วารสารวิชาการสาธารณสุข
ปีที่ 28 ฉบับเพิ่มเติม 2, กันยายน - ตุลาคม 2562

Journal of Health Science
Vol. 28 Supplement 2, September - October 2019

นิพนธ์ต้นฉบับ ***Original article***

การพัฒนาเครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำและเครื่องติดตามโดยการส่งสัญญาณแบบไร้สาย

จันทร ชัยประเสริฐ ค.บ., วท.ม., ปร.ด. (การจัดการสารสนเทศ)*
นุสิทธิ์ ชัยประเสริฐ พ.บ., วว. (อายุรศาสตร์)**
** คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี*
*** โรงพยาบาลพัฒนานิคม จังหวัดลพบุรี*

วันรับ: 19 ธ.ค. 2560
วันแก้ไข: 13 มิ.ย. 2561
วันตอบรับ: 30 มิ.ย. 2561

บทคัดย่อ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ รวมทั้งประเมินประสิทธิผลและความพึงพอใจในการใช้งานของเครื่องที่พัฒนาขึ้น โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรทางการแพทย์ที่เลือกแบบเฉพาะเจาะจง จำนวน 10 คน การดำเนินการวิจัยเป็น 3 ระยะ ระยะแรกพัฒนาเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ ระยะที่สองทดลองใช้งาน และระยะที่สามประเมินประสิทธิผลและความพึงพอใจ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) เครื่องควบคุมและเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ และ (2) แบบสัมภาษณ์แบบบันทึกและแบบสอบถามความพึงพอใจในการใช้เครื่องที่พัฒนาขึ้น วิเคราะห์ผลด้วยสถิติเชิงพรรณา ร้อยละ และค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยพบว่าเปอร์เซ็นค่าความผิดพลาดในการวัดค่าปริมาตรของสารละลายอยู่ระหว่าง 0.25 - 3.70 ผลการประเมินประสิทธิผลการทำงานของเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ โดยผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรทางการแพทย์พบว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดี (Mean=3.60, SD=1.2 และ Mean=3.80, SD=0.17 ตามลำดับ) สำหรับความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามฯ โดยบุคลากรทางการแพทย์อยู่ในเกณฑ์ที่ดีเช่นเดียวกัน (Mean=3.98, SD=0.24) โดยมีระยะส่งได้ไกลในรัศมี 600 เมตร

***คำสำคัญ*: เครื่องควบคุมการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ, เครื่องติดตาม, ส่งสัญญาณแบบไร้สาย**

บทนำ

การให้สารละลายทางหลอดเลือดดำเป็นการรักษาโรควิธีหนึ่ง ซึ่งผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลจะได้รับสารละลายชนิดต่าง ๆ โดยการควบคุมอัตราการไหลปริมาณสารละลายโดยรวมตามแผนการรักษาของแพทย์ การควบคุมสารละลายให้เพียงพอไม่มากหรือน้อยเกินไปมีความจำเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงสูง เช่นผู้ป่วยโรคหัวใจล้มเหลว ผู้ป่วยไตวาย ผู้ป่วยที่มีการสูญเสียน้ำและเลือด เพราะหากการไหลที่เร็วหรือช้าเกินไปอาจเกิดผลเสียต่อผู้ป่วยตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงแก่ชีวิตได้ ปัจจุบันการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำในโรงพยาบาล การควบคุมส่วนใหญ่ใช้มือปรับลูกกลิ้งกดสายน้ำเกลือ ซึ่งพบปัญหาต่าง ๆ ได้แก่ อัตราการไหลไม่แน่นอน สารละลายหมดไม่มีการเตือนทำให้

เลือดไหลย้อนกลับและอุดตันต้องแทงเข็มน้ำเกลือใหม่ ทำให้เสียเวลา และงบประมาณ รวมทั้งการเจ็บตัวของผู้ป่วย ตลอดจนความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นเพราะการเจาะเลือดบ่อยขึ้น เช่น ความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุต่าง ๆ เข็มทิ่มตำ เป็นต้น[1] บางโรงพยาบาลใช้วิธีการเดินสำรวจปริมาณน้ำเกลือที่เหลืออยู่เป็นประจำ เช่นทุกสองชั่วโมง เพื่อปรับอัตราการไหลใหม่ให้ถูกต้อง บางครั้งอาจใช้เวลานานเกินไปกว่าจะพบความผิดปรกติ อีกทั้งต้องใช้เจ้าหน้าที่พยาบาลเดินดูทีละเตียงทำให้เสียเวลาอย่างมาก[2] บางแห่งพัฒนาเครื่องเตือนน้ำเกลือใกล้หมดโดยการชั่งน้ำหนักขวดน้ำเกลือและส่งสัญญาณเสียงและแสง ซึ่งใช้เตือนได้ดี แต่ยังไม่ละเอียดมากนักเพราะเป็นการเตือนใกล้จะหมดเท่านั้น และเป็นการเตือนเฉพาะที่เตียงผู้ป่วย[3]

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าปัจจัยช่วยให้การให้สารละลายตรงตามเป้าหมาย คือการใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลาย (infusion pump) แต่ข้อจำกัดคือเครื่องควบคุมที่มีคุณภาพที่ดีมีราคาสูงราคาตั้งแต่ 50,000 ขึ้นไป[4] ดังนั้นส่วนใหญ่จึงใช้การควบคุมการไหลด้วยมือและต้องใช้เวลาในการสังเกตบ่อย ๆ ว่าปริมาณสารละลายนั้นไหลในอัตราที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งทำให้เสียทั้งเวลาและบุคลากรในการดูแล อาจเกิดเลือดไหลย้อนกลับ การอุดตันของปลายเข็มบริเวณให้สารละลาย ทำให้ผู้ป่วยต้องได้รับการเปิดเส้นเลือดใหม่[3]

ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีการใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลายสำหรับผู้ป่วยในส่วนที่มีการเตือนด้วยเสียงเมื่อมีความผิดปรกติของการไหลของสารละลายอาจดังไม่พอให้เจ้าหน้าที่ได้ยิน หรือมาแก้ไขได้ทันท่วงที นอกจากนี้การทำงานของเครื่องควบคุมการให้สารละลายจะทำงานโดยการขับมอเตอร์ตลอดเวลาทำให้ใช้กระแสไฟฟ้ามาก บางครั้งถ้าต้องถอดปลั๊กไฟฟ้าเพื่อเคลื่อนย้ายผู้ป่วยไปไกล ๆ แบตเตอรี่ที่สำรองไฟไว้อาจไม่เพียงพอ ต้องปิดเครื่องแล้วใช้การควบคุมด้วยมือชั่วคราว ทำให้มีความผิดพลาดได้ ปัจจุบันมีผู้คิดค้นเครื่องให้สารละลายโดยวัสดุที่หาได้ในประเทศ มีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาถูกกว่า แต่เมื่อนำมาทดสอบพบว่ายังมีปัญหาการควบคุมอัตราการไหลไม่ถูกต้อง อีกทั้งมีขนาดใหญ่จึงยังไม่ได้นำมาใช้งานกับผู้ป่วยจริง[5] นอกจากนี้จากงานวิจัยของสุเมธ อ่ำชิต[6] และ ในงานวิจัยของวุฒิชัย วรนันทกุลและสุเมธ อำชิต[7] ได้ทำการพัฒนาเครื่องตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือระยะไกล แต่เป็นการติดตามการไหลของสารละลายที่มีการควบคุมด้วยมือเท่านั้น ไม่ได้มีการปรับควบคุมการไหลโดยอัตโนมัติ ในงานวิจัยเครื่องให้สารละลายทางหลอดเลือดดำที่ผ่านมาทั้งของในประเทศ และต่างประเทศ เช่น Gupta R et al.[8] และ Thariyan K et al.[9] ตลอดจนที่ใช้อยู่โดยทั่วไปในโรงพยาบาลต่าง ๆ ในปัจจุบันยังไม่มีการส่งข้อมูลการเฝ้าระวังและติดตามข้อมูลการแจ้งเตือน และหมายเลขเตียงผู้ป่วยระยะไกลแบบไร้สายไปที่เคาน์เตอร์พยาบาล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องให้สารละลายทางหลอดเลือดดำที่มีการปรับอัตราการไหลของสารละลายโดยอัตโนมัติซึ่งมีประโยชน์ คือทำให้อัตราการไหลของสารละลาย สอดคล้องกับปริมาตรของสารละลายที่ผู้ป่วยต้องการตามเวลาที่แพทย์กำหนด และมีเครื่องเฝ้าระวังและติดตามการให้สารละลายฯ ระยะไกลแบบไร้สาย นอกจากนี้จะมีการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องควบคุมที่พัฒนาขึ้น ทั้งประสิทธิผลการทำงาน และความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในสภาวะจริงอีกด้วย

วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (quasi-experimental research) ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ บุคลากรทางการแพทย์ แผนกผู้ป่วยหนัก (ICU) โรงพยาบาลโคกสำโรง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี จำนวน 10 คน (แพทย์ 1 คนและพยาบาล 9 คน) เลือกแบบเฉพาะเจาะจง (purposive sampling) สำหรับขอบเขตของเครื่องควบคุมฯ ที่พัฒนาขึ้นมีคุณสมบัติดังนี้

1) ผู้ใช้สามารถปรับอัตราความเร็วของการไหลได้ในช่วง 20-1,000 ml/hr

2) ชุดการให้สารละลาย (IV-set) เป็นชุดการให้สารละลายขนาด 20 หยด/ml

3) ผู้ใช้สามารถกำหนดเลขเตียงคนไข้เพื่อบอกตำแหน่งกรณีเกิดปัญหาที่ต้องแจ้งเตือนระยะไกล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย (1) เครื่องมือทดลอง และ (2) เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือทดลอง

1.1 เครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถตั้งอัตราการให้สารละลาย (infusion Rate) ในช่วง 20-1,000 ml/hr
- ผู้ใช้สามารถกำหนดเลขเตียงคนไข้เพื่อบอกตำแหน่งกรณีเกิดปัญหาที่ต้องแจ้งเตือนระยะไกล
- ประหยัดพลังงาน ใช้กระแสไฟน้อยกว่า 1.0 แอมป์ 5 โวลท์ (กินไฟน้อยกว่า 5 วัตต์)
- ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาด 220 โวลต์ (มีหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อแปลงไฟให้เป็นกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ 1 แอมป์)
- ภายในมีแบตเตอรี่สำรองไฟชนิดลิเธียมไอออน (lithium-ion) สามารถใช้งานต่อเนื่องได้อย่างน้อย 48 ชั่วโมงขณะไฟฟ้าดับ
- มีระบบเฝ้าระวังและติดตามการให้สารละลายจากเครื่องควบคุม
- ระยะส่งสัญญาณแจ้งเตือนมาที่เครื่องติดตามรัศมี 600 เมตร
- มีคีย์บอร์ด (keyboard) เพื่อใช้ป้อนข้อมูล คำสั่งต่าง ๆ เข้าสู่ตัวเครื่อง
- มีระบบตรวจจับฟองอากาศในสาย
- มีระบบตรวจสอบการอุดตัน หรือการทับของสาย
- มีระบบตรวจสอบเครื่องกรณีเครื่องมีความผิดปกติของการใช้งานเมื่อไม่ได้เสียบสายไฟ (mains power disconnection) หรือแบตเตอรี่อ่อนกำลัง (low battery)

1.2 เครื่องติดตามการให้สารละลายฯ มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถเฝ้าระวังและติดตามเครื่องควบคุมการให้สารละลายอย่างไม่จำกัด
- สามารถแสดงข้อมูลการแจ้งเตือนบนหน้าจอเครื่องติดตามโดยแสดงหมายเลขเตียงและข้อความ error ที่กำหนด เมื่อพบปัญหาต่าง ๆ เช่น สารละลายหมด สารละลายใน IV set ไหลช้าลง สารละลายใน IV set ไหลเร็วเกินไป หรือมีฟอง-อากาศในสาย IV set

2. เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบสัมภาษณ์ เพื่อศึกษาความต้องการของผู้ใช้ในการใช้เครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ

2.2 แบบบันทึกการทดลอง เพื่อใช้บันทึกอัตราการไหลของสารละลายและปริมาตรของสารละลายที่ถูกใช้ไปโดยการใช้เครื่องควบคุมการให้สารละลายที่พัฒนาขึ้น

2.3 แบบสอบถามเพื่อประเมินประสิทธิผล และความพึงพอใจของเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ

- แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาโปรแกรม และการแพทย์ เพื่อประเมินประสิทธิผลการใช้งานของเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ โดยแบ่งการประเมินระบบด้านต่าง ๆ ออกเป็น 5 ส่วนหลัก ๆ คือ
  1) การตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ (functional requirement test)
  2) การทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ (functional test)
  3) ความง่ายต่อการใช้งานระบบ (usability test)
  4) การรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ (security test)
  5) ความปลอดภัยในการใช้งานระบบ (safety test)

  จำนวนข้อคำถามรวม 33 ข้อ

- แบบสอบถามสำหรับบุคลากรทางการแพทย์ เพื่อใช้ในการประเมินประสิทธิผลการใช้งานของเครื่อง-

ควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 4 ส่วนคือ (1) คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องควบคุมและติดตามฯ (2) ความเหมาะสมของเครื่องควบคุมและติดตามฯ (3) การใช้วัสดุเพื่อผลิตเครื่องควบคุมและติดตามฯ และ (4) คุณค่าของเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ จำนวนข้อคำถามรวม 13 ข้อ

- แบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับบุคลากรทางการแพทย์เพื่อใช้ในการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามฯ โดยแบ่งแบบสอบถามออกเป็น 4 ส่วน คือ (1) ด้านการใช้ประโยชน์ได้จริง (2) ด้านความปลอดภัย (3) ความสวยงามและ (4) ด้านความคุ้มค่า คุ้มทุน จำนวนข้อคำถามรวม 6 ข้อ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์บุคลากรทางการแพทย์จำนวน 5 ท่านเกี่ยวกับปัญหาการใช้งานของเครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ ในปัจจุบัน หน้าที่และการทำงานของเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามฯ ที่ต้องการเพื่ออำนวยความสะดวกได้สูงสุด

2. วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบบันทึกการทดลอง และแบบสอบถามโดยการหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วย 3 ระยะ คือ

1. การพัฒนาเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ

เครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ ใช้หลักการไหลของสารละลายด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และควบคุมอัตราการไหลด้วยอุปกรณ์ทางกล (stepper motor) ที่ไม่ต้องเคลื่อนไหวตลอดเวลา โดยการลอกเลียนแบบการบังคับด้วยมือแบบดั้งเดิมแต่ให้มีประสิทธิผลมากกว่า การพัฒนาเครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ ใช้หลักการดูด-กลืนของแสงในการตรวจจับหยดของสารละลาย จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปประมวลผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์พร้อมส่งข้อมูลเตือนด้วยเสียงเมื่อมีความผิดปรกติของการไหลของสารละลาย เช่นการไหลช้าหรือเร็วมากเกินกว่าที่กำหนดไว้ เพื่อติดตามหรือเฝ้าระวังจากเครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ ประกอบด้วยรายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ดังนี้ การออกแบบและพัฒนาการตรวจจับหยดของสารละลายไมโครคอนโทรเลอร์ร่วมกับส่วนติดต่อผู้ใช้เพื่อควบคุมการไหลของสารละลายโดยการใช้วงจรขับมอเตอร์และโปรแกรมควบคุมการทำงาน และเครื่องติดตามโดยการส่งสัญญาณแบบไร้สาย

การตรวจจับหยดสารละลาย: การทำงานในส่วนนี้ จะนำอุปกรณ์ไปจับที่ชุดการให้สารละลาย (IV-set) ในส่วนที่เป็นกระเปาะโดยมีหลอด LED อินฟาเรดส่องแสง และมีโฟโต้ทรานซิสเตอร์ในการรับแสงเมื่อสารละลายหยดผ่าน ดังแสดงในภาพที่ 1 ทำให้ลอจิกเปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลซ์ (pulse) โดยจะนำสัญญาณที่ได้ไปประมวลผลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์

การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์: ไมโครคอน-โทรลเลอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ Arduino Pro Mini Atmega 328 โดยทำการเขียนโปรแกรมควบคุมให้สามารถปรับอัตราการไหลของสารละลายได้ทุกช่วงเวลาตามการตรวจจับหยดสารละลาย เปรียบเทียบกับอัตราการไหลของสารละลายที่ได้กำหนดไว้ โดยคำนึงถึงการ

ภาพที่ 1 ชุดตรวจจับหยดสารละลาย

ประหยัดพลังงาน (ถ้ามีการปรับอัตราการไหลบ่อยจะใช้พลังงานมาก สำหรับการปรับด้วยมือโดยส่วนใหญ่จะปรับทุกสองชั่วโมงหรือมากกว่านั้น) เมื่อได้รับสัญญาณพัลซ์จากชุดตรวจจับหยดสารละลายข้างต้น จะนำสัญญาณพัลซ์ในแต่ละรูปคลื่นมาเทียบกับสัญญาณนาฬิกา แล้วคำนวณเป็นค่าอัตราการไหล (มิลลิลิตรต่อนาที) ดังสมการที่ 1 และ 2

อัตราการหยดของสารละลาย (หยดต่อนาที) = 60/ช่วงเวลาที่สัญญาณพัลซ์เกิดซ้ำ (วินาที).....สมการที่ 1

อัตราการไหล (มล.ต่อนาที) = จำนวนหยดต่อนาที/ขนาดของสาย IV set (หยดต่อ มล.) .....สมการที่ 2

ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณพัลซ์จากการตรวจจับหยดสารละลาย ระบบจะแจ้งเตือนด้วยเสียง และแสดงข้อความ “Empty” ทั้งที่เครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ ในกรณีที่สารละลายมีการไหลช้ากว่าเป้าหมายที่กำหนด เครื่องจะพยายามทำการปรับค่าการไหลโดยแขนกลจะทำการคลายสาย IV set ที่ถูกบีบไว้ทำให้สารละลายไหลเร็วขึ้นจนเท่ากับที่ตั้งไว้ตามที่ต้องการ แต่ถ้าไม่สำเร็จจะมีการแจ้งข้อความ “Too slow” ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนกรณีที่สารละลายมีการไหลเร็วมากกว่าเป้าหมายที่กำหนด เครื่องจะพยายามทำการปรับค่าโดยแขนกลจะทำการบีบสาย IV set เพื่อให้สารละลายไหลช้าลงจนเท่ากับอัตราการไหลที่ต้องการ แต่ถ้าไม่สำเร็จจะมีการแจ้งข้อความ “Too fast” บนจอแสดงผล สำหรับการแจ้งเตือนจะแจ้งเตือนด้วยเสียง และข้อความทั้งที่ตัวเครื่องควบคุมฯ และที่เครื่องติดตามการทำงานระยะไกลแบบไร้สายที่เคาน์เตอร์พยาบาล

เครื่องติดตามโดยการส่งสัญญาณแบบไร้สายจากเครื่องควบคุมฯ: ชุดส่งข้อมูล (เครื่องควบคุมการไหลของสารละลายฯ) เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Pro Mini Atmega328 สำหรับชุดรับข้อมูล (เครื่องติดตามการทำงานระยะไกลแบบไร้สาย) ใช้โมดูลสื่อสารแบบไร้สาย มีขนาดเล็กสะดวกต่อการใช้งาน โดยเครื่องติดตามเพียงเครื่องเดียวสามารถเฝ้าระวังและติดตามเครื่องควบคุมการให้สารละลายได้อย่างไม่จำกัดจำนวน ซึ่งเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ (ภาครับ) จะถูกติดตั้งที่เคาน์เตอร์พยาบาล โดยเครื่องติดตามฯ ได้มีการพัฒนาโปรแกรมเพื่อคอยตรวจจับคลื่นวิทยุของเครื่องควบคุมฯ จากเตียงผู้ป่วย (ภาคส่ง) ในกรณีที่เครื่องควบคุมฯ ตรวจพบปัญหาต่าง ๆ เช่น สารละลายหมด สารละลายใน IV set ไหลช้าลง สารละลายใน IV set ไหลเร็วเกินไป หรือมีฟองอากาศในสาย IV set ซึ่งหน้าจอของเครื่องติดตามฯ จะแสดง หมายเลขเตียงและข้อความผิดพลาดต่าง ๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 2 จอแสดงผลการเตือนที่เครื่องควบคุมการให้สารละลาย

ภาพที่ 3 จอแสดงอักษรวิ่งเตือนที่เครื่องติดตามการทำงานระยะไกลแบบไร้สาย

2. การทดลองใช้งานเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลาย

การทดสอบเริ่มจากการติดตั้งสาย IV set เข้าในเครื่องควบคุมฯ และติดตั้งเซ็นเซอร์ (sensor) เพื่อตรวจจับการหยดของสารละลายที่กระเปาะ IV set จากนั้นกำหนดหมายเลขเตียงที่ใช้เครื่องควบคุมดังกล่าว และกำหนดอัตราการไหลของสารละลายที่ต้องการ จากการทดลองได้ทำการทดสอบที่อัตราการไหลของสารละลายที่ต่างกัน 9 อัตรา คือ 20, 40, 60, 90, 80, 100, 120, 140 และ 160 มล. ต่อ ชม. โดยทำการทดสอบอัตราการไหล อัตราละ 5 ครั้ง ครั้งละ 1 – 4 ชั่วโมง

ในการทดสอบครั้งที่ 1 – 3 ดำเนินการโดยผู้วิจัย โดยทำการบันทึกค่าพัลซ์ที่อ่านได้จากเซนเซอร์ตรวจจับการหยดของสารละลาย และอัตราการไหลผ่าน serial monitor ของโปรแกรม Arduino IDE สำหรับการหาค่าปริมาตรของสารละลายที่ให้กับผู้ป่วยวัดจากการชั่งน้ำหนักสารละลาย และการอ่านค่าที่ได้จากบีกเกอร์เพื่อยืนยันความถูกต้องของค่าปริมาตรที่ได้จากทั้ง 2 วิธีข้างต้น สำหรับการทดลองครั้งที่ 4 และ 5 ทำการทดลองโดยบุคคลากรทางการแพทย์ ที่หอผู้ป่วยหอผู้ป่วยฉุกเฉิน (ICU) โรงพยาบาลโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

3. ประเมินประสิทธิผลและความพึงพอใจในการใช้งานของเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ

การทดสอบการทำงานโดยรวมทั้งระบบ ประกอบด้วยโปรแกรมการใช้งานการนับหยดน้ำเกลือ การควบคุมการไหลของสารละลายฯ เพื่อให้ได้อัตราการไหลตามที่กำหนด และส่วนเครื่องติดตามการทำงานระยะไกลแบบไร้สาย โดยเริ่มจากการติดตั้งสาย IV set เข้าในเครื่องควบคุมฯ และติดตั้งเซ็นเซอร์เพื่อตรวจจับการหยดของสารละลายที่ IV set จากนั้นกำหนดเตียงที่ใช้เครื่องควบคุม และกำหนดอัตราการไหลของสารละลายที่ต้องการ

ผลการศึกษา

1. ผลการพัฒนาเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลาย

เครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายที่พัฒนาขึ้นราคาประมาณ 3,500 และ 1,000 บาทตามลำดับ ซึ่งเครื่องควบคุมฯ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับทั่วไปขนาด 220 โวลต์ โดยมีหม้อแปลงไฟฟ้าแปลงไฟให้เป็นกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ 1 แอมป์ ภายในมีแบตเตอรี่สำรองไฟชนิดลิเธียมไอออน การใช้งานกรณีไฟฟ้าดับสามารถทำงานต่อเนื่องได้อย่างน้อย 48 ชั่วโมงกินกระแสน้อย (น้อยกว่า 0.5 แอมป์) และระยะส่งสัญญาณรัศมีได้ไกล 600 เมตร

2. ผลการประเมินประสิทธิผลเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับการประเมินประสิทธิผลการทำงานของเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามฯ โดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ จำนวน 5 ท่านคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือแพทย์ นักเขียนโปรแกรม นักวิชาการด้านคอมพิวเตอร์ แพทย์ และบุคลากรสาธารณสุข เพื่อพิจารณาปรับปรุงเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ ให้มีความเหมาะสม ก่อนนำไปใช้กับผู้เข้าร่วมวิจัยโดยใช้แบบประเมินในรูปแบบ Black-box testing ผลการประเมินพบว่าอยู่ในระดับดี (Mean=3.60, SD=1.2)

3. ผลการทดสอบประสิทธิผลของเครื่องควบคุมฯ

ผลการทดสอบประสิทธิผลของเครื่องควบคุมการให้สารละลายได้จากการเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลของสารละลาย ระหว่างอัตราการไหลที่ผู้ใช้ได้กำหนดให้กับเครื่องควบคุมฯ และค่าเฉลี่ยอัตราการไหลที่อ่านได้จากเครื่องควบคุมการให้สารละลายที่พัฒนาขึ้น การทดสอบครั้งที่ 1 – 3 ทดสอบโดยคณะผู้วิจัย สำหรับการทดสอบครั้งที่ 4 และ 5 ทำการทดสอบโดยบุคลากรทางการแพทย์ในแผนกผู้ป่วยหนัก (ICU) โรงพยาบาลโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1

ผลการทดสอบประสิทธิผลของเครื่องควบคุมการให้

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ได้จากการเปรียบเทียบปริมาตรของสารละลาย ระหว่างค่าปริมาตรที่กำหนดและค่าเฉลี่ยของปริมาตรของสารละลายที่อ่านได้จากบีกเกอร์จากการทดลอง

ปริมาตรของสารละลายที่ได้จากการคำนวณอัตราการไหลของสารละลายที่ได้กำหนดขึ้น (มล.)	ค่าปริมาตรของน้ำเกลือที่อ่านได้จากบีกเกอร์จากการทดลอง (มล.)					ค่าปริมาตรเฉลี่ยของน้ำเกลือที่อ่านได้จากบีกเกอร์จากการทดลอง (มล.)	ค่าความผิดพลาดในการวัดค่าปริมาตรของเครื่องควบคุมฯ (ร้อยละ)
	1	2	3	4*	5*		
20	20	21	21	21	20	20.60	3.00
40	40	34	34	42	44.58	38.92	2.71
60	56	62.22	58	60	56	58.44	2.59
80	84	76	81	80	80	80.20	0.25
90	80	82	82	92	97.34	86.67	3.70
100	103.2	96	94	104	100	99.44	0.56
120	106	106.67	119	125	130	117.33	2.22
140	126.6	138	130	150	159	140.72	0.51
160	145.5	158	151.2	162.86	166	156.71	2.06

* ทำการทดลองโดยบุคลากรทางการแพทย์ในแผนกผู้ป่วยหนัก (ICU) ร.พ. โคกสำโรง

สารละลายพบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดในการวัดค่าปริมาตรของเครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ เทียบกับปริมาตรจริงของสารละลายที่ได้จากการคำนวณอัตราการไหลของสารละลายที่ได้กำหนดขึ้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ระหว่าง 0.25 – 3.70

4. ผลการประเมินประสิทธิผลเครื่องควบคุมฯ และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ โดยบุคลากรทางการแพทย์

ในการประเมินประสิทธิผล และความเป็นไปได้ในการใช้งานเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามฯโดยบุคลากรทางการแพทย์หลังจากได้ทดลองใช้งานเครื่องควบคุมการให้สารละลายพบว่าอยู่ในระดับดี ดังแสดงในตารางที่ 2

5. ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลายฯ โดยบุคลากรทางการแพทย์

ในการทดสอบความพึงพอใจในการใช้งานโดย

ตารางที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามการให้สารละลายโดยบุคลากรทางการแพทย์ (คะแนนเต็ม 5)

หัวข้อประเมิน	Mean±SD (N=10)	ผลการประเมิน
1. คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามฯ	3.81±0.54	ระดับดี
2. ความเหมาะสมของครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ	3.71±0.42	ระดับดี
3. การใช้วัสดุเพื่อผลิตเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ	3.64±0.69	ระดับดี
4. คุณค่าของเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ	4.04±0.44	ระดับดี
สรุป	3.80±0.17	ระดับดี

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานเครื่องควบคุม และเครื่องติดตามการให้สารละลาย โดยบุคลากรทางการแพทย์ (คะแนนเต็ม 5)

หัวข้อประเมิน	Mean±SD (N=10)	ผลการประเมิน
1. ด้านการใช้ประโยชน์ได้จริง	4.14±0.23	ระดับดี
2. ด้านความปลอดภัย	4.00±0.53	ระดับดี
3. ด้านความสวยงาม	3.64±0.64	ระดับดี
4. ด้านความคุ้มค่า คุ้มทุน	4.14±0.64	ระดับดี
สรุป	**3.98±0.24**	**ระดับดี**

บุคลากรทางการแพทย์ ซึ่งเป็นกลุ่มบุคลากรกลุ่มเดียวกับกลุ่มที่ประเมินประสิทธิผลของเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ ทำได้โดยให้กลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานเครื่องจากนั้นตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการประเมินอยู่ในระดับดี ดังตารางที่ 3

โดยสรุป เครื่องควบคุมการให้สารละลายสามารถควบคุมอัตราการไหลของสารละลายโดยอัตโนมัติได้ดี เป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้งาน สำหรับประสิทธิผลการทำงานของเครื่องควบคุมและเครื่องติดตามฯ โดยทดสอบการทำงานในภาพรวมของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและบุคลากรทางการแพทย์ พบว่ามีประสิทธิผลอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเช่นเดียวกัน

วิจารณ์

จากผลการทดลองโดยทำการศึกษาที่แผนก ICU โรงพยาบาลโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี พบว่าเครื่องควบคุมการให้สารละลายฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นเครื่องต้นแบบที่สามารถนำไปใช้ได้ในสถานการณ์จริง ประหยัดพลังงานในการควบคุมอัตราการไหลของสารน้ำที่ให้การรักษาพยาบาลผู้ป่วย หรือแม้แต่สามารถดัดแปลงไปความคุมการให้อาหารทางสายยางแก่ผู้ป่วยได้ ในราคาที่ประหยัด แต่ควรมีการปรับปรุงในส่วนของความสวยงาม ความสะดวกในการนำสาย IV เข้ามาผ่านแขนกลสำหรับปรับอัตราการไหลอัตโนมัติ ในด้านความปลอดภัยเพื่อการป้องกันการปรับเปลี่ยนค่าของอัตราการให้สารละลายจากคนไข้หรือญาติ สำหรับระบบการจ่ายไฟฟ้าของเครื่องควบคุมฯ ที่พัฒนาขึ้น สามารถประหยัดพลังงานเป็นอย่างมาก และสามารถใช้งานได้นานหลายวันแม้ไฟฟ้าดับ ระยะส่งข้อมูลในระบบไร้สายจากเครื่องควบคุมฯ ลูกข่ายมายังเครื่องติดตามการให้สารละลายที่เคาน์เตอร์พยาบาลซึ่งเป็นเครื่องแม่ข่าย เครื่องควบคุมฯ สามารถส่งข้อมูลได้ไกลเพียงพอต่อการใช้งานในหอผู้ป่วย และรองรับเครื่องควบคุมฯ ลูกข่ายได้ไม่จำกัด

การแจ้งเตือนในกรณีที่มีความผิดปกติต่าง ๆ ครอบคลุมภาวะที่สำคัญคือ สารละลายไหลช้า ไหลเร็ว สายพับงอเกิดการอุดตัน หยุดไหล มีฟองอากาศภายใน หรือสารละลายหมดเป็นต้น แต่ควรเพิ่มเรื่องการแจ้งเตือนเมื่อมีการเปิดประตูเครื่องควบคุมขณะใช้เครื่องกำลังทำงาน ความผิดปกติของการใช้งานเมื่อไม่ได้เสียบสายไฟ (main power disconnection) ขณะที่แบตเตอรี่อ่อนกำลัง (low battery) อย่างไรก็ตามหากเกิดกรณีไฟหมดจากแบตเตอรี่จริง เครื่องควบคุมนี้ยังสามารถควบคุมการไหลของสารละลายไว้ที่อัตราเร็วเท่าเดิมเพราะอาศัยแรงโน้มถ่วงในการทำงานนั่นเอง ซึ่งยังถือว่ามีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยในระดับหนึ่ง และการใช้งานต้องแขวนขวดสารละลายไว้สูงกว่าคนไข้และเครื่องควบคุมอยู่เสมอ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการพัฒนาเครื่องควบคุมฯ ให้ดีขึ้นในส่วนของภาพลักษณ์ความสวยงาม และควรมีการสอบเทียบเครื่อง

ให้สารละลายฯ ที่พัฒนาขึ้นกับค่ามาตรฐาน (calibration) อย่างสม่ำเสมอจนเป็นที่เชื่อมั่นในคุณภาพและความปลอดภัย นอกจากนี้ควรมีการส่งเสริมให้นำไปใช้กับโรงพยาบาลอื่น ๆ อย่างแพร่หลาย เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าประหยัดพลังงานของประเทศชาติ รวมทั้งหาข้อบกพร่องต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเพื่อการพัฒนาที่ดีขึ้นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. กาญจนา พรมสิทธิ์, เยาวเรศ พันธุ์เกิด, อารีรัตน์ สาลี. นวัตกรรมโรงพยาบาลชัยภูมิ. รายงานการวิจัย. ชัยภูมิ: โรงพยาบาลชัยภูมิ; 2557.
2. พรศิริ ชูแสง. แนวทางการตรวจสอบความถูกต้องการให้สารละลายทางหลอดเลือดดำ. สงขลา: โรงพยาบาลระโนด; 2557.
3. ฐิตารีย์ แก้วตาทิพย์. นวัตกรรม IV alarm. รายงานผลการดำเนินการ โครงการพัฒนาคุณภาพ, งานการพยาบาลผู้ป่วยสูติ-นรีเวชกรรม โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2557.
4. เรืองศักดิ์ ใครบุตร. การสอบราคาซื้อครุภัณฑ์การแพทย์ infusion pump. สกลนคร: โรงพยาบาลสกลนคร; 2557.
5. วิวัฏฏะ มงคลจิตร, รัตน์ติยา โชติรุ่งโรจน์. เครื่องควบคุมการไหลของสารละลายผ่านสายน้ำเกลือ. รายงานโครงการของนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.
6. สุเมธ อ่ำชิต. เครื่องวัดหยดน้ำเกลือและส่งข้อมูลแบบบลูทูธ. วารสารอีซี 2552;46:52-60.
7. วุฒิชัย วรนันทกุล, สุเมธ อำชิต. การพัฒนาระบบตรวจเฝ้าระวังการให้น้ำเกลือแบบไร้สาย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 2556;23:687-95.
8. Gupta RC, Taneja SR, Thariyan KK, Kumar S. Design and implementation of controlled drug infusion system. Journal of Scientific and Industrial Research 2005;64:761-6.
9. Thariyan, K. K., Verma, S., Taneja, S. R., Gupta, R. C., & Ahluwalia, S. S. Design and development of unique drop sensing unit for infusion pump. Journal of Scientific and Industrial Research 2002;61:798-801.
10. สุทธิพงษ์ ผัดแก้ว. เครื่องควบคุมปริมาณน้ำเกลือใกล้หมดแจ้งเตือนแบบส่งสัญญาณไร้สาย [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต]. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา; 2557.

Abstract: Development of Intravenous Infusion Control and the Monitoring Device using Wireless Transmission

Chantorn Chaiprasurt, Ph.D. (Infomation Management)*; Nusit Chaiprasurt, Diploma, Thai Board of Internal Medicine**

** Faculty of Information Technology, Thepsatri Rajabhat University, **Phatthana Nikhom Hospital, Lop Buri Province, Thailand*

Journal of Health Science 2019;28(Suppl 2):S147-S156.

The purposes of this study were to develop an intravenous infusion control and monitoring device using wireless transmission and to evaluate the efficacy and satisfaction on the use of the device. The samples consisted of 10 medical professionals selected by purposive sampling. The research was conducted in 3 phases: (1) development of intravenous infusion control and the monitoring device, (2) trial, and (3) evaluation of the efficacy and satisfaction of using the developed devices. The study tools used in the study were (1) intravenous infusion control and the monitoring device, and (2) interview form, case record form and satisfaction questionnaire on the use of the device. The data was analyzed by descriptive statistics including percentage, mean and standard deviation. The results revealed that the mean percentage error in measuring the volume of the solution was between 0.25 and 3.70. The findings of the average efficiency using the devices by experts and medical professionals were good at Mean=3.60, SD=1.2 and Mean=3.80, SD=0.17, respectively. Moreover, medical professionals had express their satisfaction on the device (Mean=3.98, SD=0.24), which was able to perform wireless signal transfer at a distance up to 600 meters.

***Keywords*: intravenous infusion control device, monitoring device, wireless transmission**