
บทสรุปย่อรายงานสำหรับผู้บริหาร

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) กล้องจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราเพื่อฝึกแพทย์ส่องกล้อง
ชื่อโครงการ (ภาษาอังกฤษ) Advanced rubber mechanical model for training in upper endoscopy

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย หน่วยงานสังกัด และที่อยู่

ชื่อ-สกุล เดโช สุรางค์ศรีรัฐ

หน่วยงาน ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

ที่อยู่ ห้องปฏิบัติการวิจัยการประมวลผลสัญญาณชีวการแพทย์

112 ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

โทรศัพท์/โทรสาร 02-564-6900 ต่อ 2536 / 02-564-6901-3 มือถือ 089-140-9461

E-mail decho.surangsirat@nectec.or.th

งบประมาณทั้งโครงการ 142,000 บาท

ระยะเวลาดำเนินการ 17 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม 2555 ถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2556

ปัญหาที่ทํารว้จยและความสำคัญ

จากสถิติในประเทศไทยพบว่าโรคมะเร็งระบบทางเดินอาหารเป็นโรคมะเร็งที่พบได้บ่อยเป็นอันดับ 2 ในเพศชาย และอันดับ 3 ในเพศหญิง ข้อมูลรายงานทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาลปี 2554 จากสถาบันมะเร็งแห่งชาติ แสดงให้เห็นว่าโรคมะเร็งระบบทางเดินอาหารมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้น การตรวจคัดกรองโรคมะเร็งในระบบทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถตรวจพบมะเร็งในระยะแรก ซึ่งจะสามารถลดอัตราการเสียชีวิตลงได้อย่างชัดเจน การตรวจวินิจฉัยในปัจจุบันสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น เพราะได้มีการนำกล้องส่องตรวจระบบทางเดินอาหารมาใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของการตรวจวินิจฉัยโดยใช้กล้องส่องคือ แพทย์ผู้ตรวจต้องมีความชำนาญในการใช้กล้องเป็นอย่างดี และต้องผ่านการฝึกฝนมาอย่างมากมาย ซึ่งการฝึกฝนในปัจจุบันนั้นยังคงทำได้ยากลำบาก เพราะแพทย์ฝึกหัดต้องทำการฝึกกับคนไข้จริงเท่านั้น ดังนั้น เครื่องจำลองระบบทางเดินอาหาร เพื่อใช้ในการฝึกฝนก่อนเริ่มฝึกกับคนไข้จริงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง และจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการฝึกแพทย์ส่องกล้องในประเทศไทย

วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างกล่องจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนจากยางพาราเพื่อใช้ในการฝึกส่องกล้องสำหรับแพทย์ฝึกหัด โดยมีการรวมแผงวงจรและเซ็นเซอร์สำหรับตอบสนองต่อแรงกด และระบุตำแหน่งเข้าไปในกล่องจำลองเพื่อช่วยให้การฝึกหัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ผลการดำเนินงาน

วิธีการสร้างหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนโดยย่อ นั้น เริ่มจากการพัฒนาแม่พิมพ์ โดยแบ่งระบบทางเดินอาหารส่วนบนออกเป็น 3 ส่วน คือ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็กส่วนต้น สำหรับส่วนกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็กส่วนต้นนั้นทำการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการหล่อ และในส่วนหลอดอาหารนั้นทำการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการจุ่ม เนื่องจากหลอดอาหารมีลักษณะยาว และไม่มีรายละเอียดภายในมากนัก แม่พิมพ์สำหรับการจุ่มจึงทำได้ง่ายกว่า และให้ผลที่ไม่แตกต่างกับแม่พิมพ์แบบหล่อ โดยการสร้างแม่พิมพ์นั้นมีต้นแบบจากอวัยวะจำลอง และอยู่ในความดูแลของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ขนาดและลักษณะที่ใกล้เคียงกับมนุษย์มากที่สุด หลังจากได้แม่พิมพ์แล้วจึงได้ทำการพัฒนาสูตรยาง โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผอ.ณพรัตน์ วิชิตชลชัย ผู้อำนวยการกลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร และคณะ ในการร่วมมือพัฒนาสูตร และช่วยเหลือให้คำแนะนำในการขึ้นรูป สำหรับสูตรยางนั้นได้พัฒนาโดยปรับจากสูตรพื้นฐานของสูตรยางฟองน้ำ และได้มีการเลือกสูตรที่เหมาะสมโดยการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เทียบกับกระเพาะหมู เนื่องจากหมูนั้นมีความใกล้เคียงกับมนุษย์ และมักจะถูกนำมาใช้ในการฝึกหัดส่องกล้อง โดยในการหาสูตรที่มีความใกล้เคียงมากที่สุดนั้น ใช้วิธีการเปรียบเทียบโดยใช้ค่า Young's Modulus ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความเค้น (Stress) ต่อความเครียด (Strain) หลังจากการทดลองและได้สูตรยางที่เหมาะสมแล้ว จึงทำการขึ้นรูประบบทางเดินอาหารส่วนบนทั้ง 3 ส่วน จากนั้นจึงนำมาติดเข้าด้วยกันและทำการตกแต่งสี เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ และติดตั้งลงในหุ่นจำลองฝึกหัดการส่องกล้อง

ระบบเซ็นเซอร์นั้นใช้เซ็นเซอร์วัดแรงกด (Force Sensitive Resistor) ติดลงไปบนผิวหนังด้านนอกของระบบทางเดินอาหารใน 5 ตำแหน่งที่กล้องมีโอกาสจะดันเข้าไปโดนได้มากที่สุด เช่น ช่วงลิ้นต่าง ๆ โดยเซ็นเซอร์นั้นต่อกับวงจรขยายและปรับระดับ และต่อกับส่วนติดต่อภายนอกเพื่อแสดงผล เมื่อมีแรงกดที่ตำแหน่งนั้นๆ เกินค่าที่ตั้งไว้ ระบบเซ็นเซอร์ทำงานด้วยถ่านแบบชาร์ต (Rechargeable Lithium Battery) จึงมีความสะดวกในการใช้งานและเคลื่อนย้าย หลังจากทำการติดเซ็นเซอร์ลงบนผิวหนังภายนอกของระบบทางเดินอาหารและต่อกับวงจรแล้ว จึงยึดแผงวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับตัวหุ่นฝึกหัดส่องกล้อง และเติมเจลเทียนลงในช่องว่างระหว่างระบบทางเดินอาหารซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างหุ่นจำลอง โดยหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้ในการฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหารส่วนบนได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย และได้มีการนำไปทดสอบใช้งานจริงกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและแพทย์ฝึกหัด เพื่อให้ได้คำแนะนำและข้อเสนอจากแพทย์มาใช้ในการพัฒนาขั้นต่อไป

สรุปผลการวิจัย

หลังจากได้สร้างหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราสำเร็จตามวัตถุประสงค์แล้ว ได้มีการนำไปให้กลุ่มแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและแพทย์ฝึกหัดที่ศูนย์ส่องกล้องและผ่าตัดผ่านกล้องบวหลวง โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดปทุมธานี ทดสอบการใช้งานเพื่อช่วยในการประเมินผล และเสนอแนะการพัฒนาเพิ่มเติม ซึ่งผลตอบรับที่ได้อยู่ในเกณฑ์พอใช้ โดยมีความเห็นว่า ความเหมือนจริง โครงสร้างภายใน และสีสันทน ของระบบจำลองเพื่อทำการฝึกหัดส่องกล้องอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี และการทำงานของระบบเซ็นเซอร์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ อย่างไรก็ตาม ผิวนสัมผัสยังคงมีความแข็งเกินไป และไม่ยืดหยุ่นพอ จึงทำให้การใช้งานยากกว่าคนไข้จริง ส่งผลให้มีเพียงแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นที่สามารถส่องกล้องเข้าไปจนถึงลำไส้เล็กส่วนต้นได้ โดยแพทย์ฝึกหัดยังไม่สามารถบังคับกล้องให้เข้าถึงได้ สาเหตุที่ทำให้ความรู้สึกลำไส้สัมผัสแข็งกว่าที่ต้องการ คาดว่าเป็นเพราะการใช้เจลเทียนสำหรับเติมภายนอกระบบทางเดินอาหารให้เต็ม ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ร่วมกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการทดสอบ และมีความเห็นตรงกันว่าภายนอกของระบบทางเดินอาหารไม่ควรมีความแข็งมากเท่าเจลเทียน ซึ่งส่งผลให้การสัมผัสในการส่องกล้องไม่เหมือนจริงเท่าที่ควร และอีกสาเหตุหนึ่งอาจจะมาจากการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อและใช้ยางที่ปรับสูตรมาจากยางฟองน้ำ ถึงแม้ว่าผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับกระเพาะหมูจะทำให้ค่าที่ใกล้เคียงในระดับหนึ่ง แต่โดยคุณสมบัติของยางฟองน้ำอาจจะคงตัวอยู่ในสภาพที่แข็งกว่าระบบทางเดินอาหารจริง ดังนั้นกล้องจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราที่สร้างขึ้น ซึ่งมีต้นทุนไม่สูงเมื่อเทียบกับระบบที่มีขายในท้องตลาด สามารถนำมาใช้ทดสอบความเชี่ยวชาญของแพทย์ได้ แต่ยังคงต้องมีการปรับปรุงผิวนสัมผัสเพิ่มเติมหากต้องการใช้สำหรับการฝึกแพทย์ฝึกหัดในเบื้องต้น

ข้อเสนอแนะที่คาดว่าจะควรวิจัยเพิ่มเติม และวิธีการที่ควรพัฒนาต่อยอดสู่ภาคปฏิบัติจริง

จากข้อเสนอแนะที่ได้รับจากกลุ่มแพทย์ทั้งผู้เชี่ยวชาญและแพทย์ฝึกหัด ทีมผู้วิจัยได้วางแผนที่จะพัฒนาเพิ่มเติมไปพร้อมกับโครงการในปี 2556 (พัฒนากล้องจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนล่าง) โดยจะทดลองเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปในทุกส่วนเป็นแบบจุ่ม และพัฒนาสูตรยางขึ้นใหม่โดยเปลี่ยนแปลงเป็นอ้างอิงจากสูตรยางลูกโป่งแทนสูตรยางฟองน้ำ เพื่อให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เคลือบผิวด้านในเพื่อเพิ่มความลื่นของพื้นผิว และจะไม่มีการเติมเจลเทียนที่ภายนอกของระบบทางเดินอาหาร แต่จะทำการยึดระบบทางเดินอาหารเข้ากับตัวหุ่นด้วยการทำพังผืดที่ระบบทางเดินอาหารคล้ายกับมนุษย์จริง และยึดไว้กับตัวหุ่นตามตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงในร่างกาย ซึ่งคาดว่าจะวิธีนี้จะสามารถทำให้หุ่นจำลองมีความใกล้เคียงกับมนุษย์มากขึ้น และสามารถนำมาใช้ในการฝึกแพทย์ฝึกหัดได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

หลังจากการพัฒนาเพิ่มเติม และนำไปทดสอบเพิ่มเติมกับแพทย์ทั้งผู้เชี่ยวชาญและแพทย์ฝึกหัดจนได้ระบบที่มีความเหมาะสมที่สุดในการฝึกหัดแล้ว การพัฒนาต่อยอดไปสู่ภาคปฏิบัติจริงหรือภาคอุตสาหกรรมนั้นก็สามารถทำได้ เนื่องจากขั้นตอนการผลิตตามที่ได้ออกแบบมานั้นไม่ซับซ้อน และสามารถที่จะถ่ายทอดความรู้สู่ภาคเอกชนเพื่อการผลิตเป็นจำนวนมากได้ โดยในเบื้องต้นอาจจะเริ่มจากการผลิตเพื่อนำไปใช้ในโรงเรียนแพทย์ต่างๆ ในประเทศไทยที่มีการฝึกสอนแพทย์ส่องกล้องเป็นต้น

ผลงานทางวิชาการที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

ผลงานส่วนหนึ่งที่ทำกรออกแบบขึ้นในโครงการวิจัยนี้ ได้นำยื่นเพื่อจดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ในสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าที่เกี่ยวกับเครื่องมือสำหรับแพทย์ฝึกหัด ในชื่อเรื่อง แบบจำลองผิวเทียมและตัวตรวจนับ

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

โรคมะเร็งระบบทางเดินอาหารเป็นโรคที่พบได้บ่อยทั้งในเพศชาย และเพศหญิง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ดังนั้นการตรวจคัดกรองโรคมะเร็งในระบบทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถตรวจพบมะเร็งในระยะแรก ซึ่งจะสามารถลดอัตราการเสียชีวิตลงได้อย่างชัดเจน การตรวจวินิจฉัยในปัจจุบันสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น เพราะได้มีการนำกล้องส่องตรวจระบบทางเดินอาหารมาใช้อย่างแพร่หลาย ข้อเสียของการตรวจวินิจฉัยโดยใช้กล้องส่องคือ แพทย์ผู้ตรวจต้องมีความชำนาญในการใช้กล้องเป็นอย่างดี และต้องผ่านการฝึกฝนมาเป็นอย่างมาก ซึ่งการฝึกฝนในปัจจุบันนั้นยังทำได้ยากลำบาก เพราะแพทย์ฝึกหัดต้องทำการฝึกกับคนไข้จริงเท่านั้น เครื่องจำลองระบบทางเดินอาหารเพื่อใช้ในการฝึกฝนก่อนเริ่มฝึกกับคนไข้จริงจึงเป็นสิ่งจำเป็น และจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการฝึกแพทย์ส่องกล้องในประเทศไทย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ เพื่อสร้างหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนจากยางพาราเพื่อใช้ในการฝึกส่องกล้องสำหรับแพทย์ฝึกหัด โดยระบบทางเดินอาหารส่วนบนจะทำขึ้นจากยางพารา โดยใช้สูตรยางที่ทดสอบแล้วว่ามีความใกล้เคียงกับอวัยวะจริง โดยอ้างอิงจากผลการทดลองการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เปรียบเทียบสูตรยางที่พัฒนาขึ้นมากับกระเพาะหมู นอกจากนั้นหุ่นจำลองยังมีการรวมแฉงวงจและเซ็นเซอร์สำหรับตอบสนองต่อแรงดันที่ผนังทางเดินอาหารโดยกล้องส่องที่แรงเกินสมควร ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ง่าย และเกิดขึ้นได้บ่อยที่สุดกับแพทย์ฝึกหัดส่องกล้องในระยะแรก ซึ่งจะช่วยให้แพทย์ฝึกหัดสามารถฝึกหัดกับหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นได้ด้วยตนเอง

หลังจากสร้างหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราสำเร็จตามวัตถุประสงค์และสามารถพัฒนาให้มีต้นทุนไม่สูงเมื่อเทียบกับระบบจำลองที่มีอยู่ในท้องตลาด จึงได้มีการนำระบบจำลองไปให้กลุ่มแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและแพทย์ฝึกหัด ทำการทดสอบการใช้งานเพื่อช่วยในการประเมินผล ซึ่งผลตอบรับที่ได้อยู่ในเกณฑ์พอใช้ อย่างไรก็ตาม ผิวสัมผัสยังคงมีความแข็งเกินไป และไม่ยืดหยุ่นพอ จึงทำให้การใช้งานยากกว่าคนไข้จริง ส่งผลให้มีเพียงแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นที่สามารถส่องกล้องเข้าไปจนถึงลำไส้เล็กส่วนต้นได้ โดยแพทย์ฝึกหัดยังไม่สามารถบังคับกล้องให้เข้าถึงได้ ดังนั้นหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราที่พัฒนาขึ้น สามารถใช้ทดสอบความเชี่ยวชาญของแพทย์ได้ แต่ยังต้องมีการปรับปรุงผิวสัมผัสเพิ่มเติม หากต้องการนำมาใช้สำหรับฝึกแพทย์ฝึกหัดในเบื้องต้น สำหรับแผนการในอนาคต ขณะนี้ได้พัฒนาเพิ่มเติมตามคำแนะนำที่ได้ โดยจะปรับปรุงวิธีการขึ้นรูปและวิธีการยึดติดกับตัวหุ่นจำลอง ซึ่งคาดว่าจะสามารถพัฒนาให้ระบบทางเดินอาหารส่วนบนมีความใกล้เคียงกับมนุษย์มากขึ้น และสามารถนำมาใช้ในการฝึกแพทย์ฝึกหัดได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น

คำสำคัญ: หุ่นจำลองทางเดินอาหารส่วนบน, ฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหาร, หุ่นจำลองทางการแพทย์

Abstract

Endoscopic surgery is the performance of surgery through a small incision with a flexible endoscope. The advantage of this technique over open surgery is that there is significantly less operative trauma, resulting in less pain and recovery time. Side effects of the surgery, such as the risk of infection, are also reduced. However, surgeons require considerable practice and time to develop competency. Traditionally, the procedure has been taught at the expense of patient comfort and safety, in other words, gastroenterology fellows have performed the surgery under the supervision of physicians. Study shows that patients who undergo the endoscopies performed by fellows, particularly early in the training period, have been more likely to suffer more discomfort and prolonged procedures. Therefore, we propose a low-cost natural rubber endoscopic training simulator for upper endoscopy. The natural rubber upper gastrointestinal tract will be integrated with the force detection sensor system. The sensor can detect an inappropriate maneuver that might cause a gastrointestinal perforation. The proposed simulator could be used in the training process for any gastrointestinal training hospital in Thailand.

Keywords: upper endoscopy simulator, endoscopic training, medical simulator

ความสำคัญและความเป็นมาของการวิจัย

ปัจจุบันการตรวจวินิจฉัยโรคระบบทางเดินอาหารมีความสำคัญมาก สถิติในประเทศไทยพบว่าโรคกระเพาะอาหารเป็นโรคที่พบได้บ่อยเป็นอันดับ 2 ในเพศชาย และอันดับ 3 ในเพศหญิง และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (สถาบันมะเร็งแห่งชาติ, รายงานทะเบียนมะเร็งระดับโรงพยาบาล, 2554) ดังนั้น การตรวจคัดกรองโรคกระเพาะในระบบทางเดินอาหารอย่างสม่ำเสมอ ทำให้สามารถตรวจพบมะเร็งได้ในระยะแรก ซึ่งจะสามารถลดอัตราการเสียชีวิตลงได้อย่างชัดเจน การตรวจวินิจฉัยในปัจจุบันสามารถทำได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น เพราะได้มีการนำกล้องส่องตรวจระบบทางเดินอาหารมาใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของการตรวจวินิจฉัยโดยใช้กล้องส่องคือ แพทย์ผู้ตรวจต้องมีความชำนาญในการใช้กล้องเป็นอย่างดี และต้องผ่านการฝึกฝนมาอย่างมากมาย ซึ่งการฝึกฝนในปัจจุบันนั้นยังทำได้ยากลำบาก เพราะแพทย์ฝึกหัดต้องทำการฝึกกับคนไข้จริงเท่านั้น จากการศึกษาพบว่า แพทย์ฝึกหัดใช้เวลาการฝึกส่องกล้องกับคนไข้เป็นเวลานานกว่า และส่งผลกระทบต่อคนไข้มากกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฝึกหัดระยะแรก (McCashland et al., The Time and Financial Impact of Training Fellows in Endoscopy, 2543) ดังนั้น เครื่องจำลองระบบทางเดินอาหาร เพื่อใช้ในการฝึกฝนก่อนเริ่มฝึกกับคนไข้จริงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง และจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการฝึกแพทย์ส่องกล้องในประเทศไทย การมีเครื่องจำลองสำหรับฝึกฝนจะทำให้การกระบวนการฝึกสำหรับแพทย์ส่องกล้องในประเทศไทยมีประสิทธิภาพ และปลอดภัยยิ่งขึ้น อีกทั้งยังเป็นการนำยางพาราในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การฝึกส่องกล้องทางเดินอาหารในต่างประเทศ ได้มีการใช้อวัยวะสังเคราะห์ และระบบจำลองการส่องกล้องแบบต่างๆ เข้ามาร่วมเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนการฝึกหัดแพทย์ส่องกล้อง (Cohen, Successful Training in Gastrointestinal Endoscopy, 2011) แต่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการใช้ยางพารา ซึ่งอาจเป็นผลมาจากค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้นมากสำหรับโรงเรียนแพทย์ในการมีห้องพิเศษสำหรับรองรับการฝึกกับสัตว์ หรือการซื้อเครื่องฝึกหัดจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นการทำกล้องจำลองสำหรับฝึกหัดขึ้นเองจึงมีความเหมาะสม และจะเป็นประโยชน์มาก เนื่องจากกล้องจำลองระบบทางเดินอาหารที่เสนอ สามารถผลิตได้เป็นจำนวนมากในราคาที่ไม่แพง และสามารถนำไปใช้ได้ทันทีในทุกโรงเรียนแพทย์ที่มีการฝึกสอนแพทย์ส่องกล้อง อีกทั้งยังเป็นการนำยางพาราในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ยางพาราเป็นวัตถุดิบที่เหมาะสมอย่างยิ่งในการสร้างจำลองระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากมีคุณลักษณะที่เหมาะสม คงทน สามารถหล่อเป็นรูปทรงที่ต้องการ และสามารถที่จะตกแต่งสีและลักษณะพื้นผิวให้ใกล้เคียงกับอวัยวะจริงได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการฝึกหัด ระบบเซ็นเซอร์จะถูกเพิ่มเข้าไปที่ผนังทางเดินอาหารเพื่อใช้ช่วยเหลือและแจ้งเตือนแพทย์ฝึกหัดสำหรับการฝึกส่องกล้อง โดยเซ็นเซอร์วัดแรงกดจะนำมาใช้เพื่อแจ้งเตือนเมื่อผนังทางเดินอาหารถูกกดดันโดยกล้องส่องอย่างแรงเกินสมควร ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ง่าย และเกิดขึ้นได้บ่อยที่สุดกับแพทย์ฝึกหัดส่องกล้องในระยะแรก และยังสามารถนำมาใช้เพื่อแจ้งตำแหน่งในระบบทางเดินอาหารที่กล้องส่องลงไปถึง

งานวิจัยในระดับเบื้องต้นนี้จะทำการจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนเนื่องจากเป็นระบบที่เหมาะสมสำหรับแพทย์ฝึกหัดในขั้นแรก และเป็นระบบที่ไม่ซับซ้อนสามารถทำสำเร็จได้ในระยะเวลาจำกัด ซึ่งงานวิจัยต่อยอดที่สามารถทำได้คือ การเพิ่มแบบจำลองสำหรับการฝึกส่องกล้องชนิดอื่นๆ และนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามารวมเข้ากับกล้องจำลองระบบทางเดินอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบจำลอง และทำให้แพทย์ฝึกหัดส่องกล้องสามารถใช้ระบบได้ดียิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์

เพื่อสร้างกล้องจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราเพื่อใช้ในการฝึกส่องกล้องสำหรับแพทย์ฝึกหัด โดยมีการรวมแผงวงจรและเซ็นเซอร์สำหรับตอบสนองต่อแรงกด และระบุตำแหน่งเข้าไปในกล้องจำลองเพื่อช่วยให้การฝึกหัดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

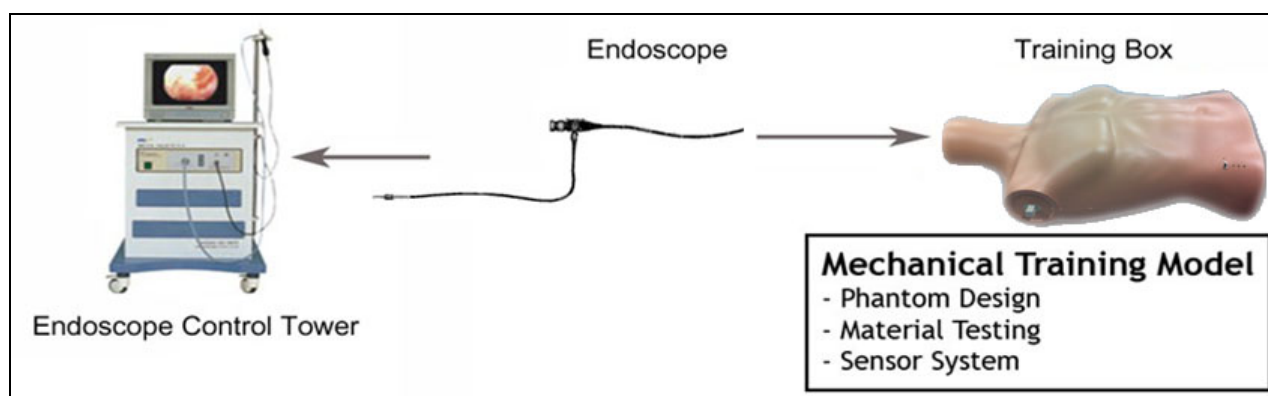
ทฤษฎี แนวคิดในการวิจัย และผลงานที่เกี่ยวข้อง

การฝึกส่องกล้องทางเดินอาหารในต่างประเทศ ได้มีการใช้อวัยวะสัตว์ และระบบจำลองการส่องกล้องแบบต่างๆ เข้ามาร่วมเป็นส่วนสำคัญในขั้นตอนการฝึกหัดแพทย์ส่องกล้อง (Cohen, Successful Training in Gastrointestinal Endoscopy, 2011) แต่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายนัก ซึ่งอาจเป็นผลมาจากค่าใช้จ่ายที่ต้องเพิ่มขึ้นมากสำหรับโรงเรียนแพทย์ในการมีห้องพิเศษสำหรับรองรับการฝึกกับสัตว์ หรือการซื้อเครื่องฝึกหัดจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง การทำกล้องจำลองสำหรับฝึกหัดขึ้น โดยใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ส่องกล้องจริงที่มีอยู่แล้วจึงมีความเหมาะสม และเป็นประโยชน์มาก เนื่องจากกล้องจำลองระบบทางเดินอาหารที่เสนอ สามารถผลิตได้ในราคาที่ไมแพง และสามารถนำไปใช้ได้ทันทีในทุกโรงเรียนแพทย์ที่มีการฝึกสอนแพทย์ส่องกล้อง

ตัวอย่างของระบบจำลองการฝึกส่องกล้องทางเดินอาหารที่มีขายอยู่ในตลาดนั้น สามารถแบ่งได้อย่างกว้างๆ เป็น 2 ระบบ คือ ระบบที่จำลองภาพการฝึกหัดจากคอมพิวเตอร์ เช่น GI Mentor จากบริษัท Simbionix และระบบที่ใช้กล้องจริงในการฝึกหัด เช่น Endoscopic Simulator จากบริษัท KOKEN โดยทั้งสองระบบนั้นมีข้อดีข้อเสียต่างๆ กัน คือ ระบบคอมพิวเตอร์มีระบบที่ช่วยฝึกหัด เช่น การแจ้งเตือนว่าจะมีการฉีกขาด แต่ก็มีข้อเสียคือ กล้องที่ใช้ไม่ใช่กล้องจริงและภาพที่เห็นจากจอเป็นภาพที่สร้างขึ้น ไม่ใช่ภาพจากกล้องจริง ซึ่งอาจจะทำให้มีความแตกต่างจากคนไข้จริงได้ ส่วนระบบจำลองที่ใช้กล้องจริงนั้นก็มีความเสี่ยงที่ไม่มีระบบที่ช่วยในการฝึกสอนต่างๆ แต่อย่างไรก็ตาม ทั้งสองระบบที่มีขายอยู่นั้นมีราคาสูง การเปรียบเทียบระหว่างระบบจำลองทางเดินอาหารที่มีขายอยู่ในท้องตลาด และระบบที่นำเสนอเป็นดังแสดงในตารางที่ 1 โดยทางทีมพัฒนาต้องการที่จะออกแบบระบบฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหารส่วนบนที่ใช้กล้องจริง และยังมีระบบที่ช่วยในการฝึกหัดให้ได้ในราคาที่เหมาะสม ซึ่งการทำงานจะเป็นดังแสดงในรูปที่ 1 การที่สามารถพัฒนาระบบจำลองสำหรับฝึกหัดขึ้นเองในราคาที่เหมาะสม จะเป็นประโยชน์แก่การฝึกหัดส่องกล้องในประเทศไทย และจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการฝึกหัดได้เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบระบบจำลองทางเดินอาหารที่มีขายอยู่ในตลาด

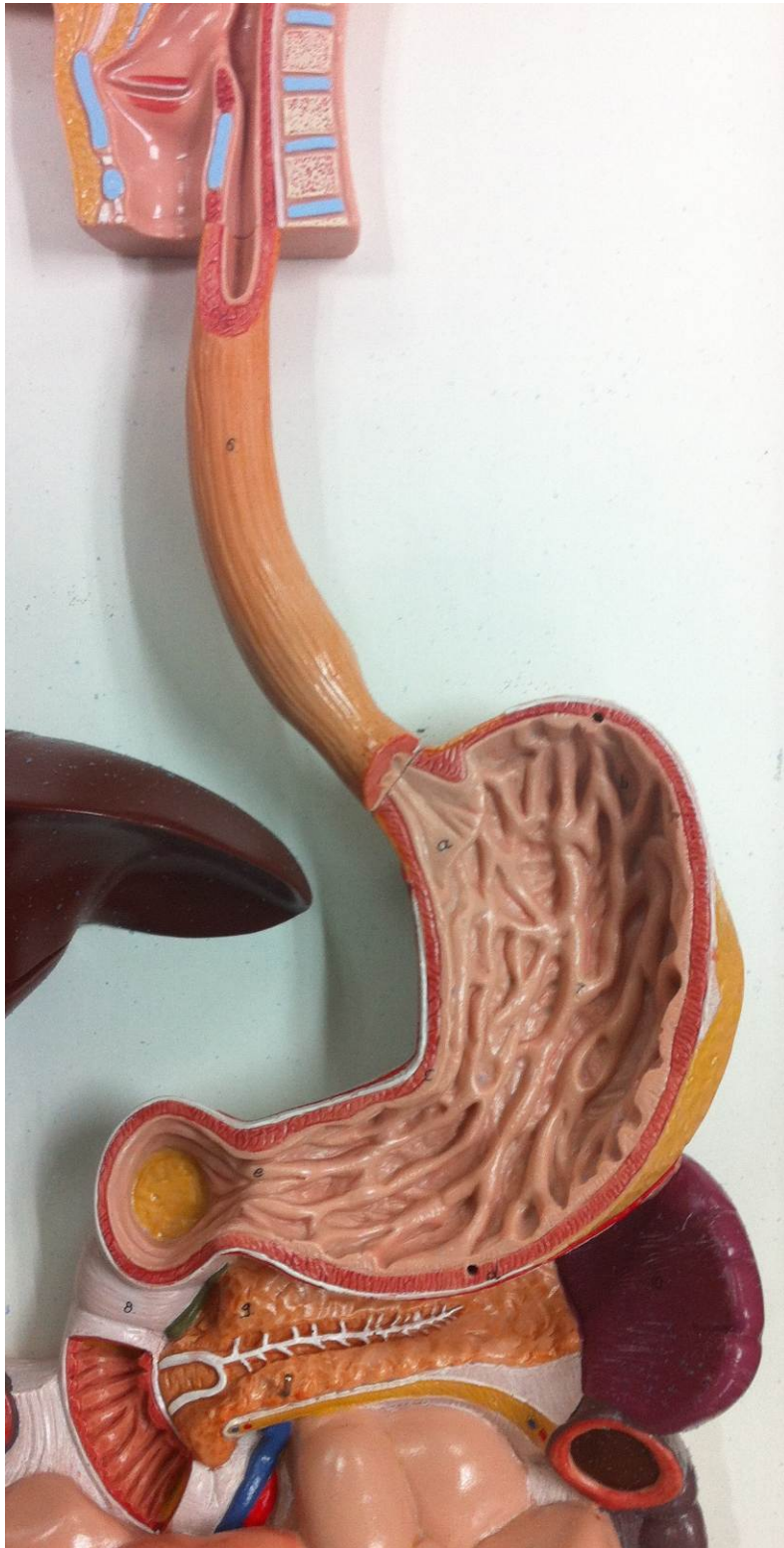
	Visual	Equipment	Feature	Cost
GI Mentor	3D Simulation	Mock Endoscope	Perforation Alert, Training Curriculum	5,000,000 – 10,000,000
KOKEN Simulator	Actual Image	Actual Endoscope	-	300,000 – 600,000
Proposed Simulator	Actual Image	Actual Endoscope	Perforation Alert	50,000



รูปที่ 1 การทำงานของระบบฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหารที่นำเสนอ

วิธีการ

วิธีการสร้างหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนนั้น ขั้นตอนแรก คือ การพัฒนาแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ซึ่งอยู่ในความดูแลของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อควบคุมให้มีความใกล้เคียงกับอวัยวะจริงที่สุด และมีการใช้แบบจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนของแพทย์มาเป็นต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 2 การพัฒนาแม่พิมพ์นั้นได้มีการแบ่งระบบทางเดินอาหารส่วนบนออกเป็น 3 ส่วน คือ หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร และลำไส้เล็กส่วนต้น เนื่องจากทั้ง 3 ส่วนเป็นอวัยวะที่ต่างกัน ซึ่งมีพื้นผิวที่แตกต่างกัน และยังทำให้ง่ายต่อการพัฒนาแม่พิมพ์อีกด้วย โดยสำหรับส่วนกระเพาะอาหาร และลำไส้เล็กส่วนต้นนั้นทำการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการหล่อ รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างของแม่พิมพ์ส่วนกระเพาะอาหาร และในส่วนหลอดอาหารนั้นทำการขึ้นรูปโดยใช้วิธีการจุ่ม เนื่องจากหลอดอาหารมีลักษณะยาว และไม่มีรายละเอียดภายในมากนัก แม่พิมพ์สำหรับการจุ่มจึงทำได้ง่ายกว่า และให้ผลที่ไม่แตกต่างกับแม่พิมพ์แบบหล่อ



รูปที่ 2 แบบจำลองทางเดินอาหารส่วนบนที่ใช้เป็นต้นแบบในการทำแม่พิมพ์



รูปที่ 3 ตัวอย่างแม่พิมพ์ส่วนกระเพาะอาหารที่สร้างขึ้นสำหรับขึ้นรูป

ตารางที่ 2 สูตรยางมาตรฐานสำหรับยางฟองน้ำที่นำมาใช้หล่อระบบทางเดินอาหารส่วนบน

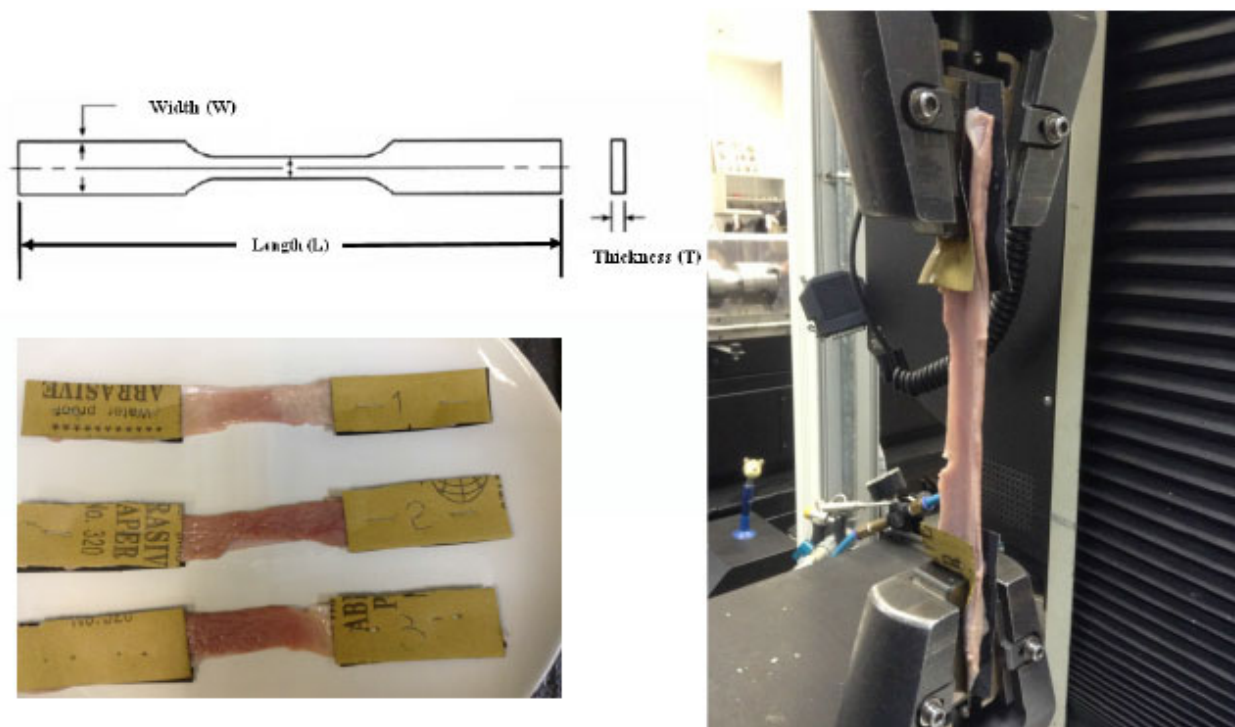
น้ำยางและสารเคมี	ปริมาณ (g)
60% น้ำยางข้น (Latex)	668
10% โปแตสเซียมโอเลต (Potassium Oleate)	60
50% กำมะถัน (Sulfur)	16
50% แซตดีอีซี (ZDEC)	8
50% แซตเอ็มบีที (ZMBT)	8
50% ริงสเตย์แอล (Wingstay L)	8
50% ซิงค์ออกไซด์ (Zinc Oxide)	40
33% ดีพีจี (DPG)	8
12.5% เอสเอสเอฟ (SSF)	32

หลังจากได้แม่พิมพ์แล้วจึงได้ทำการพัฒนาสูตรยาง โดยได้รับความอนุเคราะห์จาก ผอ.ณพรัตน์ วิชิตชลชัย ผู้อำนวยการกลุ่มอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร และคณะ ในการร่วมมือพัฒนาสูตร และช่วยเหลือให้คำแนะนำในการขึ้นรูป สำหรับสูตรยางนั้นได้พัฒนาโดยปรับจากสูตรพื้นฐานของสูตรยางพองน้ำที่ใช้สำหรับขึ้นรูปตุ๊กตายางพองน้ำของกลุ่มอุตสาหกรรมยางดังแสดงในตารางที่ 2 และได้มีการปรับปรุงสูตรเพิ่มเติม โดยปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำยางชั้นกับโปแตสเซียมโอเลเอต เพื่อปรับความแข็งนิ่ม และความยืดหยุ่น เพื่อหาว่าสูตรใดสามารถขึ้นรูปได้ และสูตรใดมีความเหมาะสมใกล้เคียง โดยจะเลือกหาสูตรที่เหมาะสมที่สุดโดยการทดสอบแรงดึง (Tensile Test) เทียบกับกระเพาะหมู เนื่องจากหมูนั้นมีความใกล้เคียงกับมนุษย์ และถูกนำมาใช้ในการฝึกหัดส่องกล้อง โดยในการหาสูตรที่มีความใกล้เคียงมากที่สุด ได้เปรียบเทียบโดยใช้ค่า Young's Modulus ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างความเค้น (stress) ต่อความเครียด (strain) โดยหลังจากการทดลองปรับสูตรต่างๆ แล้วจึงเลือกจากสูตรทั้งหมดออกมา 4 สูตรที่มีความใกล้เคียงกับกระเพาะหมู และสามารถนำมาขึ้นรูปได้อย่างดีดังแสดงในรูปที่ 4 เพื่อนำไปทดสอบแรงดึงเพื่อเลือกสูตรที่ดีที่สุด

• สูตรยางที่นำมาใช้ทดลอง

- 1) เคลือบผิวทั้ง 2 ด้านด้วยน้ำยางสูตร 668/60 และใส่น้ำยางสูตร 668/60 ลงไปให้เต็มแม่พิมพ์
- 2) เคลือบผิวทั้ง 2 ด้านด้วยน้ำยางสูตร 668/60 และใส่น้ำยางสูตร 668/80 ลงไปให้เต็มแม่พิมพ์
- 3) เคลือบผิวทั้ง 2 ด้านด้วยน้ำยางสูตร 668/60 และใส่น้ำยางสูตร 600/70 ลงไปให้เต็มแม่พิมพ์
- 4) เคลือบผิวด้านในด้วยสูตร 668/60 เคลือบผิวด้านนอกด้วยสูตร 600/70 และใส่น้ำยางสูตร 600/70 ลงไปให้เต็มแม่พิมพ์

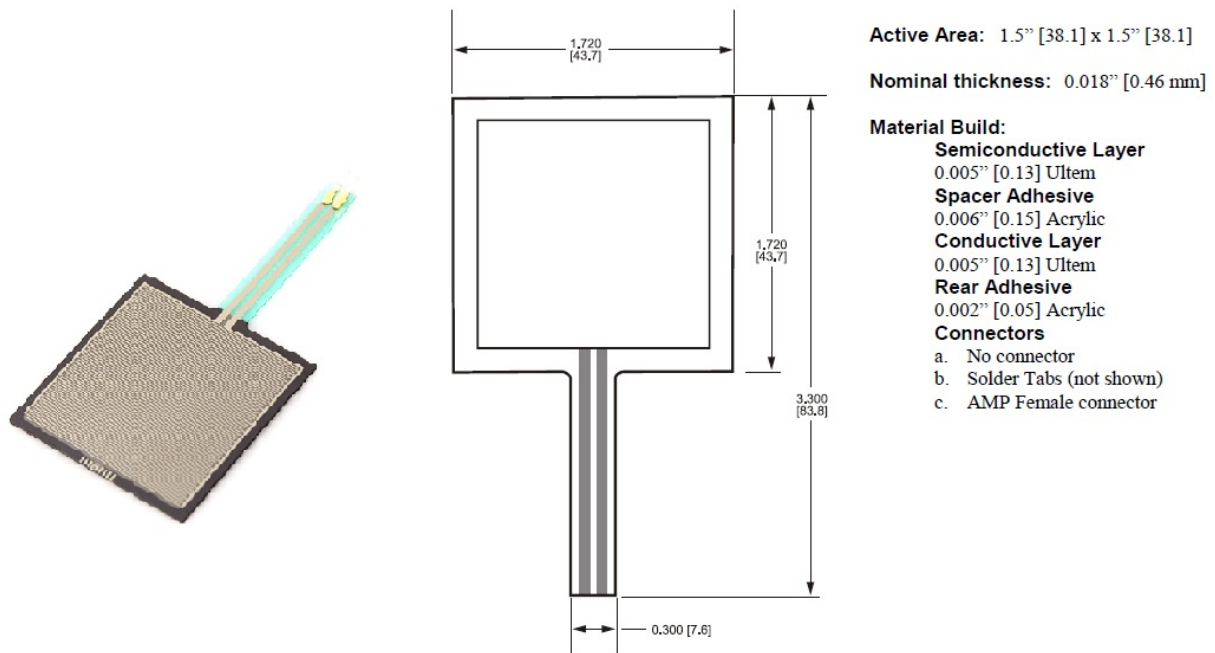
รูปที่ 4 สูตรยางทั้ง 4 สูตรที่ผ่านการปรับและทดสอบแล้วว่ามีความใกล้เคียงกับกระเพาะหมู



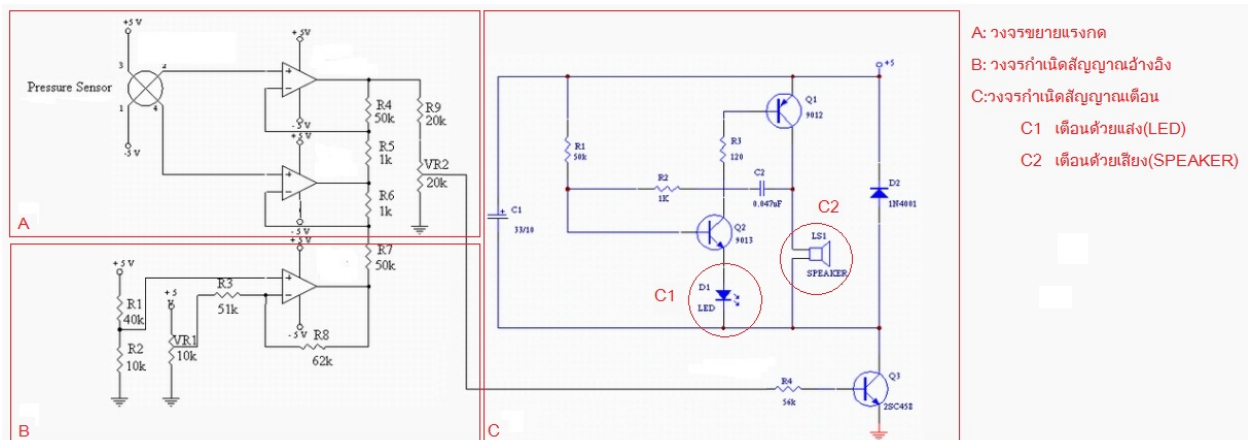
รูปที่ 5 การทดลองทดสอบแรงดึง (Tensile Test) ของกระเพาะหมู

โดยการทดสอบแรงดึงนั้นได้ทดสอบตามมาตรฐานอย่างถูกต้องโดยมีการตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดมาตรฐานที่เท่ากันทั้งกระเพาะหมูและชิ้นงานยางสูตรต่างๆ ที่นำมาทดสอบ และได้ทดลองกับเครื่องทดสอบแรงดึงที่ได้มาตรฐานที่ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ดังแสดงในรูปที่ 5 หลังจากการทดลองและเลือกสูตรยางที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองได้แล้ว จึงทำการขึ้นรูประบบทางเดินอาหารส่วนบนทั้ง 3 ส่วน และนำมาติดเข้าด้วยกัน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ และติดตั้งลงในหุ่นจำลองฝึกหัดการส่องกล้อง

ระบบเซ็นเซอร์นั้นใช้เซ็นเซอร์วัดแรงกด (Force Sensitive Resistor) ดังแสดงในรูปที่ 6 ติดลงไปบนผิวหนังนอกของระบบทางเดินอาหารใน 5 ตำแหน่งที่กล้องมีโอกาสจะดันเข้าไปโดนได้มากที่สุด เช่น ช่วงลิ้นต่าง ๆ และเซ็นเซอร์นั้นต่อกับวงจรขยายและปรับระดับดังแสดงในวงจรในรูปที่ 7 และต่อกับส่วนติดต่อภายนอกเพื่อแสดงผล เมื่อมีแรงกดที่ตำแหน่งนั้นๆ เกินค่าที่ตั้งไว้ โดยระบบเซ็นเซอร์ทำงานด้วยถ่านแบบชาร์จ (Rechargeable Lithium Battery) จึงมีความสะดวกในการใช้งานและเคลื่อนย้าย เมื่อทำการติดเซ็นเซอร์ลงบนผิวหนังภายนอกของระบบทางเดินอาหารและต่อกับวงจรแล้ว จึงยึดแผงวงจรและอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับตัวหุ่นฝึกหัดส่องกล้อง และเติมเจลเทียลงในช่องว่างระหว่างระบบทางเดินอาหารเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างหุ่นจำลอง รูปที่ 8 แสดงแผงวงจร ระบบจำลองทางเดินอาหารส่วนบนที่ติดตั้งเซ็นเซอร์และเติมเจลเทียลงไปแล้ว และส่วนแสดงผลและควบคุมหุ่นจำลอง โดยหุ่นจำลองสามารถใช้ในการฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหารส่วนบนได้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย และได้มีการนำไปทดสอบใช้งานจริงกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ และแพทย์ฝึกหัดเพื่อให้ได้คำแนะนำและข้อเสนอจากแพทย์มาใช้ในการพัฒนาขั้นต่อไป



รูปที่ 6 เซ็นเซอร์วัดแรงกด (Force Sensitive Resistor) ที่นำมาใช้ติดบนผนังภายนอกของระบบทางเดินอาหารจำลอง



รูปที่ 7 วงจรการทำงานของระบบเซ็นเซอร์วัดแรงกดที่ผนังของระบบทางเดินอาหารจำลอง

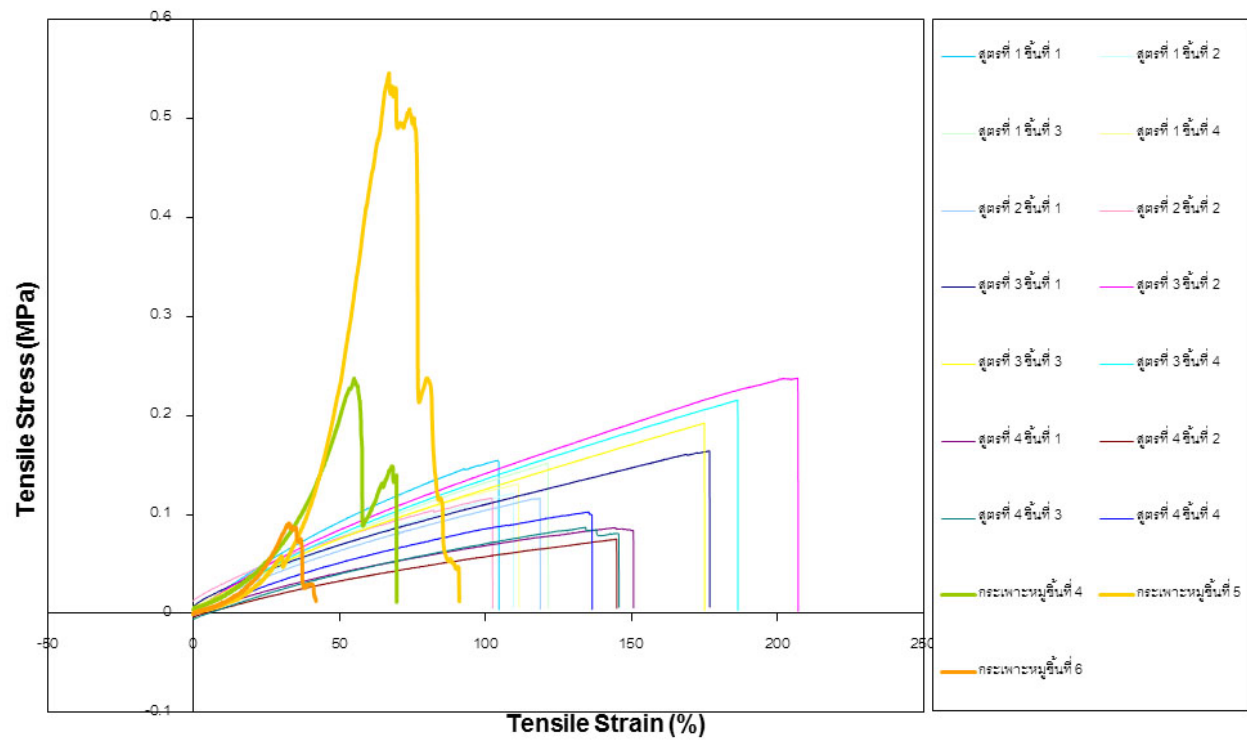


รูปที่ 8 ระบบเซ็นเซอร์พร้อมทั้งส่วนแสดงผลที่ถูกติดตั้งลงในหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบน

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบแรงดึงเปรียบเทียบระหว่างกระเพาะหมูกับยางทั้ง 4 สูตรที่เลือกมาทดสอบเป็นดังแสดงโดยกราฟระหว่างค่าความเค้น (Stress) และความเครียด (Strain) ในรูปที่ 9 และในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของ Young's Modulus และ Ultimate Tensile Stress ของกระเพาะหมูและยางที่นำมาทดลอง จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ Young's Modulus จะพบว่ายางสูตรที่ 2 และ 3 มีความใกล้เคียงกับกระเพาะหมูที่สุด แต่สูตรที่ 3 มีค่า Ultimate Tensile Stress ใกล้เคียงกับกระเพาะหมูมากที่สุด จึงเลือกที่จะนำยางสูตรที่ 3 คือ ทาผิวทั้งด้านนอกและด้านในเป็นน้ำยางสูตร 668/60 ซึ่งสามารถเก็บรายละเอียดในการขึ้นรูปได้ดี และใส่น้ำยางสูตร 600/70 ลงไปให้เต็มแม่พิมพ์เพื่อให้สัมผัสมีความนิ่มมากขึ้น สำหรับการจุ่มในส่วนของหลอดอาหารนั้นเลือกใช้น้ำยางสูตร 668/60 เนื่องจากสามารถเก็บรายละเอียดในการขึ้นรูปได้ดี

หลังจากเลือกสูตรยางที่เหมาะสมได้จากการทดลองแล้ว จึงได้ทำการขึ้นรูปทั้ง 3 ส่วน ตกแต่งสี และประกอบเข้าด้วยกันเป็นระบบทางเดินอาหารส่วนบนจำลองจากยางพาราที่เสร็จสมบูรณ์ดังแสดงในรูปที่ 10 ก่อนที่จะทำการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ และวงจรต่าง ๆ พร้อมทั้งยัดเข้ากับหุ่นจำลองเพื่อใช้สำหรับฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหาร รูปที่ 11 แสดงหุ่นจำลองสำหรับฝึกหัดส่องกล้องทางเดินอาหารจากยางพาราที่เสร็จสมบูรณ์ พร้อมสำหรับนำไปทดสอบ และใช้ฝึกหัดส่องกล้องได้



รูปที่ 9 กราฟแสดงการค่าความเค้น (stress) และความเครียด (strain) ของกระเพาะหมู และยางที่นำมาทดลอง

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของ Young's Modulus และ Ultimate Tensile Stress ของกระเพาะหมูและยางที่นำมาทดลอง

Samples	Avg. Modulus of Elasticity (E); Pa	Avg. Ultimate Tensile Stress (UTS); <u>MPa</u>
Pig stomach	1021	0.26391
1 st Formula	1250	0.139728
2 nd Formula	1000	0.116877
3 rd Formula	1075	0.20256
4 th Formula	625	0.088021



รูปที่ 10 ระบบทางเดินอาหารส่วนบนจำลองจากยางพาราที่เสร็จสมบูรณ์ ก่อนทำการติดตั้งระบบเซ็นเซอร์และนำไปยึดเข้ากับตัวหุ่นจำลองสำหรับฝึกหัดส่องกล้อง



รูปที่ 11 หุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนจากยางพาราที่เสร็จสมบูรณ์

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพารานั้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยสูตรยางที่นำมาใช้เป็นสูตรยางที่ผ่านการทดลองแล้วว่ามีความยืดหยุ่นซึ่งเปรียบเทียบกับใช้ค่า Young's Modulus ใกล้เคียงกับกระเพาะหมู (สูตรที่ 3 เคลือบผิวทั้ง 2 ด้านด้วยน้ำยางสูตร 668/60 และฉีดยาน้ำยางสูตร 600/70 ลงไปให้เต็มแม่พิมพ์) ซึ่งสามารถนำมาขึ้นรูป และติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ลงไป เพื่อสร้างหุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนบนได้อย่างไรก็ตามการที่จะวิเคราะห์ว่าหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ได้จริง และตรงตามความต้องการนั้นต้องผ่านการทดลองใช้จริงโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้ความเห็นและข้อเสนอแนะที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาเพิ่มเติมได้

สรุปผล

หุ่นจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราที่ถูกสร้างขึ้นมาสำเร็จตามวัตถุประสงค์นั้นได้มีการนำระบบจำลองไปให้กลุ่มแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและแพทย์ฝึกหัดที่ศูนย์ส่องกล้องและผ่าตัดผ่านกล้องบิวหลวง โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดปทุมธานี ทำการทดสอบการใช้งานเพื่อช่วยในการประเมินผล และเสนอแนะการพัฒนาเพิ่มเติม รูปที่ 12 แสดงการทดลองส่องกล้องทางเดินอาหารกับหุ่นจำลองที่พัฒนาขึ้นในห้องผ่าตัดจริง ซึ่งผลตอบรับที่ได้อยู่ในเกณฑ์พอใจ โดยมีความเห็นว่า ความเหมือนจริง โครงสร้างภายใน และสีสันทน ของระบบจำลองเพื่อทำการฝึกหัดส่องกล้องอยู่ในระดับพอใช้ถึงดี และการทำงานของระบบเซ็นเซอร์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ อย่างไรก็ตาม ผิวสัมผัสยังคงมีความแข็งเกินไป และไม่ยืดหยุ่นพอ จึงทำให้การใช้งานยากกว่าคนไข้จริง ส่งผลให้มีเพียงแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นที่สามารถส่องกล้องเข้าไปจนถึงลำไส้เล็กส่วนต้นได้ โดยแพทย์ฝึกหัดยังไม่สามารถบังคับกล้องให้เข้าถึงได้ สาเหตุที่ทำให้ความรู้สึกของผิวสัมผัสแข็งกว่าที่ต้องการ คาด



รูปที่ 12 การทดลองส่องกล้องทางเดินอาหารโดยกลุ่มแพทย์จากโรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ

ว่าเป็นเพราะการใช้เจลเทียนสำหรับเติมภายนอกกระบบทางเดินอาหารให้เต็ม ซึ่งเป็นสมมติฐานที่ได้จากการวิเคราะห์ร่วมกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญที่ทำการทดสอบ และมีความเห็นตรงกันว่าภายนอกของระบบทางเดินอาหารไม่ควรมีความแข็งมากเท่าเจลเทียน ซึ่งส่งผลให้การสัมผัสในการส่องกล้องไม่เหมือนจริงเท่าที่ควร และอีกสาเหตุหนึ่งอาจจะมาจากการขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อและใช้ยางที่ปรับสูตรมาจากยางฟองน้ำ ถึงแม้ว่าผลจากการทดลอง เปรียบเทียบกับกระเพาะหมูจะให้ค่าที่ใกล้เคียงในระดับหนึ่ง แต่โดยคุณสมบัติของยางฟองน้ำอาจจะคงตัวอยู่ในสภาพที่แข็งกว่าระบบทางเดินอาหารจริง ดังนั้นกล้องจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราที่สร้างขึ้น สามารถใช้ทดสอบความเชี่ยวชาญของแพทย์ได้ และมีต้นทุนไม่สูง ซึ่งในเบื้องต้นต้นทุนในส่วนการขึ้นรูปยางเฉพาะค่าน้ำยาง และค่าจ้างขึ้นรูป ไม่รวมค่าแม่พิมพ์ประมาณ 500 บาท ต่อระบบทางเดินอาหารส่วนบนทุกส่วน หุ่นจำลอง 2,000 บาท และระบบเซ็นเซอร์เฉพาะค่าชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประมาณ 4,500 บาทสำหรับหุ่นแบบเสียบไฟตรง และ 7,000 บาทสำหรับหุ่นที่ใช้แบตเตอรี่แบบชาร์จไฟได้ โดยสรุปต้นทุนจะอยู่ที่ประมาณ 7,000 – 9,500 บาท ต่อ 1 ตัว อย่างไรก็ตามยังต้องมีการปรับปรุงผิวสัมผัสเพิ่มเติมหากต้องการนำมาใช้สำหรับการฝึกแพทย์ฝึกหัดในเบื้องต้น

ข้อเสนอแนะ

จากข้อเสนอแนะที่ได้รับจากกลุ่มแพทย์ทั้งผู้เชี่ยวชาญ และแพทย์ฝึกหัดจึงวางแผนที่จะพัฒนาเพิ่มเติมไปพร้อมกับโครงการในปี 2556 (พัฒนากล้องจำลองระบบทางเดินอาหารส่วนล่าง) โดยจะทดลองเปลี่ยนวิธีการขึ้นรูปในทุกส่วนเป็นแบบจุ่ม และ

พัฒนาสูตรยางขึ้นใหม่โดยเปลี่ยนแปลงเป็นอ้างอิงจากสูตรยางลูกโป่งแทนสูตรยางฟองน้ำ เพื่อให้มีความยืดหยุ่นมากขึ้น และจะไม่มีการเติมนอกระบบทางเดินอาหารด้วยเจลเทียม แต่จะทำการยึดระบบทางเดินอาหารเข้ากับตัวหุ่นด้วยการทำพังผืดที่ระบบทางเดินอาหารคล้ายกับมนุษย์จริง และยึดไว้กับตัวหุ่นตามตำแหน่งที่ใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงในร่างกาย ซึ่งคาดว่าจะวิธีนี้จะสามารถทำให้ระบบทางเดินอาหารส่วนบนมีความใกล้เคียงกับมนุษย์มากขึ้น และสามารถนำมาใช้ในการฝึกแพทย์ฝึกหัดได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น ข้อควรปรับปรุงที่ได้จากผลการทดสอบและข้อเสนอแนะโดยสรุปเป็นดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อควรปรับปรุงที่ได้จากผลการทดสอบและข้อเสนอแนะโดยสรุป

ข้อควรปรับปรุงที่ได้จากผลการทดสอบ	ข้อเสนอแนะ
1. ผิวสัมผัสมีความแข็งเกินไป	1. ไม่เติมภายนอกด้วยเจลเทียม แต่พัฒนาวิธีการยึดระบบทางเดินอาหารจำลองกับหุ่น
2. ไม่สามารถยืดหยุ่น ขยับหรือย่น ได้เหมือนจริง	2. ศึกษาและทดลองสูตรยาง และวิธีการขึ้นรูปใหม่ โดยใช้ยางสูตรลูกโป่ง หรือถุงมือ และขึ้นรูปด้วยวิธีการจุ่ม

หลังจากการพัฒนาเพิ่มเติม และนำไปทดสอบกับแพทย์ทั้งผู้เชี่ยวชาญ และแพทย์ฝึกหัดจนได้ระบบที่มีความเหมาะสมที่สุดในการฝึกหัดแล้ว การพัฒนาต่อยอดไปสู่ภาคปฏิบัติจริงหรือภาคอุตสาหกรรมนั้นก็สามารถทำได้ เนื่องจากขั้นตอนการผลิตตามที่ได้ออกแบบมานั้นไม่ซับซ้อน และสามารถที่จะถ่ายทอดความรู้สู่ภาคเอกชนเพื่อทำการผลิตเป็นจำนวนมากได้ โดยในเบื้องต้นอาจจะเริ่มจากการผลิตเพื่อนำไปใช้ในโรงเรียนแพทย์ต่างๆ ที่มีการฝึกสอนแพทย์ส่งก้องในประเทศเป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- ADAMSEN, S. 2000. Simulators and Gastrointestinal Endoscopy Training. Endoscopy, Volume 32, 895-897.
- ADRALES, G. L., CHU, U. B., WITZKE, D. B., DONNELLY, M. B., HOSKINS, D., MASTRANGELO, M. J., GANDSAS, A. and PARK, A. E. 2003. Evaluating Minimally Invasive Surgery Training using Low-cost Mechanical Simulations. Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques, Volume 17, 580-585.
- ATTASARA, P. and BUASOM, R. 2011. Hospital-based Cancer Registry 2010.
- CLASSEN, M. and RUPPIN, H. 1974. Practical Training using a New Gastrointestinal Phantom. Endoscopy, Volume 6, 127-131.
- COHEN, J. 2011. Successful Training in Gastrointestinal Endoscopy.

- COSTAMAGNA, G. 2006. The Impacts of Simulators on Training in Digestive Endoscopy. *Digestive and Liver Disease*, Volume 39, 79-80.
- DUNKIN, B. J. 2003. Flexible Endoscopy Simulators. *Seminars in Laparoscopic Surgery*, Volume 10, 29-35.
- GERSON, L. B. and VAN DAM, J. 2004. Technology Review: the Use of Simulators for Training in GI Endoscopy. *Gastrointestinal Endoscopy*, Volume 60, 992-1001.
- HOCHBERGER, J., MAISS, J. and HAHN, E. G. 2002. The Use of Simulators for Training in GI Endoscopy. *Endoscopy*, Volume 34, 727-729.
- HOCHBERGER, J., MATTHES, K., MAISS, J., KOEBNICK, C., HAHN, E. G. and COHEN, J. 2005. Training with the compactEASIE biologic endoscopy simulator significantly improves hemostatic technical skill of gastroenterology fellows: a randomized controlled comparison with clinical endoscopy training alone. *Gastrointestinal Endoscopy*, Volume 61, 204-215.
- MCCASHLAND, T., BRAND, R., LYDEN, E., DE GARMO, P., and CORI RESEARCH PROJECT. 2000. The Time and Financial Impact of Training Fellows in Endoscopy. *American Journal of Gastroenterology*, Volume 95, 3129-3132.
- SEDLACK, R. E., KOLARS, J. C. and ALEXANDER, J. A. 2004. Computer Simulation Training Enhances Patient Comfort During Endoscopy. *Clinical Gastroenterology and Hepatology*, Volume 2, 348-352.
- TANOUE, K., IEIRI, S., KONISHI, K., YASUNAGA, T., OKAZAKI, K., YAMAGUCHI, S., YOSHIDA, D., KAKEJI, Y. and HASHIZUME, M. 2008. Effectiveness of Endoscopic Surgery Training for Medical Students using a Virtual Reality Simulator versus a Box Trainer: a Randomized Controlled Trial. *Surgical Endoscopy*, Volume 22, 985-990.
- WILLIAMS, C. B., BAILLIE, J., GILLIES, D. F., BORISLOW, D. and COTTON, P. B. 1990. Teaching Gastrointestinal Endoscopy by Computer Simulation: a Prototype for Colonoscopy and ERCP. *Gastrointestinal Endoscopy*, Volume 36, 49-54.

สรุปข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่อร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ของโครงการ
“กล่องจำลองระบบทางเดินอาหารจากยางพาราเพื่อฝึกแพทย์ส่องกล้อง”
ดร.เดโช สุรางค์ศรีรัฐ หัวหน้าโครงการ

ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ	ตอบข้อคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิโดยนักวิจัย
<u>ความเห็นด้านวิชาการ (Technical)</u> <u>ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่ 1</u> - รูปที่ 9 และตารางที่ 3 ควรแสดงค่าตัวเลขเป็น Pa ไม่ใช่ MPa ให้เหมาะสมกับ magnitude ของ modulus & Ultimate Tensile Stress ที่ได้ - ควรแจกแจงประเด็นผลการทดสอบใช้งานต้นแบบจากอวัยวะจำลอง จากโครงการเบื้องต้นในรูปของตาราง ในลักษณะของข้อควรปรับปรุงและแนวทางเสนอแนะ (นักวิจัยได้สรุปเชิงพรรณนาไว้ในสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ) เพื่อให้ความสำคัญของเนื้อหาส่วนนี้อย่างชัดเจน - ควรสรุปประมาณการต้นทุนในการสร้างต้นแบบ โดยเฉพาะส่วนงานอิเล็กทรอนิกส์เซนเซอร์ <u>ผู้ทรงคุณวุฒิท่านที่ 2</u> - นักวิจัยยังขาดขั้นตอนสุดท้าย คือ การปรับปรุงหลังการทดลองใช้งานจริง - นักวิจัยควรเพิ่มเติมรายละเอียดเรื่องเจลเทียนว่ามีคุณสมบัติอย่างไร เพราะนักวิจัยอ้างว่าเจลเทียนทำให้แบบจำลองแข็งเกินไป - นักวิจัยควรมีข้อมูลการประเมินการใช้งานโดยแพทย์ (อาจเป็นการให้คะแนน) โดยเปรียบเทียบกับระบบปกติที่ใช้อยู่ (เช่น ความเหมือนจริง...คะแนน, ความง่ายในการดูแลรักษา...คะแนน) - การเลือกสูตรยางนักวิจัยใช้ Ultimate testing strength ซึ่งไม่น่าถูกต้อง เพราะเราไม่ต้องการ	- ได้ปรับในส่วน of modulus ให้มีหน่วยเหมาะสมตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (หน้า 16) - ได้เพิ่มเติมส่วนตารางสรุปตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (หน้า 20) - ได้เพิ่มเติมส่วนสรุปค่าใช้จ่ายตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ (หน้า 19) - หลังจากวิเคราะห์จากข้อเสนอแนะจากการทดสอบจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแล้วพิจารณาว่าควรจะทดสอบการขึ้นรูปเป็นใช้วิธีการจุ่มแทน เนื่องจากเวลาจำกัด จึงขออนุมัติรับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และยกส่วนนี้ไปทดสอบเพิ่มเติมในโครงการปี 2556 - ได้เพิ่มเติมส่วนรายละเอียดเรื่องเจลเทียนลงไป (หน้า 3 และ 19) - เนื่องจากข้อมูลที่มียังค่อนข้างจำกัด เนื่องจากเวลาจำกัด และเห็นว่าควรพัฒนาเพิ่มเติม จึงขออนุมัติรับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และยกส่วนนี้ไปเพิ่มเติมในโครงการปี 2556 - เห็นด้วยกับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ แต่เนื่องจากเวลาจำกัด และ

ความแข็งแรง สิ่งที่เปรียบเทียบขณะใช้งานคือ ความนุ่ม/ความยืดหยุ่น ซึ่งบอกด้วย hardness และค่าE ดังนั้นจึงไม่แปลกใจที่แพทย์ผู้ใช้งานบอกว่าแข็งไป 5. รูปที่ 9 ค่า Ultimate testing strength ของกระเพาะหมูมี Variation สูงมากจนเชื่อถือไม่ได้ แนะนำให้นักวิจัยเริ่มจากกำหนด E ที่เป็นจริงขณะใช้งาน แล้วขยายรูปที่ 9 ดูสูตรที่ E ใกล้เคียงกับกระเพาะหมู ค่าE จะเป็นตัวอธิบายความยืดหยุ่น และใช้สัมผัสเลือกสูตรที่ให้ Hardness ที่เทียบกับกระเพาะหมู (อาจใช้เครื่องมือวิเคราะห์ Texture อาหารก็ได้) 6. นักวิจัยควรเพิ่มเติมงานในบางส่วนเพื่อขยายผล เช่น เน้นเรื่องวัสดุอย่างให้เหมือนจริงมากขึ้น และเรื่อง Reliability ของระบบ sensor ซึ่งในรายงานนี้ยังไม่มีกรรายงาน	เห็นว่าควรปรับปรุงสูตรยางใหม่ก่อนทดสอบ จึงขออนุมัติข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และยกส่วนนี้ไปปรับปรุงการทดลองในโครงการปี 2556 5. เห็นด้วยกับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เนื่องจากเวลาจำกัด และเห็นว่าควรปรับปรุงสูตรยางใหม่ก่อนทดสอบ จึงขออนุมัติข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และยกส่วนนี้ไปปรับปรุงการทดลองในโครงการปี 2556 6. เห็นด้วยกับข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ เนื่องจากเวลาจำกัด และเห็นว่าควรต้องพัฒนาเพิ่มเติมทั้งในส่วนสูตรยาง และระบบเซ็นเซอร์ซึ่งเกี่ยวข้องกัน จึงขออนุมัติข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ และยกส่วนนี้ไปทดสอบเพิ่มเติมในโครงการปี 2556
--	--