Venadium Oxide) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่สำหรับการใช้งานดิจิตอล มีขนาดแรงดันไฟฟ้า 3โวลต์ หรือต่ำกว่า ซึ่งแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกจำกัดกระแสให้มีขนาดที่ต่ำมากในระดับนาโนแอมแปร์ ในขณะที่แหล่งจ่ายสำหรับตัวเก็บประจุ หากเป็นแบบ Pacing จะใช้แรงดันไฟฟ้า 5 V แต่ถ้าสำหรับการทำ Defibrillation จะใช้แรงดันไฟฟ้า 10-15 V

DC to DC Converter จะทำหน้าที่ในการยกระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้สูงขึ้นเป็น 750 V สำหรับการประจุพลังงาน โดยทั่วไปจะใช้เป็นแกนเฟอร์ไรท์ เพื่อใช้งานเป็น Switching Transformer มีความถี่ย่านการทำงานอยู่ที่ 30-60 kHz

Storage Capacitor ตัวเก็บประจุสำหรับการกระตุ้นด้วยศักย์ไฟฟ้าแรงสูง จะใช้เป็นแบบ Titanium Electrolyte เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการใช้งานกับศักย์ไฟฟ้าแรงสูง และมีย่านการใช้งานที่แน่นอน โดยทั่วไปจะใช้ตัวเก็บประจุอย่างน้อย 2 ตัว ต่ออนุกรมกัน เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้า 750 โวลต์ และเนื่องจากค่าความต้านทานของโหลดจะมีค่าที่ต่ำมาก สำหรับการใช้งานภายในร่างกายนั้น ค่าอิมพีแดนซ์จะมีเพียง 20 – 50 โอห์ม เท่านั้น ดังนั้นค่ากระแสมากที่สุดอาจสูงถึง 40 แอมแปร์

จากค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าสูงนี้เอง จึงมีความจำเป็นต้องมีการออกแบบวงจรขยายสัญญาณ ให้มีความไวในการทำงานสูงสุด และมีความถูกต้องสูงที่สุดด้วย เพื่อลดช่วงเวลาที่ผู้ป่วยต้องรับแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่สูง อีกทั้งช่วงของการขยายต้องกว้างเพื่อให้สามารถขยายสัญญาณให้เหมาะสมกับอาการของผู้ป่วย

7. Pacer Cardioverter Defibrillator (PCD)

ผู้ป่วยที่เกิดภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นภาวะหัวใจเต้นเร็ว (Tachy Arrhythmias) และกลายเป็นหัวใจสั่นพลิ้ว (Fibrillation) ตามลำดับ แต่มีผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่เกิดภาวะหัวใจเต้นช้า (Brady Arrhythmias) ซึ่งอาจเกิดภาวะรุนแรงคือ AV Block ได้ ซึ่งวิธีแก้ไขภาวะหัวใจเต้นช้านี้จะใช้ยา ร่วมกับการกระตุ้นจังหวะการเต้นของหัวใจ (Pacing) การกระตุ้นจังหวะการเต้นของหัวใจด้วยเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์นี้ทำได้ 2 แบบ คือกระตุ้นภายนอกผ่านทรวงอกและกระตุ้นภายในแบบฝัง การกระตุ้นภายนอกผ่านทรวงอกนั้นจะใช้เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ ทั่วไปแต่เปลี่ยนแผ่นอิเล็กโทรดเป็นแบบ Pacing การวางอิเล็กโทรดจะวางในลักษณะการวางประกบทรวงอกด้านหน้า, ด้านหลังของผู้ป่วย และกำหนดค่าจังหวะการเต้นของหัวใจตามที่ต้องการ ในขณะที่การกระตุ้นภายในนั้น จะเป็นการฝังเครื่องไว้บริเวณท้อง และวางสายอิเล็กโทรดประกบหัวใจทั้งด้านหน้าและด้านหลัง นอกจากนั้นยังสามารถติดแผ่นอิเล็กโทรดเพิ่มเพื่อทำหน้าที่เป็นไมโครโฟน สำหรับการฟังเสียงการเต้นของหัวใจได้อีกด้วย เมื่อทำการ Pacing จะต้องทำในระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าผู้ป่วยมีการเต้นของหัวใจที่เป็นปกติ โดยทั่วไปจะใช้ร่วมกับยารักษาอาการโดยเฉพาะ

3. ปัจจัยที่สำคัญในการรักษาด้วยเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์

3.1 พลังงาน (Energy) พลังงานจะประกอบด้วยแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าโดยพลังงานจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของผู้ป่วยเพื่อให้ได้รับพลังงานที่เหมาะสม

3.2 กระแสไฟฟ้าสูงสุด (Peak Current) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านหัวใจเพื่อทำให้หัวใจที่สั่นพลิ้วนั้นหยุดการเต้นและรอรับสัญญาณการเต้นต่อไป

3.3 แรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Peak Voltage) แรงดันไฟฟ้าจะเป็นการวิเคราะห์การทำงานของตัวเครื่องและวงจรมีการเสื่อมสภาพของการทำงาน ตัวอย่างเช่นเมื่อโวลต์มีค่าลดลงจะส่งผลทำให้ผู้ป่วยได้รับพลังงานน้อยลง

3.4 คาบเวลา (Period) ในคลื่นสัญญาณของหัวใจปกติจะใช้เวลา 10 มิลลิวินาที เพราะฉะนั้นในการยิงพลังงานจากเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์จะต้องอยู่ภายในระยะเวลา 10 มิลลิวินาที เพื่อรอรับสัญญาณของหัวใจครั้งต่อไป

3.5 สัญญาณ (Signal) บ่งบอกถึงความสำเร็จในการจ่ายพลังงานจากเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์แต่ละครั้งว่าหัวใจของผู้ป่วยที่เกิดภาวะหัวใจสั่นพริ้วนั้นกลับเข้าสู่การเต้นของหัวใจปกติหรือไม่ ถ้าหัวใจของผู้ป่วยยังมีอาการสั่นพริ้วอยู่นั้นต้องพิจารณาค่าพลังงานและความบอบช้ำของเนื้อเยื่อในการจ่ายพลังงานครั้งต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิชา เธียรกุล (2551) หน่วยเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ ได้ทำการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องวิเคราะห์เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์ โดยแสดงค่าผลการวิเคราะห์ คือค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด, ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด, ค่าความกว้างรูปคลื่น และค่าพลังงานไฟฟ้า แสดงรูปคลื่นไฟฟ้าได้ในขณะเดียวกันประกอบด้วย ชุดวงจรลดทอน, ปรับแต่งสัญญาณ และชุดแสดงผล

พรเทพ อินทราช และคณะ (2551) นักศึกษาสาขาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ได้ทำการศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบพลังงานเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์แบบโมโนเฟสิก โดยใช้หลักการแบ่งแรงดันในการลดทอนพลังงาน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผล และแสดงเป็นตัวเลขบนจอ LCD

เอกสารอ้างอิง

โครงการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์. 2549. **อุปกรณ์การแพทย์ในหอผู้ป่วยวิกฤติ**: กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ธวัช แก้วกัณฑ์. 2551**. เอกสารประกอบการสอนวิชา** BMI323 **อิเล็กทรอนิกส์สำหรับอุปกรณ์ชีวการแพทย์** 2. สาขาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

ธวัช แก้วกัณฑ์. 2554. **การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบค่าพลังงานไฟฟ้าและความสอดคล้องกับคลื่นไฟฟ้าหัวใจจากเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอุปกรณ์การแพทย์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พรเทพ อินทราช และคณะ 2551. **การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบค่าพลังงานเครื่องดีฟิบริลเลเตอร์.** ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาอุปกรณ์ชีวการแพทย์, คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.

วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. 2545. **ออปแอมป์และการประมวลผลสัญญาณอนาลอก.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วิชา เธียรกุล 2551. **การศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องวิเคราะห์เครื่องดีฟิบริลเลเตอร์**. หน่วยเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ กรุงเทพ.

สุนันท์ สังข์อ่อง. (2526). **สื่อการสอนและนวัตกรรมทางการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.

15. แผนงานและระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี (นับจากวันอนุมัติโครงการ)

แผนการดำเนินงานโครงการกำหนดไว้เป็นระยะเวลา 12 เดือน โดยมีขั้นตอนการดังตาราง

กิจกรรม	ระยะเวลาดำเนินการ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
รวบรวมเอกสารอ้างอิง หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	→	→	→	→								
ออกแบบและจัดทำชุดทดลองและทดสอบชุดทดลอง จัดทำเล่มงานวิจัย บทที่ 1-3				→	→	→	→	→	→	→		
สอบก่อนเรียน, สอบหลังเรียนและสอบถามความคิดเห็นทางด้านความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อชุดทดลองจากแบบสอบถาม											→	
วิเคราะห์ผล											→	
สรุปผลการดำเนินงาน จัดทำเล่มงานวิจัยบทที่ 4-5 ส่งเล่มงานวิจัยฉบับสมบูรณ์												→

16. งบประมาณ

1. ค่าตอบแทน

1.1 ค่าตอบแทนที่ปรึกษาโครงการ 1 คน (ภายใน) **1,000 บาท**

2. ค่าวัสดุ

2.1 วัสดุสำหรับทำชุดทดลอง จำนวน 1 ชุดๆละ 65,000 บาท รวมเป็นเงิน **65,000 บาท**

โดยรายละเอียดต่อ 1 ชุดทดลองมีดังนี้

- วงจรชาร์ตแบตเตอรี่ (Battery Charger Circuit)
- แบตเตอรี่ (Battery)
- วงจรสร้างไฟฟ้าแรงสูง (High Volt Circuit) ประกอบด้วย วงจร Chopper in Power Electronics, วงจร Step-up Transformer และวงจรทวีแรงดัน (Voltage Multiplied Circuit)

- วงจรควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าแรงสูง (High Volt Control Circuit)
- ตัวเก็บประจุไฟฟ้าชนิดแรงดันสูง (High Volt Capacitor)
- ความต้านทานภายในทรวงอกของผู้ป่วยจำลอง (Patient Load) ชนิดกำลังวัตต์สูง
- ตัวเครื่องทำด้วยแผ่นอะคิลิก
- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- ค่าจ้างประกอบชิ้นงานและขึ้นรูปตัวเครื่อง

3. **ค่าใช้สอย**

3.1 ค่าแบบสอบถามและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ (20 บาท x 44 คน x 3ชุด)	2,600 บาท
3.2 ค่าเข้าปกรูปเล่มงานวิจัย (200 บาท x 3 เล่ม)	600 บาท
3.3 ค่าจ้างพิมพ์งานและสำเนาเนื้อหา (เหมาจ่าย)	5,000 บาท
3.4 ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ด (เหมาจ่าย)	1,000 บาท
รวมงบประมาณที่หัวหน้าโครงการได้รับ	**75,200 บาท**

4. อื่นๆ (จ่ายในนาม ศสพ.)

4.1 ค่าตอบแทนผู้ทรงคุณวุฒิ 1 ท่าน	1,000 บาท
4.2 ค่าตอบแทนผู้ตรวจสอบบทคัดย่อไทย-อังกฤษ	200 บาท
4.3 ค่าสมนาคุณโครงการวิจัยที่เสร็จสมบูรณ์	3,000 บาท
4.4 ค่าใช้จ่ายในการเผยแพร่และนำเสนอผลงานวิจัย	10,000 บาท
รวมเป็นจำนวนเงิน	**89,400 บาท**

ลงนาม.....ผู้เสนอโครงการ

ความเห็นของหัวหน้าภาควิชา/ สาขาวิชา / หัวหน้าหน่วยงาน

.....

.....

ความเห็นของคณบดี

.....

.....

ลงนาม.....ผู้วิจัย

วันที่ .....