

ประสิทธิภาพของอัตราการดึงน้ำและค่าอิเล็กโทรไลต์ระหว่าง Hemoconcentrator และ Dialyzer ด้วยแบบจำลองระบบไหลเวียนเลือดภายนอกร่างกาย
Efficiency in Ultrafiltration Rate and Electrolyte Values between Hemoconcentrator and Dialyzer by in Vitro Study using Simulating Cardiopulmonary Bypass Model

อาทิตย์ จันทร์คำ*

Arthit Juncome*

*ศูนย์โรคหัวใจ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

*Cardiac Center, Naresuan University Hospital, Phitsanulok

Corresponding authore-mail address:yuyu_tid@hotmail.com

Received: July 29, 2021

Revised: October 6, 2021

Accepted: November 13, 2021

Abstract

The utility of ultrafiltration in cardiopulmonary bypass (CPB) is a major role to decrease volume overload in cardiac surgery. The objective was to compare ultrafiltration rate and electrolyte values between hemoconcentrator and dialyzer. Twenty-four bags of expired blood from blood bank were diluted with aceta fluid 2,200 mL and added heparin in every experiment. After that, it passed through hemoconcentrator or dialyzer circuit in CPB model flow rate 300 mL/minute. Then, during testing ultrafiltration rate, hematocrit and potassium were measured every 30, 40, and 80 minutes, respectively. The results showed that ultrafiltration rate and hematocrit in hemoconcentrator group increased higher significantly than dialyzer group [766.17 ± 101.87 vs 103.58 ± 32.00 mL/min ($p < 0.001$) and 17.83 ± 6.91 vs 9.08 ± 1.24 ($p = 0.001$)], respectively. However, electrolyte levels were not different between groups. In conclusion, hemoconcentrator should be used to decrease volume overload and remove fluid excess in cardiac surgery.

Keywords: ultrafiltration, cardiopulmonary bypass, open heart surgery

Buddhachinaraj Med J 2021;38(3):368-76.

บทคัดย่อ

การใช้อุปกรณ์ดึงน้ำต่อกับวงจรของเครื่องหัวใจและปอดเทียมมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดปริมาณของสารละลายส่วนเกินในการผ่าตัดหัวใจ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอัตราการดึงน้ำ ความเข้มข้นของเลือด และค่าอิเล็กโทรไลต์ระหว่าง Hemoconcentrator และ Dialyzer โดยนำเลือดที่หมดอายุ 24 ถังจากธนาคารเลือดมาผสมกับ acetar 2,200 มิลลิกรัมและเติม heparin ในทุกการทดลอง หลังจากนั้นนำเลือดที่ผสมผ่านแบบจำลองระบบไหลเวียนเลือดภายนอกในร่างกายและนำไปผ่าน Hemoconcentrator หรือ Dialyzer ด้วยอัตราเร็ว 300 มิลลิกรัม/นาที่เพื่อดึงน้ำ วัดอัตราการดึงน้ำ ค่าความเข้มข้นของเลือดและโพแทสเซียมที่ 30, 40 และ 80 นาที ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าอัตราการดึงน้ำโดยรวมและค่าความเข้มข้นของเลือดในกลุ่มที่ใช้ Hemoconcentrator เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ใช้ Dialyzer อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [766.17 ± 101.87 vs 103.58 ± 32.00 มล./นาที่ ($p < 0.001$) และร้อยละ 17.83 ± 6.91 vs 9.08 ± 1.24 ($p = 0.001$) ตามลำดับ] อย่างไรก็ตาม ค่าอิเล็กโทรไลต์ของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าควรใช้ Hemoconcentrator ดึงน้ำในขณะที่ผ่าตัดหัวใจเพื่อลดภาวะบวมหน้าและแก้ไขปัญหาหน้าเกินในการใช้ระบบไหลเวียนโลหิตภายนอกในร่างกาย

คำสำคัญ: การกรองน้ำและสารละลายส่วนเกินในเลือด, ระบบไหลเวียนเลือดภายนอกในร่างกาย, การผ่าตัดหัวใจชนิดเปิด

พุทธชินราชเวชสาร 2564;38(3):368-76.

บทนำ

ปัจจุบันผู้ป่วยโรคหัวใจและหลอดเลือดที่ได้รับการรักษาด้วยการผ่าตัดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีผู้ป่วยเข้ารับการผ่าตัดหัวใจ 16,421 รายซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2560 จำนวน 14,769 ราย และปี พ.ศ. 2561 จำนวน 15,368 ราย¹ การรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือดประกอบด้วยการศึกษา การใส่สายสวนหลอดเลือดหัวใจ และการผ่าตัด ซึ่งการผ่าตัดหัวใจแบ่งเป็น 2 วิธีหลัก ได้แก่ การผ่าตัดหัวใจแบบเปิด (open heart surgery) คือ การผ่าตัดหัวใจที่ต้องใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียม (heart-lung machine) และการผ่าตัดหัวใจแบบปิด (closed heart surgery) ซึ่งไม่ต้องใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียม การผ่าตัดหัวใจแบบเปิดที่ใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียมนั้นจำเป็นต้องเติมสารละลาย (priming solution) เพื่อแทนที่และแลกเปลี่ยนกับเลือดในร่างกาย ผู้ป่วยทำให้ค่าสัดส่วนปริมาตรของเม็ดเลือดแดงต่อปริมาตรของเลือดทั้งหมดซึ่งแสดงผลเป็นค่าร้อยละ [ค่าระดับความเข้มข้นของเลือด (hematocrit: Hct) ค่าปกติในผู้ชาย 38.8–50%, ในผู้หญิง 34.9–44.5%] ลดลงในระหว่างการผ่าตัดหัวใจ การใช้อุปกรณ์ที่สามารถ

ดึงน้ำมาช่วยดึงน้ำก่อนการหย่าเครื่องหัวใจและปอดเทียมหลังการผ่าตัดหัวใจเสร็จสิ้นจะทำให้ค่า Hct เพิ่มขึ้นและช่วยลดภาวะบวมหน้าของร่างกาย²⁻⁵

การบาดเจ็บหลังการผ่าตัดหัวใจและวงจรระบบไหลเวียนโลหิตภายนอกในร่างกาย (cardiopulmonary bypass) จะกระตุ้นให้เกิดกระบวนการอักเสบเฉียบพลัน (acute systemic inflammatory) มีรายงานสนับสนุนให้ดึงน้ำระหว่างการผ่าตัดหัวใจ (conventional ultrafiltration: CUF) และดึงน้ำภายหลังการผ่าตัดหัวใจ (modified ultrafiltration: MUF) เพื่อลดการตอบสนองต่อการอักเสบทั่วร่างกาย (inflammatory response syndrome: SIRS) ซึ่งการดึงน้ำจะช่วยขจัดสารชักนำการอักเสบ (plasma inflammatory mediators) หลังผ่าตัดหัวใจเสร็จสิ้น² การผ่าตัดหัวใจยังให้สาร high-potassium cardioplegia solution ที่มีโพแทสเซียม (Potassium: K) เป็นส่วนประกอบหลักเพื่อให้หัวใจหยุดเต้น ในขณะที่ทำผ่าตัดหัวใจและให้ซ้ำทุก ๆ 20-30 นาที ถึงแม้จะให้ยาขับปัสสาวะ (diuretic drug) เพื่อให้โพแทสเซียมขับถ่ายออกมาทางปัสสาวะในขณะที่ทำผ่าตัดหัวใจก็อาจไม่เพียงพอทำให้ปริมาณโพแทสเซียม

ในเลือดเพิ่มขึ้นมากจนอาจทำให้หัวใจเต้นผิดจังหวะ (arrhythmia) หลังการผ่าตัดหัวใจเสร็จสิ้น ดังนั้นการใช้ อุปกรณ์ที่สามารถดึงน้ำมาช่วยดึงน้ำออกจะช่วยลด ปริมาณโพแทสเซียมได้³

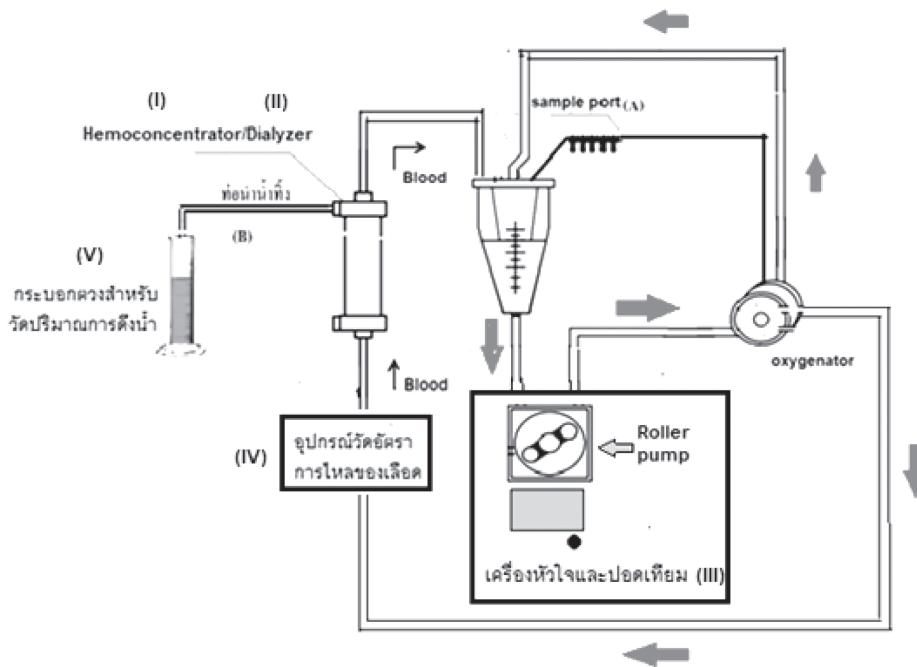
ปัจจุบันอุปกรณ์ที่สามารถดึงน้ำออกจากเลือด ในขณะที่ทำผ่าตัดหัวใจ ได้แก่ Hemoconcentrator ซึ่งสามารถดึงน้ำจากความแตกต่างของความดันเยื่อเลือกผ่าน (semipermeable membrane) และต่อเข้ากับ วงจรเครื่องหัวใจและปอดเทียมได้ และอีกชนิดซึ่งมักใช้ ที่หน่วยไตเทียม คือ Dialyzer ใช้คู่กับน้ำยา Dialysate ทำให้เกิดความเข้มข้นที่แตกต่างกัน ของเหลวจะแพร่ ผ่านเยื่อเลือกผ่านจากพื้นที่ที่มีความเข้มข้นสูงไปยัง บริเวณที่มีความเข้มข้นต่ำใช้ร่วมกับเครื่องฟอกไตเพื่อ ขับของเสียออกจากร่างกายในผู้ป่วยที่มีปัญหาไตวาย ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีขนาดของเยื่อเลือกผ่านที่ ต่างกันโดย Hemoconcentrator มีเยื่อเลือกผ่านที่ ใหญ่กว่า Dialyzer การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ เปรียบเทียบอัตราการดึงน้ำ, ความเข้มข้นของเลือด และ ค่าอิเล็กโทรไลต์หลังการดึงน้ำระหว่างการใช้อุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer แบบภายนอก ร่างกาย เพื่อจำกัดปัจจัยต่าง ๆ ที่จะทำให้ผลการทดลอง จากกระบวนการดึงน้ำคลาดเคลื่อน เพื่อเป็นข้อมูล ประกอบการพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยดึงน้ำ ระหว่างการผ่าตัดหัวใจชนิดเปิดต่อไป

วัสดุและวิธีการ

การทดลองครั้งนี้ศึกษาในเลือดบริจาคที่ หมดยุแล้วจากธนาคารเลือดโรงพยาบาลมหาวิทยาลัย นครสวรรค์ แบบภายนอกร่างกาย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม สุ่มด้วย การจับฉลากตามลำดับการใช้อุปกรณ์การดึงน้ำ (simple randomized sampling) แบ่งเป็น 1) กลุ่มที่ ได้รับการดึงน้ำด้วย Hemoconcentrator 12 Unit 2) กลุ่มที่ได้รับการดึงน้ำด้วย Dialyzer 12 Unit โดย เกณฑ์การคัดเลือก ได้แก่ packed red cells (PRCs) ที่หมดยุแล้วไม่เกิน 90 วัน, ที่มีค่า Hct ไม่เกิน 80% ส่วนเกณฑ์การคัดออก ได้แก่ whole blood (WB), leukocyte-depleted red cell (LDPRC), leukocyte-

poor red cell (LPRC), เลือดที่ตรวจพบความเสี่ยง ต่อการถ่ายทอดเชื้อโรคติดต่อทางกระแสโลหิตได้จาก ผลตรวจคัดกรอง ได้แก่ Syphilis, HIV, Ag/Ab, Anti-HCV, HBsAg ด้วยเทคนิค CMLA (Chemiluminescent Microparticle Immunoassay) และผลตรวจ NAT (Nucleic Acid Testing) ได้แก่ HIV, HCV, HBV

หลังจากโครงการวิจัยผ่านการรับรองจาก คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ผู้วิจัยนำ เลือดบริจาคที่หมดยุจากธนาคารเลือดโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยนครสวรรค์มาเก็บข้อมูลอัตราการดึงน้ำ ความเข้มข้นของเลือดและค่าอิเล็กโทรไลต์ก่อนและ หลังการดึงน้ำจากทั้ง 2 กระบวนการระหว่างวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2563 ถึงวันที่ 30 เมษายน พ.ศ. 2564 กำหนดขนาดตัวอย่างจากการศึกษาของ Soliman และคณะ⁵ ซึ่งกำหนดค่า $\alpha = 0.05$, $\beta = 0.20$ โดยใช้สูตรเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกรณีประชากรสองกลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกันได้ขนาดตัวอย่างเลือดกลุ่มละ 12 คู่ จำนวน 2 กลุ่ม รวมขนาดตัวอย่างทั้งสิ้น 24 คู่ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ วงจรจำลองระบบไหลเวียนโลหิต ภายนอกร่างกายซึ่งได้ปรับตั้งค่าการบีบอัดของ Roller pump ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามวิธีการแนะนำของ ผู้ผลิตโดยให้ระดับน้ำในสายยางไล่ฟองอากาศลดลง 2.5 เซนติเมตรต่อนาทีเพื่อความแม่นยำในการบีบอัด เลือดก่อนทดลอง (รูปที่ 1), เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูล Perfusion record ที่ผู้วิจัย จัดทำขึ้นซึ่งได้ทดสอบแล้วว่าบันทึกข้อมูลได้ครบถ้วน บันทึกการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของเลือดในวงจรของ เครื่องหัวใจและปอดเทียมในแต่ละช่วงเวลา โดยอัตราการ หมุนของเครื่องหัวใจและปอดเทียมคือ 4 ลิตร ต่อนาที ใช้ acetar เป็น priming solution 2,200 มิลลิลิตร ปริมาณเท่ากันทุกการทดลองและเติมสาร heparin 5,000 unit เพื่อป้องกันการแข็งตัวของเลือด ในแบบจำลองระบบไหลเวียนโลหิตภายนอกร่างกาย และเริ่มดึงน้ำ 15 นาทีภายหลังจากวนเลือดในเครื่อง หัวใจและปอดเทียม หลังจากนั้นให้เลือดผ่านอุปกรณ์ดึง น้ำแต่ละชนิด 300 มิลลิลิตรต่อนาทีซึ่งวัดด้วย Flow sensor



รูปที่ 1 วงจรจำลอง Cardiopulmonary bypass กับการดองน้ำด้วย Hemoconcentrator/Dialyzer

(I) Hemoconcentrator (Nipro, Brizio BHC-30G, Japan)

(II) Dialyzer (Nipro, Elisio-150LR, Japan)

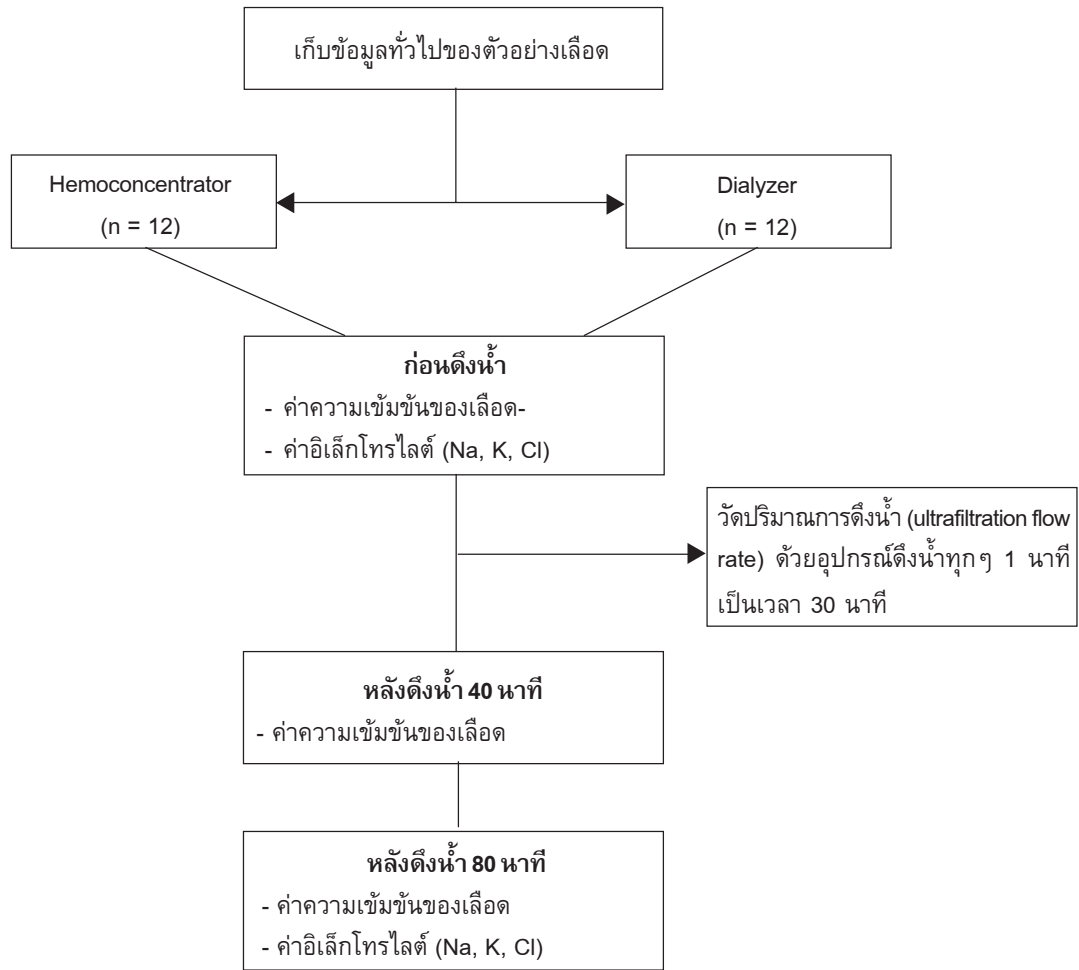
(III) เครื่องหัวใจและปอดเทียม (Sorin, C5, Germany): ปรับตั้งค่าการบีบอัดของ Roller pump ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพื่อความแม่นยำของการบีบอัดเลือดก่อนทดลอง

(IV) อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของเลือด (Medos, Flow sensor Ecmo, Germany): ปรับตั้งค่าการตรวจจับการไหลของเลือดก่อนทดลอง

(V) Cylinder: ครอบองคตวงสำหรับวัดปริมาตรการดองน้ำ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเลือด (ชนิดของตัวอย่างเลือด ปริมาณตัวอย่างเลือด) ค่าความเข้มข้นของเลือด และค่าอิเล็กโทรไลต์ (Na, K, Cl) ก่อนดองน้ำในวงจรจำลองเครื่องหัวใจและปอดเทียมโดยเก็บตัวอย่างเลือดที่ sample port (A) วัดปริมาณการดองน้ำ (ultrafiltration flow rate) ด้วยอุปกรณ์ดองน้ำแต่ละชนิดทุกๆ 1 นาทีเป็นเวลา 30 นาที ด้วยกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตรที่ทางออกของท่อน้ำทิ้ง (B) ค่าความเข้มข้นของเลือดภายหลังการดองน้ำ

ด้วยอุปกรณ์การดองน้ำแต่ละชนิดที่ 40 นาที และ 80 นาที ในวงจรจำลองเครื่องหัวใจและปอดเทียม โดยเก็บตัวอย่างเลือดจาก sample port (A) ค่าอิเล็กโทรไลต์ (Na, K, Cl) ภายหลังการดองน้ำด้วยอุปกรณ์การดองน้ำแต่ละชนิดที่ 80 นาทีในวงจรจำลองเครื่องหัวใจและปอดเทียมโดยเก็บตัวอย่างเลือดจาก sample port (A) บันทึกข้อมูลลงในแบบบันทึกข้อมูล Perfusion record ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้น (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 การเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังการทดลอง ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ระบุรหัส บันทึกลงในคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม สถิติสำเร็จรูป นำเสนอข้อมูลเป็นจำนวน ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปรียบเทียบ ชนิดของตัวอย่างเลือดระหว่างวิธี Hemoconcentrator และ Dialyzer ด้วยสถิติ chi-square เปรียบเทียบ ปริมาณตัวอย่างเลือด, อัตราการดั่งน้ำ, ความเข้มข้น ของเลือด และค่าอิเล็กโทรไลต์ระหว่างวิธี Hemoconcentrator และ Dialyzer ด้วยสถิติ independent t และ วิธีเดียวกันก่อนและหลังการดั่งน้ำด้วยสถิติ paired t กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 อนึ่ง งานวิจัยนี้ ผ่านการพิจารณาและรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรม การวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตามหนังสือ รับรองที่ 0357/62 ลงวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2562

ผลการศึกษา

ชนิดของตัวอย่างเลือด (กรุปเลือดและอาร์เอช) และ ปริมาณตัวอย่างเลือดระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer ไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 1 อัตราการดั่งน้ำเฉลี่ยระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer ทุก 5 นาทีพบว่าอัตราการ ดั่งน้ำเฉลี่ยของ Hemoconcentrator มากกว่า Dialyzer ทุกระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรายละเอียด ในตารางที่ 2 ความเข้มข้นของเลือดเฉลี่ยก่อนกับหลัง การดั่งน้ำ 40 นาทีและ 80 นาทีระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer พบว่าหลังดั่งน้ำ 80 นาทีความเข้มข้นของเลือดเฉลี่ยเท่ากับ 17.83 ± 6.91 และ 9.08 ± 1.24 ตามลำดับ ($p = 0.001$) ดังตาราง ที่ 3 ส่วนค่าอิเล็กโทรไลต์ก่อนและหลังดั่งน้ำด้วย

อุปกรณ์ Hemoconcentrator พบว่าค่า Na เจลี่ยก่อน และหลังดึงน้ำ 80 นาทีเท่ากับ 132.48 และ 131.23 ตามลำดับ ($p = 0.044$) ค่า Cl เจลี่ยก่อนและหลังดึงน้ำ 80 นาทีเท่ากับ 103.64 และ 102.34 ตามลำดับ ($p = 0.004$) ส่วนอุปกรณ์ Dialyzer พบว่าค่า Cl เจลี่ย

ก่อนและหลังดึงน้ำ 80 นาทีเท่ากับ 103.79 และ 103.11 ตามลำดับ ($p = 0.047$) ดูรายละเอียดในตารางที่ 4 ค่าอิเล็กโทรไลต์เจลี่ย (Na, K, Cl) ก่อนและหลังดึงน้ำ 80 นาทีระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเลือดระหว่างกลุ่มที่ได้รับการดึงน้ำด้วย Hemoconcentrator และ Dialyzer

ข้อมูลทั่วไปของตัวอย่างเลือด	จำนวน (ร้อยละ)/ค่าเจลี่ย \pm SD		p-value
	Hemoconcentrator (n = 12)	Dialyzer (n = 12)	
ชนิดของตัวอย่างเลือด			0.413 ^a
A Rh+/B Rh+/O Rh+*	4 (33.3)	7 (58.3)	
AB Rh+	8 (66.7)	5 (41.7)	
ปริมาณตัวอย่างเลือด (มิลลิลิตร)	236.17 \pm 28.93	244.17 \pm 29.38	0.509 ^b

^aChi-square test, ^bIndependent t-test, SD: standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

*A Rh+ในกลุ่ม Hemoconcentrator และ Dialyzer เท่ากับ 3 (ร้อยละ 25) และ 1 (ร้อยละ 8.3) ตามลำดับ

*B Rh+ในกลุ่ม Hemoconcentrator และ Dialyzer เท่ากับ 1 (ร้อยละ 8.3) และ 3 (ร้อยละ 25) ตามลำดับ

*O Rh+ในกลุ่ม Hemoconcentrator = 0 และในกลุ่ม Dialyzer เท่ากับ 3 (ร้อยละ 25)

ตารางที่ 2 ปริมาณการดึงน้ำเจลี่ยระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer ทุก 5 นาที

ระยะเวลาที่ดึงน้ำ (นาที)	อัตราการดึงน้ำ (มล./นาที)/ค่าเจลี่ย \pm SD		p-value ^a
	Hemoconcentrator (n = 12)	Dialyzer (n = 12)	
5	29.00 \pm 4.05	3.33 \pm 1.05	< 0.001
10	26.50 \pm 4.42	3.40 \pm 1.09	< 0.001
15	25.67 \pm 4.21	3.43 \pm 0.98	< 0.001
20	24.17 \pm 3.97	3.48 \pm 1.12	< 0.001
25	23.67 \pm 3.70	3.48 \pm 1.24	< 0.001
30	22.33 \pm 3.06	3.48 \pm 1.10	< 0.001

^aIndependent t-test

SD: standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของเลือดก่อนและหลังคั่งน้ำระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer

ความเข้มข้นของเลือด (Hct)	ค่าเฉลี่ย \pm SD		p-value ^a
	Hemoconcentrator (n = 12)	Dialyzer (n = 12)	
ก่อนคั่งน้ำ	6.75 \pm 2.22	8.08 \pm 1.16	0.083
หลังคั่งน้ำ 40 นาที	9.42 \pm 2.57	8.75 \pm 1.06	0.420
หลังคั่งน้ำ 80 นาที	17.83 \pm 6.91	9.08 \pm 1.24	0.001

^aIndependent t-test

Hct: hematocrit (ความเข้มข้นของเลือด), SD: standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 4 ค่าอิเล็กโทรไลต์ระหว่างก่อนและหลังคั่งน้ำ 80 นาทีด้วย Hemoconcentrator และ Dialyzer

อุปกรณ์/ค่าอิเล็กโทรไลต์	ค่าเฉลี่ย \pm SD		p-value ^a
	ก่อนคั่งน้ำ	หลังคั่งน้ำ 80 นาที	
Hemoconcentrator (n = 12)			
Na	132.48 \pm 1.97	131.23 \pm 1.99	0.044
K	6.64 \pm 1.03	6.79 \pm 1.27	0.334
Cl	103.64 \pm 2.74	102.34 \pm 2.28	0.004
Dialyzer (n = 12)			
Na	132.23 \pm 1.68	131.63 \pm 1.90	0.092
K	7.11 \pm 0.68	6.98 \pm 0.94	0.215
Cl	103.79 \pm 2.20	103.11 \pm 2.16	0.047

^aPaired t-test

SD: standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

ตารางที่ 5 ค่าอิเล็กโทรไลต์ก่อนและหลังคั่งน้ำ 80 นาทีระหว่างอุปกรณ์ Hemoconcentrator และ Dialyzer

ค่าอิเล็กโทรไลต์	ค่าเฉลี่ย \pm SD		p-value ^a	ค่าเฉลี่ย \pm SD		p-value ^a
	ก่อนคั่งน้ำ			หลังคั่งน้ำ 80 นาที		
	Hemoconcentrator (n = 12)	Dialyzer (n = 12)		Hemoconcentrator (n = 12)	Dialyzer (n = 12)	
Na	132.48 \pm 1.97	132.23 \pm 1.68	0.748	131.23 \pm 1.99	131.63 \pm 1.90	0.621
K	6.64 \pm 1.03	7.11 \pm 0.68	0.193	6.79 \pm 1.27	6.98 \pm 0.94	0.679
Cl	103.64 \pm 2.74	103.79 \pm 2.20	0.879	102.34 \pm 2.28	103.11 \pm 2.16	0.408

^aIndependent t-test

SD: standard deviation (ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

วิจารณ์

ผลการศึกษานี้พบว่าชนิดและปริมาณของตัวอย่างเลือดไม่แตกต่างกัน โดยอัตราการดึงน้ำทุก ๆ 5 นาทีนั้น Hemoconcentrator สามารถดึงน้ำได้มากกว่า Dialyzer อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Jeffrey และคณะ⁴ ที่ศึกษาอัตราการดึงน้ำใน Hemoconcentrator พบว่าสามารถดึงน้ำได้ปริมาณมากโดยเฉพาะเมื่อเคลือบผิวเยื่อเลือกผ่านก่อนดึงน้ำ นอกจากนั้นผลการศึกษานี้เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเลือดก่อนดึงน้ำกับหลังดึงน้ำ 40 นาที และ 80 นาทีระหว่างอุปกรณ์ดึงน้ำ Hemoconcentrator และ Dialyzer พบว่าหลังดึงน้ำ 40 นาทีความเข้มข้นของเลือดเพิ่มขึ้นทั้ง 2 อุปกรณ์ไม่แตกต่างกัน แต่หลังดึงน้ำ 80 นาทีความเข้มข้นของเลือดในกลุ่มที่ใช้ Hemoconcentrator เพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มที่ใช้ Dialyzer อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Soliman และคณะ⁵ ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้และไม่ใช้อุปกรณ์ดึงน้ำระหว่างผ่าตัดหัวใจ พบว่าการใช้อุปกรณ์การดึงน้ำในระหว่างผ่าตัดหัวใจทำให้ความเข้มข้นของเลือดเพิ่มขึ้นมากกว่าและต้องให้เลือดแก่ผู้ป่วยน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ป่วยที่ไม่ใช้อุปกรณ์การดึงน้ำและพบว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของเลือดของทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การที่ความเข้มข้นของเลือดเพิ่มขึ้นทั้ง 2 อุปกรณ์ไม่แตกต่างกันหลังดึงน้ำ 40 นาทีอาจเป็นเพราะช่วงแรกของการดึงน้ำนั้นน้ำที่ดึงออกเป็นการดึง priming solution ในวงจรอุปกรณ์การดึงน้ำทำให้ค่าความเข้มข้นของเลือดเปลี่ยนแปลงไม่มาก แต่ภายหลังจากน้ำที่อยู่ในวงจรอุปกรณ์ดึงน้ำถูกดึงออกจนหมดและเป็นการดึงน้ำออกจากเลือดโดยตรง

ส่วนค่าอิเล็กโทรไลต์นั้นการดึงน้ำด้วย Hemoconcentrator พบว่าค่าเฉลี่ยของ Na และ Cl หลังดึงน้ำ 80 นาทีลดลงเหลือน้อยกว่าก่อนดึงน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยของ K เพิ่มขึ้นแต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แตกต่างจากผลการศึกษาของ Tagaya และคณะ⁶ ที่ศึกษาการทำวงจรประดิษฐ์ที่นำ Hemoconcentrator มาต่อกับน้ำยา Dialysate พบว่าค่า K ลดลงมากตามอัตราการไหลของน้ำยา Dialysate

ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของ K ที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นผลจากการที่ Hemoconcentrator สามารถดึงน้ำได้ปริมาณมากและการทดลองนี้ได้ดึงน้ำเป็นเวลานานต่อเนื่องกันจึงทำให้ความเข้มข้นของเลือดเพิ่มขึ้นและหลังจากถูกบดอัดด้วย Roller pump จากเครื่องหัวใจและปอดเทียมเป็นเวลานานทำให้เกิดภาวะ hemolysis จึงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของ K ในเลือดมากขึ้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Mandy และคณะ⁷ ซึ่งพบว่าการเกิด hemolysis สอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นของ K ที่เพิ่มขึ้น นอกจากนั้นผลการศึกษานี้พบว่าหลังการดึงน้ำด้วย Dialyzer 80 นาทีค่าเฉลี่ยของ Cl ลดลงต่างจากก่อนดึงน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่า Na, K ลดลงแต่ไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Saito และคณะ⁸ ที่ศึกษาผลของการนำ Dialyzer มาทดลองดึงน้ำออกจากเลือดที่หมดอายุซึ่งค่าอิเล็กโทรไลต์ (K, Cl) สูง หลังจากใช้น้ำร่วมกับน้ำยา dialysate พบว่าค่าอิเล็กโทรไลต์ (K, Cl) ลดลงจนมาถึงค่าปกติ โดยผลการศึกษาที่ยังพบว่าการนำอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมาดึงน้ำพบค่าอิเล็กโทรไลต์ (Na, K, Cl,) ภายหลังการดึงน้ำไม่แตกต่างกัน

การวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องเวลาที่ใช้ดึงน้ำ การออกแบบการทดลองเพื่อจำลองสถานการณ์จริงในการใช้เครื่องหัวใจและปอดเทียมเพื่อผ่าตัดหัวใจ และออกแบบให้อุปกรณ์ทั้งสองชนิดดึงน้ำออกในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกันและในเวลาเท่ากัน เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดึงน้ำโดยไม่ทำให้อุณหภูมิในวงจรหมุดระหว่างการทดลอง อื่นๆ ความเร็วของเลือดที่ผ่านอุปกรณ์ดึงน้ำทั้งสองชนิดนั้นสามารถเพิ่มได้สูงสุดถึง 500 มิลลิลิตร/นาทีแต่จะทำให้อัตราการกรองเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการทดลองสั้นเกินไปและไม่สามารรถเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้อย่างเหมาะสม

ข้อมูลที่น่าเสนอแนะสรุปได้ว่า Hemoconcentrator สามารถดึงน้ำได้มากกว่า Dialyzer โดยเพิ่มความเข้มข้นของเลือดได้มากกว่า Dialyzer แต่ผลในการขับอิเล็กโทรไลต์ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นควรใช้ Hemoconcentrator ดึงน้ำเพื่อลดภาวะบวมน้ำและ

แก้ไขปัญหาภาวะน้ำเกินในการใช้ระบบไหลเวียนโลหิตภายนอกร่างกายขณะทำผ่าตัดหัวใจ หนึ่งการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดั่งน้ำของ Dialyzer ซึ่งมีราคาถูกกว่า Hemoconcentrator มากกว่าสามารถใช้งานทดแทนกันได้หรือไม่และอาจใช้เป็นอุปกรณ์ทางเลือกในกรณีที่ไม่ต้องการดั่งน้ำในปริมาณมาก อย่างไรก็ตามควรศึกษาทางคลินิกเกี่ยวกับผลการดั่งน้ำของอุปกรณ์ทั้งสองชนิดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ. นพ.จรัญ สายะสถิตย์ ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่หน่วยวิจัย หน่วยพยาธิวิทยาคลินิก และนักสถิติ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรสำหรับการประสานงานและการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารอ้างอิง

1. The Society of Thoracic Surgeons of Thailand. Statistical report 2001-2019 [Internet]. 2020 [cited 2021 Oct 21]. Available from: <https://thaists.org/en/stats/>
2. Ziyaeifard M, Alizadehasl A, Massoumi G. Modified ultrafiltration during cardiopulmonary bypass and postoperative course of pediatric cardiac surgery. *Res Cardiovasc Med* 2014;3(2):e17830. doi:10.5812/cardiovascmed.17830
3. Heath M, Raghunathan K, Welsby I, Maxwell C. Using zero balance ultrafiltration with dialysate as a replacement fluid for hyperkalemia during cardiopulmonary bypass. *J Extra Corpor Technol* 2014;46(3):262-6.
4. Burnside JL, Ratliff TM, Salvator A, Hodge AB. Albumin priming improves the efficiency of the Minntech HPH Jr. hemoconcentrator. *Perfusion* 2018;33(7):520-4.

5. Soliman R, Fouad E, Belghith M, Abdelmageed T. Conventional hemofiltration during cardiopulmonary bypass increases the serum lactate level in adult cardiac surgery. *Ann Card Anaesth* 2016;19(1):45-51. doi:10.4103/0971-9784.173019
6. Tagaya M, Matsuda M, Yakehiro M, Izutani H. Prospects for using a hemoconcentrator as an alternative hemodialysis method in cardiopulmonary bypass surgeries. *Perfusion* 2014;29(2):117-23.
7. O'Leary MF, Szklarski P, Klein TM, Young PP. Hemolysis of red blood cells after cell washing with different automated technologies: clinical implications in a neonatal cardiac surgery population. *Transfusion* 2011;51(5):955-60.
8. Saito D, Fujimaru T, Inoue Y, Hirayama T, Ezaki I, Kin H, et al. Serial measurement of electrolyte and citrate concentrations in blood-primed continuous hemodialysis circuits during closed-circuit dialysis. *Pediatr Nephrol* 2019;35(1):127-33.