

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินผลเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงบรรจุเลือดบริจาคที่ผลิตขึ้นเอง เพื่อใช้ในงานรับบริจาคโลหิต

วัฒนา ศิลาไสย

งานธนาคารเลือด กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลเลย

บทคัดย่อ

บทนำ การรับบริจาคโลหิตจะต้องมีการผสมเลือดเข้ากับสารกันเลือดแข็งในถุงบรรจุเลือด และปริมาตรเลือดที่เจาะเก็บจะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกับสารกันเลือดแข็ง การผสมเลือดเข้ากับสารกันเลือดแข็งและหยุดเลือดไม่ให้ไหลเข้าถุงบรรจุเลือดพร้อมกับมีสัญญาณเตือนเมื่อได้ปริมาตรตามที่กำหนด สามารถทำได้ด้วยเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงอัตโนมัติ แต่เครื่องดังกล่าวมีราคาแพงมากไม่สามารถจัดหาให้เพียงพอได้ การไม่มีเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงอัตโนมัติ จะใช้เจ้าหน้าที่ผู้รับบริจาคเลือดเขย่าถุงเลือดเป็นระยะๆ บางครั้งการเขย่าของเจ้าหน้าที่ไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดก้อนลิ่มเลือดในถุงเลือด และการที่ไม่สามารถอบกปริมาตรเลือดที่เจาะทำให้เลือดแต่ละถุงมีปริมาตรที่แตกต่างกันมาก **วัตถุประสงค์** เพื่อประเมินผลเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่พัฒนาขึ้นใช้เองโดยใช้การพองตัวของถุงเลือดเป็นตัวกำหนดปริมาตรเลือด **วัสดุและวิธีการ** ตัวเครื่องทำจากวัสดุที่ทำได้ในท้องถิ่นและให้มีการเขย่าผสมเลือดในถุงได้ 3 วิธี คือ ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่ หรือ แบบไม่ใช้ไฟฟ้า ซึ่งทั้ง 3 วิธีจะทำให้ปลายกล่องรองรับถุงเลือดยกขึ้น-ลงมีการผสมเข้ากันระหว่างเลือดกับสารกันเลือดแข็ง เมื่อถุงเลือดพองตัวได้ขนาดตามที่กำหนดจะไปดันสวิทช์ไฟชุดสัญญาณเสียงให้ครบวงจรจะเกิดเสียงเตือนขึ้น **ผลการศึกษา** จากการทดสอบการใช้งานเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่พัฒนาได้ พบว่าเครื่องมีการเขย่าผสมเลือดในถุงโดยปลายกล่องรองรับถุงเลือดยกขึ้นประมาณ 15 องศา และเอียงลงประมาณ 10 องศา ในอัตราเร็วประมาณ 20 รอบ/นาที เมื่อนำไปทดสอบใช้งานจริงกับถุงบรรจุเลือดขนาด 350 และ 450 มิลลิลิตรอย่างละ 100 ถุง พบว่าได้ปริมาตรเลือดอยู่ในช่วงยอมรับได้ตามเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย จากการดูสีพลาสมาไม่พบการแตกทำลายของเม็ดเลือดแดงและไม่พบข้อร้องเรียนว่ามีก้อนลิ่มเลือดในถุงเลือดในระหว่างการให้เลือดแก่ผู้ป่วย จากการคำนวณค่าใช้จ่ายพบว่าใช้งบประมาณเพียง 7,500 บาท ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องมือจากต่างประเทศประมาณ 15 เท่า **สรุป** เครื่องเขย่าผสมเลือดและควบคุมปริมาตรเลือดในถุงที่พัฒนาขึ้นครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในงานรับบริจาคโลหิตได้จริง สามารถเก็บโลหิตได้ตามมาตรฐานเกณฑ์กำหนด แต่อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบเพิ่มเติมถ้าจะนำไปใช้กับถุงบรรจุโลหิตของบริษัทอื่น

คำสำคัญ : ● Donor blood collection ● Blood mixer ● Total blood volume

วารสารโลหิตวิทยาและเวชศาสตร์บริการโลหิต 2560;27:389-96.

ได้รับต้นฉบับ 16 สิงหาคม 2560 รับลงตีพิมพ์ 18 ตุลาคม 2560

ต้องการสำเนาต้นฉบับติดต่อ นายวัฒนา ศิลาไสย งานธนาคารเลือด กลุ่มงานเทคนิคการแพทย์ โรงพยาบาลเลย ตำบลกุดป่อง อำเภอเมืองเลย จังหวัดเลย 42000

E-mail address : sila.ngarm@hotmail.com

Original Article

Assessment of Blood Bag Mixer for Donor Blood Collection

Wattana Silasalai

Division of Blood Bank, Department of Medical Technology, Loei Provincial Hospital

Abstract:

Background: During the collection of donor blood, the blood from donor vein must be adequately mixed with the anticoagulant in blood bag. Mixing blood can be done by automatic mixing apparatus which includes final volume stopping blood flow and alarming function. However, the cost of commercial automatic apparatus is too expensive to purchase, so manually mixing is applied widely. When manual mixing by staff is not properly done, small blood clot occurs. Moreover, not being able to measure the blood volume results in different volume in each bag. **Objective:** This study aimed to evaluate an in-house blood mixing apparatus with the volume of blood in each bag. **Materials and Methods:** The apparatus is made from local materials and provides three mechanisms to mix the blood. The mechanisms utilize electric power from alternating current (AC), direct current from a battery (DC), and without electric power. All of the mechanisms allow the bag container to lift the bag up and down to mix the blood with the anticoagulant. When the bag expands to the certain size, it pushes the switch to set off the alarm. **Results:** All of the three mechanisms operate to move the blood bag container up for 15° and down 10° at 20 rpm. When applying to 350 mL and 450 mL bags, 100 each, of Terumo Thailand brand, it was found that the collected blood volume was in an acceptable range, according to the standard of National Blood Centre, Thai Red Cross Society. There was no hemolysis and no complaining of blood clot following transfusion to recipient. The calculated cost of this blood bag mixer was only 7,500 THB which was 15 times less expensive. **Conclusion:** The developed in-house blood bag mixer is practical and provides standard blood collection. However, more testing should be conducted when applying the mixer to bags of other brands.

Keywords : ● Donor blood collection ● Blood mixer ● Total blood volume

J Hematol Transfus Med 2017;27:389-96.

บทนำ

งานบริการโลหิตมีหลายขั้นตอน แต่ละขั้นตอนต้องมีคุณภาพได้มาตรฐานจึงจะได้โลหิตและส่วนประกอบโลหิตที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำไปรักษาผู้ป่วย การเจาะเก็บโลหิตนอกจากจะเจาะเก็บแบบปราศจากเชื้อแล้ว ปริมาตรที่ได้ในแต่ละถุงต้องพอเหมาะกับสารกันเลือดแข็ง¹⁻³ และมีการผสมให้เข้ากันระหว่างเลือดกับสารกันเลือดแข็ง^{4,5} เป็นอย่างดี ถุงบรรจุเลือดที่ใช้ในประเทศไทยมี 2 ขนาด⁶ คือ ขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร และ 450 มิลลิลิตร ถุงบรรจุขนาด 350 มิลลิลิตร ต้องเจาะเก็บเลือดตั้งแต่ 315-385 มิลลิลิตร หรือ $350 \pm 10\%$ ถุงขนาด 450 มิลลิลิตรต้องเจาะเก็บเลือดตั้งแต่ 405 - 495 มิลลิลิตร หรือ $450 \pm 10\%$ จึงจะมีสัดส่วนที่เหมาะสมกับสารกันเลือดแข็ง และถุงทั้ง 2 ขนาดเมื่อได้ปริมาตรเลือดตามที่กำหนดแล้วจะมีขนาดการพองตัวใกล้เคียงกัน

เครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงจะเขย่าผสมเลือดเป็นจังหวะตลอดการรับบริจาคโลหิต และมีสัญญาณเตือนเมื่อได้ปริมาตรเลือดตามที่กำหนด ปัจจุบันเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงอัตโนมัติที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมีราคาแพงมาก ธนาคารเลือดหลายแห่งมีเครื่องเขย่าผสมเลือดอัตโนมัติไม่เพียงพอสำหรับการออกหน่วยรับบริจาคโลหิต การเขย่าผสมเลือดจึงใช้เจ้าหน้าที่ผู้รับบริจาคโลหิตช่วยผสมเลือดในถุงเป็นระยะๆ ซึ่งเมื่อทำไปนานๆ จะเกิดความเมื่อยล้าผสมไม่ต่อเนื่องทำให้มีก้อนลิ่มเลือด (clotted) ในบางถุง และปริมาตรที่เจาะเก็บมีขนาดแตกต่างกันมาก บางถุงน้อยกว่ามาตรฐาน บางถุงเกินมาตรฐานซึ่งเกิดจากการไม่สามารถบอกปริมาตรของเลือดในถุง

เครื่องเขย่าผสมเลือดอัตโนมัติจากต่างประเทศมีราคาประมาณเครื่องละหนึ่งแสนบาท ถ้าจะต้องหามาใช้ให้ครบเตียงบริจาคในการออกหน่วยรับบริจาคโลหิต (จำนวน 10 เตียงขึ้นไป) จะต้องใช้งบประมาณจัดซื้อประมาณหนึ่งล้านบาทจึงจะเพียงพอ ในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบันโรงพยาบาลหลายแห่งไม่มีงบประมาณในการจัดซื้อมาใช้ในการรับบริจาคโลหิตอย่างเพียงพอได้ และบางครั้งมีการเปลี่ยนแขนข้างที่เจาะเก็บเลือดจะต้องย้ายชุดเจาะเก็บเลือดไปยังแขนอีกข้างหนึ่ง หากใช้เครื่องเขย่าผสมเลือดแบบเสียบใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ (ไฟฟ้าบ้าน) จะไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายไปใช้งาน การใช้เครื่องมือที่มีไฟฟ้าใช้ในตัวเองและไม่จำเป็นต้องใช้งานอยู่กับที่จึงน่าจะเหมาะสมกับการใช้งานในหน่วยรับบริจาคโลหิตนอกสถานที่มากกว่า

เครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงเป็นเครื่องที่มีหลักการพื้นฐานในการทำงานไม่ยุ่งยากซับซ้อน ผู้วิจัยจึงได้ประดิษฐ์เครื่องต้นแบบขึ้นโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ในท้องถิ่นเพื่อพัฒนาเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่มีราคาต้นทุนต่ำและสามารถซ่อมแซมได้เอง การใช้เครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่พัฒนาขึ้นเองจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง

ที่จะช่วยรักษาคุณภาพเลือดให้เลือดในถุงผสมเข้ากับสารกันเลือดแข็งเป็นอย่างดี มีปริมาตรได้มาตรฐานและใกล้เคียงกัน ช่วยแบ่งเบาภาระแก่ผู้ปฏิบัติงานให้มีเวลาดูแลผู้บริจาคโลหิตได้ทั่วถึง โดยเฉพาะโรงพยาบาลต่างจังหวัดที่มีเจ้าหน้าที่จำกัดและงบประมาณน้อย

วัสดุและวิธีการ

วัสดุ

ก. อุปกรณ์ส่วนวัดการพองตัวของถุงเลือด (วัดปริมาตร)

ตัวอย่างถุงเลือดที่จะวัดขนาดการพองตัวใช้ถุงบรรจุขนาด 450 มิลลิลิตรของบริษัทเทอรูโม (ประเทศไทย) จำกัด ใช้ขวดวัดปริมาตร (Volumetric Flash) ขนาด 500 มิลลิลิตร และกระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 20 มิลลิลิตรเป็นอุปกรณ์สำหรับตวงปริมาตร ใช้ไม้บรรทัดวัดขนาดการพองตัวของถุงเลือดและวัสดุอุปกรณ์อื่นๆ สำหรับประดิษฐ์เครื่องเขย่าผสมเลือดในถุง ประกอบด้วย

1. วัสดุอุปกรณ์สำหรับประกอบเป็นกล่องรองรับถุงเลือด

ประกอบด้วย

1.1 แผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 13x25 เซนติเมตร 1 แผ่น ขนาด 5.2x25 เซนติเมตร 2 แผ่น ขนาด 3x13 เซนติเมตร 2 แผ่น ขนาด 9x14 เซนติเมตร 1 แผ่น ขนาด 8x9 เซนติเมตร 4 แผ่น ขนาด 3.5x8 เซนติเมตร 1 แผ่น และแผ่นพลาสติกหนา 2 มิลลิเมตร ขนาด 13x7 เซนติเมตร 2 แผ่น

1.2 สายยู (ส่วนที่พับได้) ขนาด 35 มิลลิเมตร 1 ชิ้น หรือชิ้นส่วนกีบหนีบผมหงายขนาดใหญ่ 1 ชิ้น บานพับขนาด 3 นิ้ว 1 ชิ้น

1.3 เหล็กกลมทึบหรือกลวงขนาด 2 หุน ความยาว 15 เซนติเมตร 1 แท่ง

1.4 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น น็อต ตะปูเกลียวขนาด 2 มิลลิเมตร ความยาวประมาณ 1-2 เซนติเมตร ไม้ยาเชื่อมพลาสติก

2. วัสดุอุปกรณ์สำหรับประดิษฐ์เป็นชุดขยายกล่องรองรับถุงเลือด

2.1 เหล็กฉากขนาด 2 เซนติเมตร (6 หุน) ความยาว 25 เซนติเมตร 2 ชิ้น และความยาว 14 เซนติเมตร 2 ชิ้น

2.2 เหล็กแบนหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 2.5 เซนติเมตร ความยาว 6 เซนติเมตร 1 ชิ้น และความยาว 12 เซนติเมตร 2 ชิ้น

ข. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้เป็นแผ่นฐานและวัสดุประกอบเป็นกล่องบรรจุอุปกรณ์อื่นๆ และใช้ยึดมอเตอร์

1. แผ่นฐาน เป็นแผ่นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 25x9 เซนติเมตร 1 แผ่น

2. กล่องยัดมอเตอร์และบรรจุอุปกรณ์ เป็นพลาสติกหนา 5 มิลลิเมตร ขนาด 12x25 เซนติเมตร 2 แผ่น ขนาด 12x13 เซนติเมตร 2 แผ่น ขนาด 14x25 เซนติเมตร 1 แผ่น และบานพับขนาด 3 นิ้ว 1 แผ่น

ค. วัสดุอุปกรณ์ชุดขับเคลื่อนให้เกิดการเขย่าผสมเลือดในถุง ซึ่งประดิษฐ์เป็น 3 แบบ

1. แบบที่ 1 แบบใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

1.1 Motor DC 12 โวลต์ ความเร็ว 20 รอบ/นาที 1 ชุด ตัวแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง (adapter) พร้อมเต้ารับ (power jack)

1.2 Module DC to DC หรือชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 1 ชุด (หากเลือกใช้มอเตอร์แบบไม่ได้ fixed speed)

1.3 อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟ ปลั๊กไฟ เทปพันสายไฟ สวิตช์ off / on 1 ตัว

2. แบบที่ 2 แบบใช้ไฟกระแสตรงจากแบตเตอรี่

2.1 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 1 ตัว และอุปกรณ์อื่นๆ ใช้ร่วมกับแบบที่ 1 (ข้อ 1.1 ถึง 1.3)

2.2 ปากคีบสำหรับหนีบขั้วแบตเตอรี่เพื่อใช้ไฟจากแบตเตอรี่

3. แบบที่ 3 แบบไม่ใช้ไฟฟ้า (ไม่ใช้มอเตอร์) ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

3.1 ชุดเบรกจักรยาน สายเบรก ตัวล็อกสายเบรก พร้อมตัวยึดปลอกหุ้มสายเบรก

3.2 สปริงขนาดเล็ก หรือสปริงไล่ปากกา 1-2 ชิ้น

ง. ชุดกำเนิดเสียง

1. ชุดคิทเสียงสำเร็จรูป (Electronic voice kits) ขนาดเล็กชนิดลงปริ้นท์แล้ว พร้อมลำโพงและรางถ่านไฟ 1 ชุด

2. สวิตช์กดเปิด ปุ่มกดดับ 1 ชุด และอุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟ ฝาปิดปลายท่อพลาสติกขนาด 6 หุน (3/4 นิ้ว)

วิธีการ

1. เครื่องมือ ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เข้าเป็นเครื่อง (Figure 1) จะได้เครื่องที่ทำงานได้ 3 แบบ คือ

1.1 การใช้งานแบบใช้ไฟจากแบตเตอรี่ (Figure 2)

1.2 การใช้งานแบบไฟฟ้ากระแสสลับ

1.3 การใช้งานแบบไม่ใช้ไฟฟ้า

2. ตัวอย่างการศึกษา เจาะเก็บเลือดจากผู้บริจาคโลหิต จำนวน 200 ถุง (ขนาด 350 มิลลิลิตรและ 450 มิลลิลิตร อย่างละ 100 ถุง)

3. วิธีการ

3.1 ตรวจสอบการผสมเลือดในถุง และปริมาตรเลือดที่ไว้ของเครื่อง blood mixer 10 เครื่อง ดังนี้

3.1.1 ตรวจสอบความเร็วรอบการผสมเลือดเข้ากับสารกันเลือดแข็ง

3.1.2 ตรวจสอบของศากการยกขึ้นและเอียงลงของปลายกล่องรองรับถุงเลือด

3.1.3 ตรวจสอบผลกระทบที่อาจจะมีการผสมเลือดในถุง คือ การแตกทำลายของเม็ดเลือดแดง โดยดู hemolysis ด้วยตาเปล่า หลังจากปั่นแยกส่วนประกอบของเลือด⁷

3.1.4 ตรวจสอบประสิทธิภาพการผสมเลือดเข้ากับสารกันเลือดแข็ง โดยดูจากรายงานการพบก้อนเลือดอยู่ในถุงในระหว่างการให้เลือดแก่ผู้ป่วย

3.2 การตรวจสอบการวัดปริมาตรเลือดในถุงโดยใช้น้ำตรวจสอบหาปริมาตรแรกที่ทำให้ถุงบรรจุเลือดพองตัวไปดันสวิตช์จนทำให้ไฟชุดสัญญาณเสียงครบวงจร จำนวน 100 ครั้ง โดยการเติมน้ำลิเข้าไปในถุงบรรจุเลือด เปิดใช้งานเครื่องคล้ายกับการรับบริจาคโลหิตจริง หยุดเติมเมื่อมีสัญญาณเสียงดังขึ้น นำน้ำที่เติมมาตวงปริมาตรในหน่วยมิลลิลิตร เศษของมิลลิลิตรปัดขึ้นเป็นจำนวนเต็ม นำปริมาตรที่ได้ลบด้วยปริมาตรของสารกันเลือดแข็งคือปริมาตรที่เติมเข้าไปแล้วถุงเลือดพองตัวไปดันสวิตช์ชุดสัญญาณเสียงจนเกิดเสียงดังคือปริมาตรที่ต้องการเก็บ

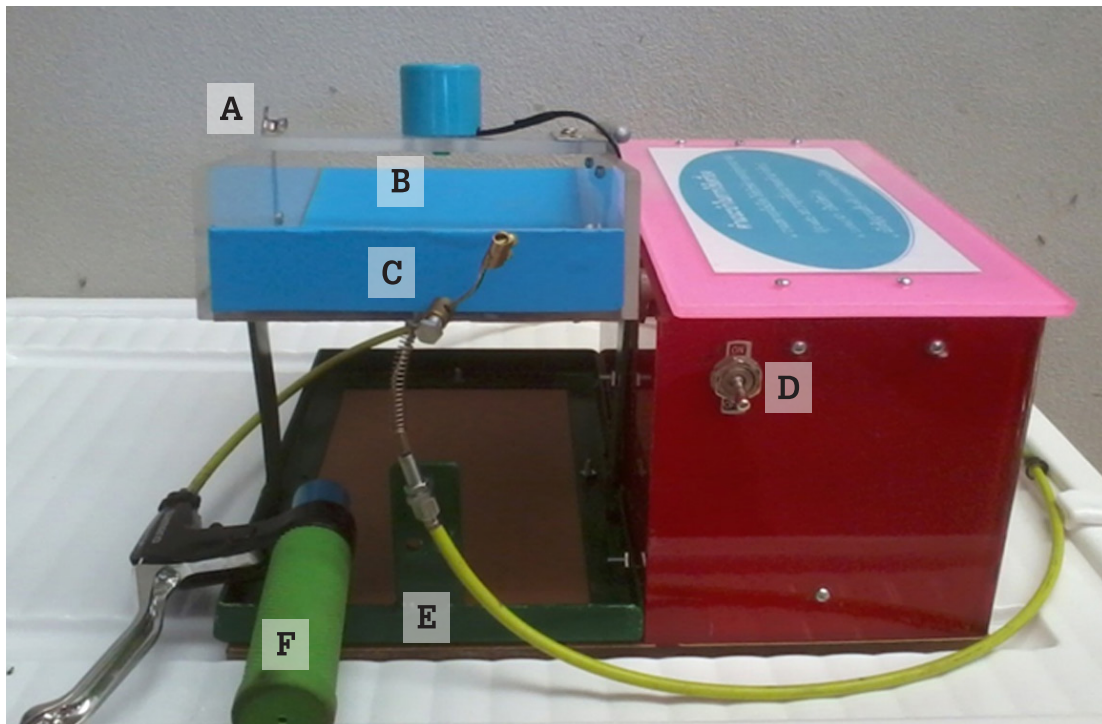
3.3 ทดสอบกับการรับบริจาคโลหิตจริง โดยศึกษาในตัวอย่างจำนวน 200 ถุง เทียบกับเครื่อง blood mixer ของบริษัทต่างประเทศ (Terumo) ด้วยการชั่งถุงที่ใช้บรรจุเลือดเฉพาะถุงที่มีสารกันเลือดแข็ง นำมาหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของถุงแต่ละขนาดในหน่วยเป็นกรัม หลังเจาะเก็บเลือดเสร็จแล้วนำเฉพาะถุงที่ใช้บรรจุเลือดมาชั่งน้ำหนักในหน่วยเป็นกรัม เศษของกรัมถ้ามีค่าไม่ถึง 0.5 ปัดลง ค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปปัดขึ้น ค่าน้ำหนักที่ได้ลบด้วยน้ำหนักเฉลี่ยของถุงบรรจุเลือดเฉพาะถุงที่มีสารกันเลือดแข็งคือน้ำหนักเลือดที่เจาะเก็บได้ คำนวณน้ำหนักเลือดที่เจาะเก็บได้เป็นหน่วยปริมาตร (มิลลิลิตร) โดยการหารด้วยค่าความถ่วงจำเพาะของเลือดรวม (whole blood; 1.053)² คือปริมาตรเลือดที่เจาะเก็บได้ หรือเป็นสูตรคำนวณดังนี้

ปริมาตรเลือด =

$$\frac{\text{น้ำหนักถุงเลือดหลังเจาะเก็บ} - \text{น้ำหนักถุงพร้อมสารกันเลือดแข็งก่อนเจาะ}}{\text{ความถ่วงจำเพาะของเลือดรวม (1.053)}^2}$$

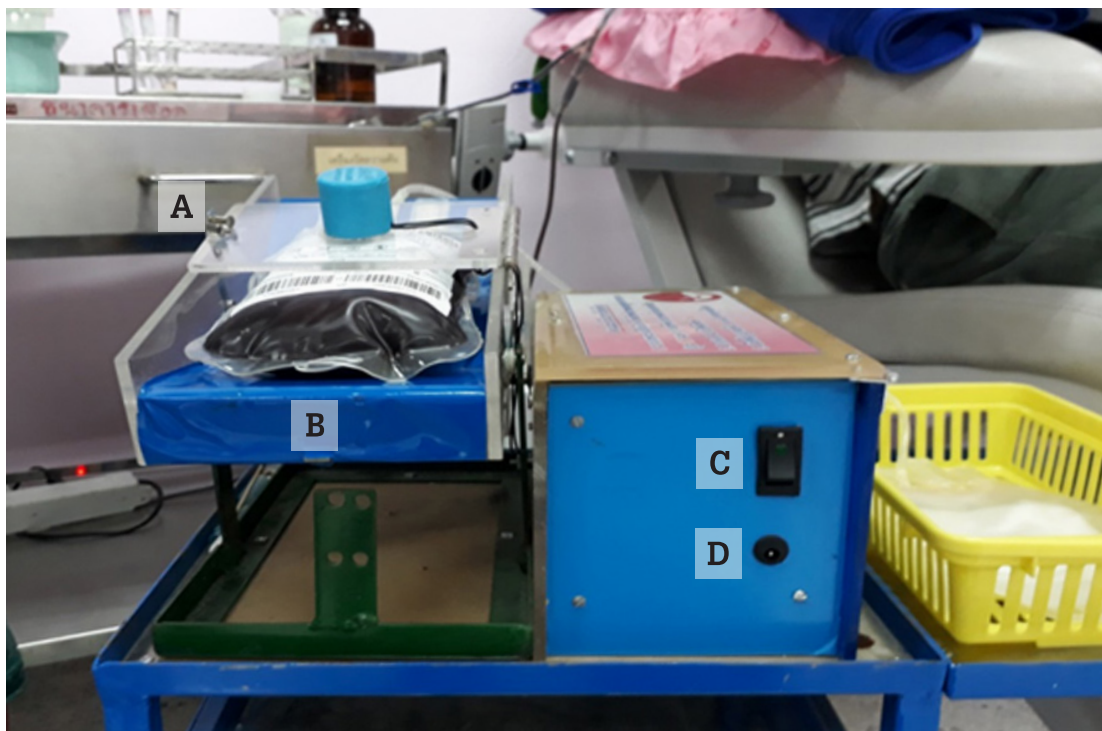
การนำไปใช้ในงานประจำวัน

ปัจจุบันได้ประดิษฐ์ขึ้นจำนวน 10 เครื่อง มีการใช้งานเฉพาะในหน่วยงานโรงพยาบาลเลยเท่านั้น คือใช้ในธนาคารเลือด จำนวน 1 เครื่อง อีก 9 เครื่องนำไปใช้ในหน่วยรับบริจาคโลหิตนอกสถานที่และใช้งานแบบใช้แบตเตอรี่เป็นหลัก



A = Locked; B = Alarm switch; C = Blood bag container; D = Switch off/on; E = A bottom part of the blood bag container; F = Bicycle brake handlebar for donor clenching-releasing

Figure 1 The completed in-house blood bag mixer (worked by non- motor)



A = Locked (for optimal volume); B = Blood bag container; C = Switch off/on (worked by DC motor); D = Power jack (worked by DC motor power source from direct current (DC) converted from alternating current (AC))

Figure 2 Donor blood collection using in-house blood bag mixer (worked by DC motor)

ผลการทดลอง

การผสมเลือดในถุง ประสิทธิภาพของเครื่อง blood mixer ทั้ง 10 ตัว มีประสิทธิภาพในการผสมเข้ากันระหว่างสารกันเลือดแข็งกับเลือดที่เข้ามาในถุง โดยปลายกล่องรองรับถุงเลือดจะยกขึ้นลงในอัตราความเร็วที่ใกล้เคียงกัน คือประมาณ 20 รอบ/นาที และมีการยกขึ้นประมาณ 15 องศา และเอียงลงประมาณ 10 องศา ไม่พบก้อนลิ่มเลือดในถุงเลือด และไม่พบการแตกของเม็ดเลือดแดงเมื่อดูสีของพลาสติกด้วยตาเปล่า

การวัดปริมาตรเลือด จากการหาปริมาตรแรกที่ทำให้ถุงบรรจุเลือดขนาด 450 มิลลิลิตร พองตัวดันสวิทช์จนเกิดสัญญาณเสียงเตือน เป็นการวัดปริมาตรน้ำโดยตรงได้ผลดัง Table 1 ซึ่งค่าที่ได้โดยส่วนใหญ่ (mode) เท่ากับ 442 มิลลิลิตร เป็นค่าที่ต่ำกว่า 450 มิลลิลิตรเล็กน้อยแต่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน สำหรับถุงบรรจุขนาด 350 มิลลิลิตร มีบางถุงได้ปริมาตรเกินค่ามาตรฐาน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จึงปรับใช้โดยการนำแผ่นพลาสติกหนา 2 มิลลิเมตร วางทับบนถุงบรรจุเลือดจึงจะได้เลือดอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (อยู่ในช่วง 315-385 มิลลิลิตร) และปริมาตรโดยส่วนใหญ่ (ฐานนิยม / mode) คือ 364 มิลลิลิตร ปริมาตรต่ำสุดเท่ากับ 343 มิลลิลิตร ปริมาตรสูงสุดเท่ากับ 369 มิลลิลิตร (Table 2) สำหรับถุงบรรจุขนาด 450 มิลลิลิตร ได้ปริมาตรส่วนใหญ่ (ฐานนิยม) เท่ากับ 442 มิลลิลิตร ปริมาตรต่ำสุดเท่ากับ 432 มิลลิลิตร ปริมาตรสูงสุดเท่ากับ 459 มิลลิลิตร มีค่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ (อยู่ในช่วง 405-495 มิลลิลิตร) (Table 3) จากข้อมูลพบว่าแต่ละเครื่องได้ปริมาตรส่วนใหญ่ว่าแตกต่างกัน และแต่ละเครื่องช่วงค่าต่ำและค่าสูงแตกต่างกันมาก ทั้งถุงขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร และ 450 มิลลิลิตร ขณะที่เครื่องของบริษัทได้ค่ามีความแม่นยำมากกว่า (เมื่อวัดการกระจายสัมพัทธ์ ซึ่งไม่ได้ให้รายละเอียดในที่นี้) ด้วยการทาสัมประสิทธิ์

Table 1 The volume of water inducing by alarm signal in 100 units of 450 mL blood bags

Volume (mL)	Number bag
437	4
438	3
439	7
440	8
441	13
442	40
443	12
444	7
445	3
446	3

ของพิสัยในถุงบรรจุเลือดขนาด 450 มิลลิลิตร ที่รับบริจาคด้วยเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นกับเครื่องของบริษัทเทอโรโมได้ค่าเท่ากับ 3.00 และ 0.11 ตามลำดับ) แต่ปริมาตรเลือดที่เจาะเก็บโดยเครื่องที่ประดิษฐ์นี้ก็อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย ทุกเครื่อง

วิจารณ์

จากการศึกษา เลือดบริจาคที่เจาะเก็บโดยใช้เครื่องที่พัฒนาได้จำนวน 200 ยูนิต เมื่อนำไปให้ผู้ป่วยไม่มีรายงานการพองก้อนลิ่มเลือดในถุงหรือมีการขอชุดให้เลือดเพิ่ม (จ่ายชุดให้เลือดพร้อมกับการจ่ายเลือด) และไม่พบการแตกทำลายของเม็ดเลือดแดงด้วยการดูสีของพลาสติกหลังจากการปั่นแยก จึงอาจสรุปได้ว่าการเขย่าผสมเลือดในถุงมีการผสมเลือดเข้ากับสารกันเลือดแข็งเป็นอย่างดีและไม่มีผลกระทบทำให้เม็ดเลือดแดงแตก

Table 2 Final volume of blood in 100 units of 350 mL blood bag collection under control of in-house blood bag mixer

Whole blood volume (mL)	Number bag (N = 100)
343-344	4
345-349	7
350	18
351-355	20
356-360	22
361-369	29

*Standard volume = 315-385 mL

Table 3 Final volume of blood in 100 units of 450 mL blood bag collection under control of in-house blood bag mixer

Whole blood volume (mL)	Number bag (N = 100)
431-435	7
436-440	12
441-444	32
445-449	19
450	15
451-455	11
456-460	4

* Standard volume = 405-495 mL

ด้านปริมาตรเลือดที่เจาะเก็บ เมื่อเทียบกับการวัดปริมาตรโดยตรงด้วยการตวงปริมาตรหลังจากเติมน้ำเพื่อให้ถุงพองตัวไปต้นสัปดาห์จนเกิดเสียงเตือนพบว่าการรับบริจาคจริงได้ปริมาณมากกว่า เนื่องจากการเติมน้ำจะหยุดทันทีที่มีเสียงเตือนดังขึ้น ขณะที่การรับบริจาคจริงเครื่องไม่มีตัวหนีบสายถุง เสียงเตือนจะดังอยู่ระยะหนึ่งเจ้าหน้าที่จึงจะหนีบสายถุงเลือด ช่วงเวลาดังกล่าวเลือดผู้บริจาคยังคงไหลเข้าไปในถุงได้ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของเลือดแต่ละคนและหลังจากมีการปรับใช้ในถุงบรรจุขนาด 350 มิลลิลิตรแล้ว พบว่าได้ปริมาตรเลือดของถุงบรรจุเลือดทั้งสองขนาดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของศูนย์บริการโลหิตแห่งชาติ สภากาชาดไทย นอกจากนี้ยังพบว่าถุงขนาดบรรจุ 450 มิลลิลิตรให้ช่วงค่าที่ดีคืออยู่ในช่วง $450 \pm 5\%$

ข้อมูลระยะเวลาที่ใช้ในการรับบริจาคโลหิตไม่แตกต่างจากการรับบริจาคโลหิตโดยปกติทั่วไป จากการสุ่มนับเวลาในการเจาะเก็บโลหิตด้วยการใช้เครื่อง blood bag mixer ที่ประดิษฐ์ขึ้นกับการผสมเลือดในถุงโดยเจ้าหน้าที่ผู้เจาะเก็บโลหิตอย่างละ 50 ถุง (ไม่นับถุงที่เจาะได้น้อย) โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่เจาะเก็บโลหิตจนถึงเวลาถอดเข็ม พบว่าใช้เวลาอยู่ในช่วง 5-10 นาทีเท่ากัน โดยส่วนใหญ่จะใช้เวลา 7-8 นาที และการรับบริจาคโลหิตแบบใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการเขย่าผสมเลือดกับสารกันเลือดแข็ง ผู้บริจาคโลหิตทำถูกยางเหมือนการบริจาคโลหิตโดยทั่วไป เว้นแต่การบริจาคโลหิตแบบไม่ใช้มอเตอร์เป็นตัวเขย่าผสมเลือดในถุงจะให้ผู้บริจาคโลหิตทำและปล่อยเบรกจักรยานแทน แต่เวลาในการบริจาคโลหิตไม่แตกต่างกัน ในบางรายโดยเฉพาะในรายที่มีเส้นเลือดเล็ก อาจทำให้เข็มเคลื่อนแล้วเลือดหยุดไหลได้ แต่ยังไม่มีความเชื่อพินิจว่าเกิดจากการทำและปล่อยเบรกจักรยานจริง อาจเกิดจากเส้นเลือดเล็กทำให้การไหลของเลือดไม่เกิดการอุดตันที่เข็มได้ การเขย่าผสมเลือดแบบนี้จึงเหมาะกับรายที่เส้นเลือดชัดเจนมากกว่า

การรับบริจาคโลหิตแบบให้ผู้บริจาคทำและปล่อยเบรกจักรยาน บางราย เจ้าหน้าที่ผู้รับบริจาคเลือดอาจต้องอธิบายวิธีการทำและปล่อย เนื่องจากผู้บริจาคบางรายเร่งทำเร็วเกินไป ทำให้จังหวะการยกขึ้นและต่ำลงของปลายกล่องรองรับถุงเลือดเร็วเกินไป เลือดในถุงยังไหลไปไม่ถึงปลายถุงไหลย้อนกลับก่อน การผสมเข้ากันระหว่างเลือดกับสารกันเลือดแข็งจะไม่ดี และจากการสังเกตการนำเครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้ในการรับบริจาคโลหิต โดยส่วนใหญ่ผู้บริจาคมักจะพอใจ บางรายพอใจมากที่เห็นสิ่งแปลกใหม่ในการรับบริจาคโลหิต แต่อาจจะมีความกังวลใจในการใช้

งานแบบปล่อยเบรกจักรยาน เพราะมือของแต่ละคนไม่เท่ากัน อาจไม่สะดวกในการทำและปล่อยเบรกจักรยาน

การนำเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้งานภายในธนาคารเลือด ไม่พบปัญหาในการใช้งานและยังพบว่าหากไฟฟ้าในโรงพยาบาลดับขณะรับบริจาคโลหิตเครื่องก็สามารถทำงานได้จนเสร็จสิ้นการรับบริจาค ต่างจากเครื่องของบางบริษัทที่ใช้งานแบบใช้ไฟกระแสสลับเมื่อไฟฟ้าดับจะไม่สามารถดำเนินการต่อได้ ในการออกหน่วยรับบริจาคโลหิตนอกสถานที่ รูปแบบการใช้งานเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่เหมาะสมคือใช้ไฟจากแบตเตอรี่ เนื่องจากสะดวกในการย้ายไปใช้งาน ไม่ต้องมีสายไฟที่เป็นความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ แต่ไฟแบตเตอรี่บางก้อนอาจจะหมด ควรจะมีแบตเตอรี่สำรองไว้ด้วย นอกจากนี้วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ประดิษฐ์อาจไม่ทนกับการกระแทกจากการขนย้าย ถ้าสามารถใช้วัสดุประดิษฐ์เลียนแบบให้แข็งแรงขึ้นจะช่วยป้องกันได้ระดับหนึ่ง และถ้าผู้ใช้งานสามารถซ่อมแซมได้เองก็จะช่วยยืดอายุการใช้งานให้ยาวนานขึ้น จึงมีแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องให้ดีขึ้นคือจัดหา/จัดจ้างทำอุปกรณ์ที่แข็งแรงเลียนแบบอุปกรณ์ประกอบเป็นเครื่อง และควรประดิษฐ์ให้ใช้งานได้เฉพาะแบบใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนให้มีการเขย่าผสมเลือดในถุงโดยใช้ไฟจากแบตเตอรี่น่าจะเหมาะสมกว่า จะทำให้ประหยัดงบประมาณเพิ่มขึ้นเพราะใช้อุปกรณ์น้อยกว่า แต่หากหน่วยงานใดมีงบประมาณน้อยประสงค์จะประดิษฐ์ใช้เฉพาะส่วนที่มีการเขย่าผสมด้วยการทำและปล่อยเบรกจักรยานเท่านั้นก็สามารถทำได้ โดยประดิษฐ์เฉพาะกล่องรองรับถุงเลือดและส่วนยกกล่องรองรับถุงเลือด ซึ่งหากใช้เฉพาะแบบดังกล่าวนี้จะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 1,000 บาทต่อเครื่อง หรือ 1/100 เท่าของราคาเครื่องจากต่างประเทศ แต่แบบดังกล่าวนี้อาจมีปัญหาเรื่องการทำและปล่อยเบรกดังที่กล่าวมาแล้ว แต่อาจจะสามารถพัฒนาให้ดีขึ้นด้วยการปรับปรุงตัวทำให้สามารถใช้ได้กับทุกขนาดของมือ

การศึกษานี้ได้ทดลองกับถุงบรรจุโลหิตของบริษัทเทอรูโม (ประเทศไทย) จำกัดเท่านั้น การจะนำไปใช้กับถุงบรรจุโลหิตของบริษัทอื่นๆ จำเป็นต้องทดสอบก่อนนำไปใช้จริง เพื่อให้มั่นใจในมาตรฐานของปริมาตรเลือดที่ต้องการเจาะเก็บ

การเจาะเก็บโลหิตโดยใช้เครื่องที่พัฒนาขึ้นเองครั้งนี้ได้ปริมาตรเลือดต่ำสุดกับสูงสุดค่อนข้างแตกต่างกันมาก เมื่อเทียบกับการเจาะเก็บด้วยเครื่องอัตโนมัติของบริษัท โดยของบริษัทจะมีความแม่นยำมากกว่า เนื่องจากเครื่องที่ประดิษฐ์นี้ไม่มีตัวหนีบสายถุงเลือดเมื่อได้ปริมาตรเลือดที่ต้องการเจาะเก็บ (ซึ่งเป็นโอกาสพัฒนา

ต่อไป) จะอาศัยเจ้าหน้าที่ผู้เจาะเก็บโลหิตมาหีบสายถุงเลือดแทนระยะเวลาหีบสายถุงเลือดแต่ละถุงก็ต่างกัน ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าว ถ้าผู้บริจาคที่มีอัตราการไหลของเลือดดีกว่า เลือดจะไหลเพิ่มเข้าไปในถุงมากกว่า นอกจากนี้อาจขึ้นกับตัวสวิตช์ของแต่ละเครื่องที่ต้องใช้แรงดันที่แตกต่างหรืออาจเกิดจากการวางถุงบรรจุเลือดที่คลาดเคลื่อนจากจุดเดิม แต่เลือดที่ไหลเข้าน่าจะไม่มีมากเกินไป เพราะถูกจำกัดด้วยฝาปิดกล่องรองรับถุงเลือด อย่างไรก็ตาม ปริมาตรเลือดที่ได้ก็อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน จึงสรุปได้ว่าเครื่องที่ประดิษฐ์นี้สามารถนำไปใช้ในงานรับบริจาคโลหิตได้จริง อย่างไรก็ตามการนำไปใช้งานนอกสถานที่เพื่อความสะดวกในการใช้งานควรใช้ไฟจากแบตเตอรี่เป็นหลัก

สรุป

เครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงที่พัฒนาขึ้นมาสามารถตอบสนองความต้องการในการใช้งานรับบริจาคโลหิต คือ มีการผสมให้เข้ากันเป็นอย่างดีระหว่างเลือดกับสารกันเลือดแข็ง และได้ปริมาตรของเลือดในอัตราส่วนที่เหมาะสมกับสารกันเลือดแข็ง ไม่มีเม็ดเลือดแดงแตกจากการเขย่าผสมเลือดเข้ากับสารกันเลือดแข็ง ช่วยแบ่งเบาภาระเจ้าหน้าที่ผู้รับบริจาคเลือดให้มีเวลาไปดูแลผู้บริจาคโลหิตรายอื่นๆ เครื่องนี้สามารถนำมาใช้งานได้ทั้งภายในธนาคารเลือดและหน่วยเคลื่อนที่ ใช้งานได้ทั้งสถานที่ที่มีไฟฟ้าและไม่มีไฟฟ้าจึงเหมาะแก่การนำไปใช้ในหน่วยรับบริจาคโลหิตเคลื่อนที่

ส่วนประกอบของเครื่องทำจากวัสดุที่หาได้ในท้องถิ่นทำให้เครื่องมีราคาถูกและสามารถซ่อมเองได้ และเพื่อความสะดวกต่อการใช้งานควรทำตู้เก็บและชั้นวางเครื่องในตัว รวมราคาทั้งหมดประมาณ 7,500 บาท ซึ่งถูกกว่าเครื่องจากต่างประเทศประมาณ 15 เท่า จึงเป็นโอกาสดีที่จะพัฒนาการผลิตให้ได้ตามต้องการ เป็นการประหยัดงบประมาณ และลดการใช้เครื่องมือจากต่างประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโรงพยาบาลเลย ที่สนับสนุนงบประมาณในการสร้างเครื่องเขย่าผสมเลือดในถุงต้นแบบ ขอขอบพระคุณสภครุฑ ออมทรัพย์โรงพยาบาลเลย จำกัด และคณะลูกศิษย์ครูบาเจ๊ก อำเภอนหนองหิน จังหวัดเลย ที่สนับสนุนงบประมาณในการจัดสร้างเครื่องเพิ่มเติมให้แก่ธนาคารเลือด โรงพยาบาลเลย ขอขอบพระคุณ คุณโกศล เอี่ยมวิถีนิช หัวหน้ากลุ่มงานเทคนิคการแพทย์และเจ้าหน้าที่ธนาคารเลือด โรงพยาบาลเลยที่แนะนำในการปรับปรุงรูปแบบของเครื่องและทดลองใช้เครื่องที่ประดิษฐ์ขึ้นมา

เอกสารอ้างอิง

1. American Association of Blood Banks. *Standards for blood banks and transfusion services*. 24thed. Bethesda, MD: American Association of Blood Banks; 2006.
2. Kakaiya R, Aronson CA, Julleis J. *Whole blood collection and component processing at blood collection centers*. In: Roback JD, Grossman BJ, Harris T, Hillier CD, editors. *Technical manual*. 17th ed. Bethesda, MD: American Association of Blood Banks; 2011:187-226.
3. National Blood Centre, Thai Red Cross Society. *Standards for blood banks and transfusion services*. 4thed. Bangkok: Udom-Suksa; 2015.
4. Vengen-Tyrer V, Breccher ME, Butch SH, Calhoun AR, Fiebig EW, Goodnough LT, et al. *Technical manual*. 13rd ed. Bethesda, MD: American Association Blood Banks; 1999.
5. Urwijitroon Y. *Blood donation and processing*. In: Leelayuwat Ch, editor. *Transfusion Medicine*. Khonkean: Khonkean University; 2006:176-93.
6. Charoonruangrit U. *Blood and blood component*. In: Chiewsilp P, editor. *The appropriate use of blood and blood components*. Bangkok: Rungsilp Kanpim; 2011:9-29.
7. Parkpoompong T. *Rewiew of quality control of blood component*. *J Hematol Transfus Med*. 2010;20:205-9.