

การเปรียบเทียบอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดซึ่งผ่านออกจากคอยล์ ซึ่งทำจากอลูมิเนียม สเตนเลส สตีล และโพลีไวนิลคลอไรด์

A comparison of temperature of blood cardioplegic solution passed through coils made from aluminum, stainless steel and polyvinyl-chloride

สุวรรณา ทาวรรุ่งโรจน์

Suwanna Tawonrungronj

ภาควิชาเทคโนโลยีหัวใจและทรวงอก คณะสหเวชศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

Cardio-Thoracic Technology Program,
Faculty of Allied Health Sciences,
Naresuan University, Muang, Phitsanulok, 65000,
Thailand
E-mail: suwannat@nu.ac.th
Songkla Med J 2010;28(2):89-96

บทคัดย่อ:

วัตถุประสงค์: เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือด (4:1) ที่ผ่านคอยล์ซึ่งทำจากอลูมิเนียม สเตนเลส สตีล และพีวีซี

วัสดุที่ใช้และวิธีการ: ควบคุมอุณหภูมิห้องปฏิบัติการให้คงที่ตลอดเวลาที่ 25°C ควบคุมอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดก่อนเข้าคอยล์ 3 ชนิด คือ คอยล์ที่ทำจากอลูมิเนียม สเตนเลส สตีล และพีวีซีที่ 26°C และ 32°C บันทึกอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดที่ออกจากคอยล์และที่ปลายสาย บันทึก 3 ครั้ง วัดระยะหัวแปรที่อัตราการไหลของสารละลาย 200, 250 และ 300 ซีซีต่อนาทีและความยาวของสาย 200, 300, 400 เซนติเมตร ทำทุกขั้นตอนซ้ำใช้คอยล์ทั้ง 3 ชนิด

ผลการศึกษา: คอยล์ที่ทำจากอลูมิเนียมมีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือด

มากที่สุด รองลงมาเป็นคอยล์ที่ทำจากสเตนเลส สตีล และพีวีซี และพบว่าอุณหภูมิของสารละลายจะลดได้น้อยลงถ้าเพิ่มอัตราการไหล การใช้สายที่มีความยาวมากขึ้น รวมทั้งการตั้งค่าอุณหภูมิของสารละลายก่อนเข้าคอยล์สูง

สรุป: คอยล์ชนิดอลูมิเนียมมีประสิทธิภาพที่สุดในการลดอุณหภูมิสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดเมื่อเพิ่มอัตราการไหลและเพิ่มความยาวของสาย

คำสำคัญ: คอยล์, พีวีซี, สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือด, สเตนเลส สตีล, อลูมิเนียม

รับต้นฉบับวันที่ 14 ธันวาคม 2552 รับลงตีพิมพ์วันที่ 6 มีนาคม 2553

Abstract:

Objective: To compare the temperatures of blood cardioplegic solution (4:1) flowing through coils made from aluminum, stainless steel and polyvinylchloride (PVC)

Materials and methods: The room temperature was controlled at 25°C for all trials, and the temperature of the blood cardioplegic solution before being introduced into 3 types of coils made from aluminum, stainless steel and PVC was controlled at two levels, 26°C and 32°C. The temperature of the blood cardioplegia was recorded three times: at the location where the solution passed out of the coil and at the end of the tubing. Several variables were tested with flow rate of solution 200, 250, and 300 cc./min and lengths of the tubing 200, 300 and 400 cm. All procedures were repeated with all three coil materials.

Results: The aluminum coil was most effective at decreasing the temperature of blood cardioplegic solution, followed by stainless steel and PVC. The results also demonstrated that the temperature of the solution decreased less with higher flow rate and the longer tubing, and at higher beginning temperatures.

Conclusion: The aluminum coil is most effective at lowering the temperature of the solution, even when increasing the flow rate and using longer tubing.

Key words: aluminum, blood cardioplegic solution, coil, PVC, stainless steel

บทนำ

ระหว่างผ่าตัดเปิดหัวใจต้องทำให้หัวใจหยุดทำงานเพื่อให้หัวใจหนึ่งสามารถผ่าตัดแก้ไขความผิดปกติได้ง่าย การที่หัวใจหยุดส่งเลือดไปเลี้ยงเซลล์ต่างๆ จะทำให้เซลล์เหล่านี้ขาดเลือดและสูญเสียหน้าที่ จึงต้องลดความต้องการใช้เลือดและออกซิเจนของเซลล์ ด้วยการลดอุณหภูมิทั่วร่างกายโดยลดอุณหภูมิของเลือดที่ไปเลี้ยงร่างกายซึ่งส่งออกจากเครื่องหัวใจและปอดเทียม ส่วนเซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจจะได้รับสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียที่มีอุณหภูมิต่ำ สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียมีส่วนผสมของแมกนีเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมคลอไรด์ และโปรเคนไฮโดรคลอไรด์เป็นส่วนผสมหลัก อาจมีการเติมอัลบูมินและเลือด เพื่อให้ปกป้องหัวใจได้ดียิ่งขึ้น สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียถูกปั๊มผ่านเข้าคอยล์ซึ่งจุ่มอยู่ในน้ำเย็นจัดเพื่อทำให้อุณหภูมิของสารละลายลดลงได้เร็ว และควบคุมอุณหภูมิให้คงที่จนกระทั่งให้ครบจำนวน ส่วนผสมในสารละลายและอุณหภูมิของสารละลายที่เย็นจะทำให้เซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจหยุดทำงานและปกป้องกล้ามเนื้อหัวใจ

สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือด สามารถปกป้องเซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจได้ดีกว่าสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียดังการศึกษาของ Ferreira และคณะ¹ ได้เจาะเลือดจากโคโรนารีไซนัสและตัดชิ้นเนื้อของกล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างซ้ายก่อนหนีบและหลังจากคลายการหนีบหลอดเลือดเอออร์ตาแล้ว 10 นาที พบว่ากลุ่มที่ได้รับสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดไม่มีการทำลายของไมโทคอนเดรีย

การผสมสารละลายสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียกับเลือดนั้น เลือดในอุปกรณ์เก็บกักเลือดจะถูกลดอุณหภูมิด้วยการสัมผัสกับน้ำเย็นที่หล่ออยู่ภายนอกให้ได้ช่วง 26-31°C หรือ 32-35°C แล้วเลือดจะถูกปั๊มไปผสมกับสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียด้วยสัดส่วนปริมาตร 4:1² หลังจากนั้นส่วนผสมนี้จะผ่านเข้าคอยล์เพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลงอีกครั้งให้ได้อุณหภูมิที่ปกป้องเซลล์ได้มาก

อุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียที่จะปกป้องเซลล์ของกล้ามเนื้อหัวใจ เซลล์สมองและเซลล์ต่างๆ ช่วงที่ดีที่สุดควรจะเป็นเท่าไรนั้น ยังมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เช่น การศึกษาของ Martin และคณะ³ พบว่าอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียที่สูงมากกว่า 35°C จะเพิ่มอันตรายต่อเซลล์สมองในระหว่างหัวใจหยุดทำงาน การศึกษาของ Hayashida และคณะ⁴ ใช้สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียที่อุณหภูมิ 9°C 29°C และ 37°C แล้ววัดอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณกล้ามเนื้อหัวใจได้ $18.7^{\circ}\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ $29.2^{\circ}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ และ $34.7^{\circ}\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ ตามลำดับ และพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับสารละลายที่มีอุณหภูมิ 29°C เกิดอุบัติการณ์การสูญเสียเลือดและการเต้นผิดปกติของหัวใจห้องล่างน้อยกว่ากลุ่มอื่น แต่การศึกษาของ Pacini และคณะ⁵ พบว่าสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียที่อุณหภูมิ 26°C สามารถปกป้องสมองระหว่างผ่าตัดหลอดเลือดเอออร์ตา ส่วนการศึกษาของ Shibano และคณะ⁶ พบว่าอุณหภูมิ 29-35°C สามารถยับยั้งภาวะขาดเลือดของเซลล์สมองของหนู อุณหภูมิของกล้ามเนื้อหัวใจควรจะเป็นเท่าไรนั้นจึงยังไม่สามารถสรุปได้ รวมทั้งการวัดอุณหภูมิบริเวณกล้ามเนื้อหัวใจทำได้ยาก ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจึงใช้การควบคุมอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียหลังจากผ่านออกจากคอยล์หรือก่อนเข้าสู่กล้ามเนื้อหัวใจ

การให้สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดมักจะทำให้ในอัตราเร็วประมาณ 200 ซีซีต่อนาที หากจำเป็นต้องเพิ่มปริมาตรสารละลายมากกว่าปกติ จะต้องเพิ่มอัตราเร็วด้วยเช่นกันเพื่อให้กล้ามเนื้อหัวใจได้รับสารละลายได้ครบจำนวนและหยุดทำงานในเวลาที่เหมาะสม

อุปกรณ์ที่เป็นขดหรือคอยล์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดอุณหภูมิของสารละลาย ในห้องผ่าตัดมักใช้คอยล์ที่ทำ

จากอลูมิเนียม สเตนเลส สตีลและโพลีไวนิลคลอไรด์ วัสดุทั้ง 3 ชนิดมีค่าการนำความร้อนต่างกัน ที่อุณหภูมิ 25°C ค่าการนำความร้อนของอลูมิเนียมเท่ากับ 250 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ค่าการนำความร้อนของ สเตนเลส สตีล เท่ากับ 16 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน และโพลีไวนิลคลอไรด์เท่ากับ 0.19 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน วัสดุที่มีค่าการนำความร้อนที่สูงจะถ่ายโอนอุณหภูมิได้ดี นอกจากนี้ วัสดุชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนอลูมิเนียมและสเตนเลส สตีล สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในอุตสาหกรรมอื่นๆ การศึกษานี้จึงต้องการเปรียบเทียบอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพาสีเจียผสมเลือด ซึ่งผ่านออกจากคอยล์ที่ทำจากอลูมิเนียม สเตนเลส สตีล และโพลีไวนิลคลอไรด์ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการเลือกใช้คอยล์

วัสดุและวิธีการ

การศึกษานี้ได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ (ไม่เกี่ยวข้องกับมนุษย์) ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ โดยใช้อุปกรณ์และส่วนผสมของสารละลายเช่นเดียวกับสถานการณ์จริงระหว่างผ่าตัดเปิดหัวใจ ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทเอด்வาร์ดส์-ไลฟไซเอนซ์ ประเทศไทย ห้องผ่าตัดโรงพยาบาลตำรวจ และโรงพยาบาลรามารินทร์

สารละลายที่ใช้ คือสารละลายอะเซทตา 1,000 ซีซี เซนต์โทมัส 20 ซีซี (ประกอบด้วยแมกเนเซียมคลอไรด์ 3.25 กรัม โพตัสเซียมคลอไรด์ 1.19 กรัม และโปรเคน-ไฮโดรคลอไรด์ 272.8 มิลลิกรัม) เฮปารินและเม็ดเลือดแดงเข้มข้นที่หมดอายุการใช้งานแล้ว แต่ยังไม่พบการแตกของเม็ดเลือดแดง

อุปกรณ์ที่ใช้ คือ เครื่องหัวใจและปอดเทียม อุปกรณ์เก็บกักเลือด (venous reservoir) (รูปที่ 1) ชุดให้สารละลายคาร์ดิโอพาสีเจีย รุ่นที่บีแคบ 01 สายสำหรับให้สารละลายคาร์ดิโอพาสีเจีย รุ่นที่เอคัท 06 ความยาว 200, 300 และ 400 เซนติเมตร คอยล์ที่ทำจากอลูมิเนียม สเตนเลส สตีลและโพลีไวนิลคลอไรด์ ชนิดละ 3 อัน

(รูปที่ 1) เครื่องติดตามอุณหภูมิโคลิน รุ่น บีพี 88 เน็กซ์ เทอร์โมมิเตอร์แบบลำปรอท (เทียบอุณหภูมิได้ตรงกับเครื่องติดตามอุณหภูมิโคลิน) และกระตักน้ำแข็ง

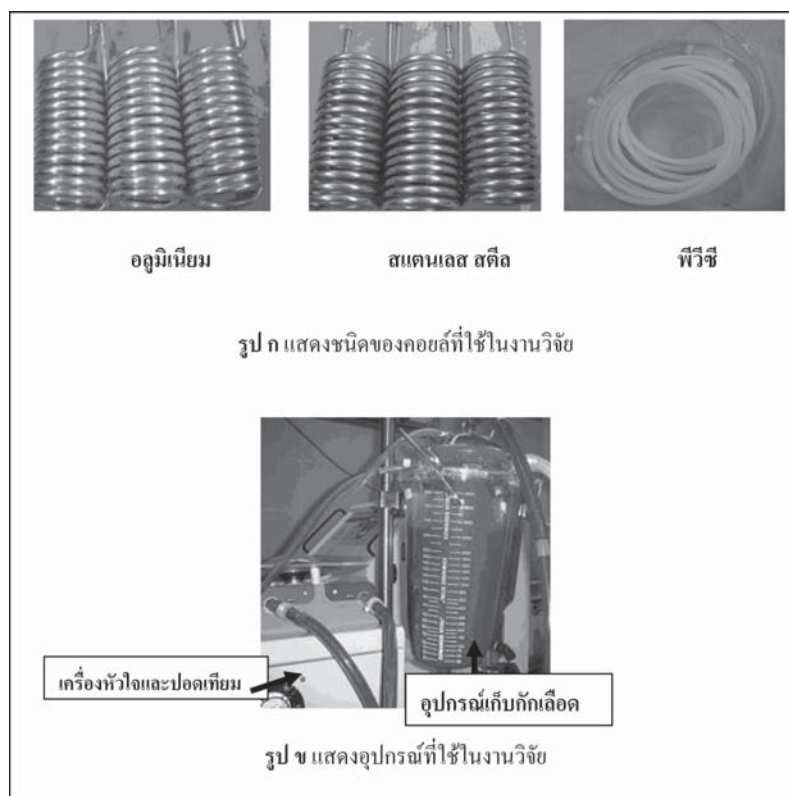
วิธีการทดลอง

1. ควบคุมอุณหภูมิห้องปฏิบัติการให้คงที่ตลอดเวลาที่ 25°C
 2. ปรับอุณหภูมิของเลือดในอุปกรณ์เก็บกักเลือดให้คงที่ใน 2 ช่วง ที่ 26°C และ 32°C วัดอุณหภูมิด้วยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิของเครื่องมือติดตามอุณหภูมิ
 3. บั้มเลือดไปผสมกับสารละลายคาร์ดิโอพาสีเจียด้วยสัดส่วน 4:1 ควบคุมฮีมาโตคริตให้ได้ร้อยละ 25
 4. ปลอ่ยสารละลายเข้าคอยล์ซึ่งจุ่มอยู่ในกระตักน้ำแข็ง (ควบคุมอุณหภูมิให้ได้ 0°C)
 5. บันทึกอุณหภูมิของสารละลาย 3 จุด คือ ก่อนเข้าคอยล์ ออกจากคอยล์ และปลายสุดของสาย (จุดละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย)
 6. ปรับอัตราการไหลของสารละลาย 3 ค่า คือ 200, 250 และ 300 ซีซีต่อนาที และปรับความยาวของสาย 3 ค่า คือ 200, 300, 400 เซนติเมตร
 7. วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ Kruskal-Wallis test เนื่องจากข้อมูลกระจายแบบไม่ใช้โค้งปกติ
- ทำการทดลองซ้ำด้วยคอยล์ชนิดอื่น เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจะทำลายเชื้อสารละลายด้วยการอบไอน้ำภายใต้ความดัน

ผลการศึกษา

เมื่อทำให้อุณหภูมิสารละลายก่อนเข้าคอยล์เท่ากัน แล้วให้สารละลายคาร์ดิโอพาสีเจียผสมเลือดไหลผ่านคอยล์ด้วยอัตราการไหลเท่ากัน พบว่าคอยล์ชนิดอลูมิเนียมลดอุณหภูมิสารละลายที่อุณหภูมิก่อนเข้าคอยล์ที่ 26°C ได้ร้อยละ 87.47 และที่ 32°C ได้ร้อยละ 87.93 ซึ่งลดได้มากกว่าคอยล์ชนิดสเตนเลส สตีลและโพลีไวนิลคลอไรด์อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 1)

เมื่อให้สารละลายคาร์ดิโอพาสีเจียผสมเลือดไหลผ่านคอยล์ด้วยอัตราการไหลที่เร็วขึ้น พบว่าสารละลายที่ออกจากคอยล์ชนิดอลูมิเนียมมีอุณหภูมิต่ำกว่าที่ออกจาก



รูปที่ 1 แสดงชนิดของคอยล์และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงค่าร้อยละของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสารละลายคาร์ดิโอพัสเจียผสมเลือดที่ออกจากคอยล์ 3 ชนิด ที่อัตราการไหล 200 ซีซีต่อนาที และความยาวสาย 200 เซนติเมตร

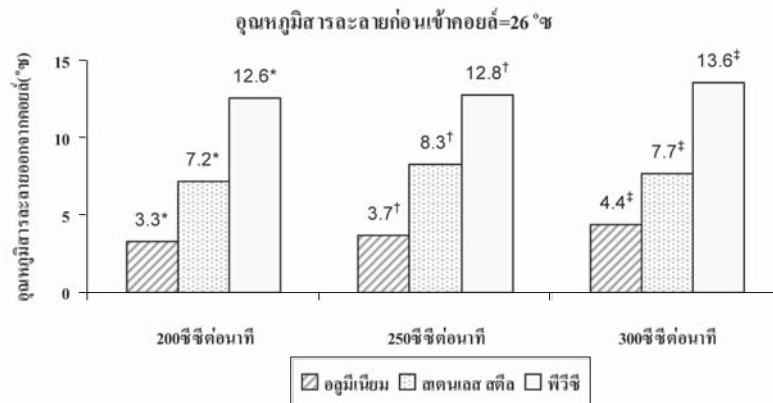
ชนิดของคอยล์	อุณหภูมิสารละลาย (26°C)			อุณหภูมิสารละลาย (32°C)		
	ก่อนเข้าคอยล์ (median+IQR)	ออกจากคอยล์ (median+IQR)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)	ก่อนเข้าคอยล์ (median+IQR)	ออกจากคอยล์ (median+IQR)	การเปลี่ยนแปลง (ร้อยละ)
อลูมิเนียม	26.08±0.16	3.27±0.38	87.47	31.21±0.18	3.77±0.40	87.93
สแตนเลส สตีล	25.99±0.05	7.20±0.30	72.30	31.05±0.10	7.43±0.32	76.06
โพลีไวนิลคลอไรด์	26.03±0.12	12.63±0.40	51.47	31.94±0.09	16.70±1.00	47.71

คอยล์ชนิดอื่นในทุกๆ อัตราการไหล (รูปที่ 2)

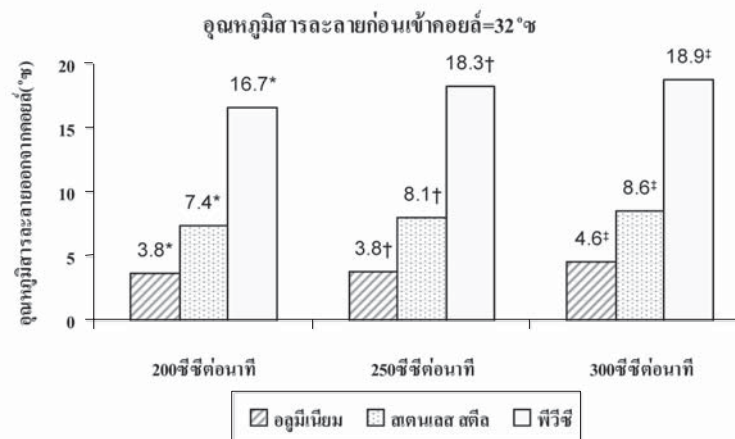
เมื่อให้สารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดผ่านคอยล์และสายที่มีความยาวมากขึ้น อุณหภูมิของสารละลายที่ปลายสายมีแนวโน้มสูงขึ้นมากกว่าการใช้สายที่สั้น (รูปที่ 3)

วิจารณ์

การศึกษานี้พบว่าคอยล์ชนิดที่ทำจากอลูมิเนียมช่วยลดอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดได้ดีที่สุด รองลงมาคือคอยล์ชนิดที่ทำจากสแตนเลส สตีล



รูป ก



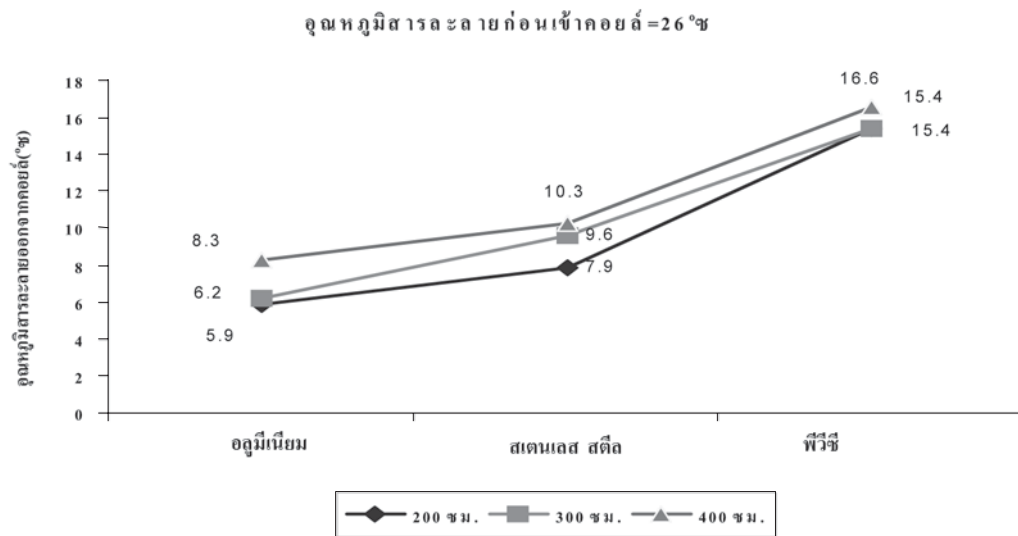
รูป ข

*P-value <0.05 เปรียบเทียบในคอยล์ต่างชนิดกันที่อัตราเร็ว 200 ซีซีต่อนาที

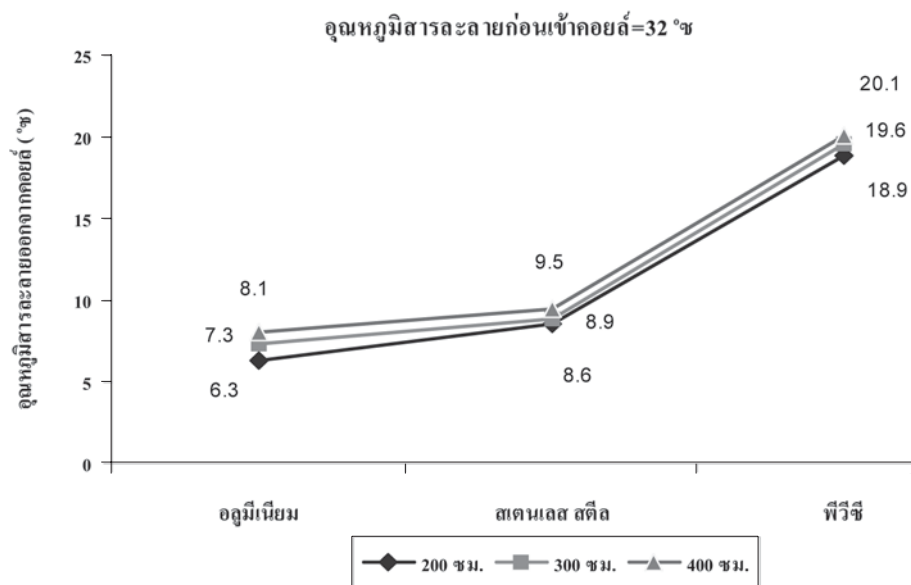
†P-value <0.05 เปรียบเทียบในคอยล์ต่างชนิดกันที่อัตราเร็ว 250 ซีซีต่อนาที

‡P-value <0.05 เปรียบเทียบในคอยล์ต่างชนิดกันที่อัตราเร็ว 300 ซีซีต่อนาที

รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสารละลายคาร์ดิโอพลีเจียผสมเลือดที่ออกจากคอยล์ 3 ชนิด ที่อัตราการไหลของสารละลาย 3 ค่า สายยาวคงที่ 200 เซนติเมตร วิเคราะห์ด้วยสถิติ Kruskal-Wallis โดยรูป ก อุณหภูมิก่อนเข้าคอยล์เท่ากับ 26°ซ และรูป ข อุณหภูมิก่อนเข้าคอยล์เท่ากับ 32°ซ



รูป ก



รูป ข

รูปที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสารละลายคาร์ดิโอพอลิเอทิลีนผสมเลือดที่ปละลายสายเมื่อใช้คอปัล 3 ชนิดใช้ความยาวของสาย 3 ค่า อัตราการไหลของสารละลายคงที่ 200 ซีซีต่อนาที โดย รูป ก อุณหภูมิก่อนเข้าคอปัลเท่ากับ 26°ซ และรูป ข อุณหภูมิก่อนเข้าคอปัลเท่ากับ 32°ซ

และโพลีไวนิลคลอไรด์ เนื่องจากอัตราการนำความร้อนแปรผันตามค่าการนำความร้อน⁷ และอลูมิเนียมมีค่าการนำความร้อนสูงที่สุด จึงลดอุณหภูมิของสารละลายได้มากที่สุด โดยคอยล์ที่จุ่มในน้ำแข็งถ่ายเทอุณหภูมิสู่สารละลาย ในขณะที่เดียวกันสารละลายเป็นตัวกลางพาความร้อนจากจุดที่อุณหภูมิสูงกว่ามาถ่ายโอนความร้อนที่คอยล์ซึ่งอุณหภูมิต่ำกว่า แม้ว่าอัตราเร็วของการไหลมีผลต่อการพาความร้อน⁷ แต่สารละลายถูกควบคุมอัตราเร็วด้วยปั๊ม อัตราเร็วในการสัมผัสกับคอยล์จึงคงที่ ดังนั้นอุณหภูมิสารละลายหลังถ่ายโอนความร้อนแล้วจึงขึ้นกับชนิดของวัสดุ สอดคล้องกับผลการศึกษา¹ซึ่งพบว่าคอยล์ชนิดอลูมิเนียมลดอุณหภูมิได้มากที่สุดในทุกอัตราการไหลของสารละลายคาร์ดิโอโพลีเจียผสมเลือด นอกจากนี้คอยล์ทุกชนิดมีแนวโน้มว่าจะช่วยลดอุณหภูมิของสารละลายได้น้อยลงหากสารละลายผ่านคอยล์ด้วยอัตราการไหลมากขึ้น เนื่องจากปั๊มควบคุมอัตราการไหลให้คงที่การถ่ายเทความร้อนจึงขึ้นกับการนำความร้อนของผิววัสดุ หากสารละลายไหลผ่านคอยล์ช้าๆ สารละลายจะสัมผัสกับผิวของวัสดุนานมากขึ้น จึงเกิดการถ่ายเทความร้อนได้มากขึ้น ในระหว่างผ่าตัดโดยทั่วไปมักจะให้สารละลายที่อัตราการไหล 200 ซีซีต่อนาที แต่ในผู้ที่มักล้มเหลวหัวใจหน้าตัวต้องเพิ่มปริมาตรของสารละลาย จึงจำเป็นต้องเพิ่มอัตราเร็วของสารละลายเพื่อให้หัวใจหยุดทำงานได้ทันในช่วงเวลาที่ต้องการ ในกรณีนี้อาจต้องใช้การลดอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอโพลีเจียผสมเลือดก่อนเข้าคอยล์เพื่อช่วยให้อุณหภูมิสารละลายที่ออกจากคอยล์ลดลงได้มากขึ้น เนื่องจากผลการศึกษา¹พบว่าอุณหภูมิสารละลายคาร์ดิโอโพลีเจียผสมเลือดก่อนเข้าคอยล์ที่สูงกว่าทำให้อุณหภูมิของสารละลายหลังออกจากคอยล์สูงขึ้น

ความยาวของคอยล์ที่ใช้ในสารละลายคาร์ดิโอโพลีเจียผสมเลือดหลังจากออกจากคอยล์แล้ว มีผลต่ออุณหภูมิของสารละลายก่อนเข้าสู่ผู้ป่วย โดยพบว่าหากใช้สายที่สั้นอุณหภูมิของสารละลายที่ปลายสายจะต่ำกว่าเมื่อใช้สายที่ยาว เนื่องจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามระยะทางหรือความยาว⁷ ปัจจุบันผู้ปฏิบัติงานในห้องผ่าตัดจะพยายามลดความยาวของสายต่างๆ ที่นำเลือดและสาร

ละลายเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยเพื่อลดภาวะแทรกซ้อนต่างๆ แต่เตียงผ่าตัดของโรงพยาบาลบางแห่งอยู่ห่างจากเครื่องหัวใจและปอดเทียมมากจนต้องเพิ่มความยาวของสาย นอกจากนี้ยังพบว่าคอยล์ชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์มีพื้นที่ที่ตั้งฉากกับการไหลน้อยที่สุดจึงนำความร้อนได้น้อยที่สุด⁷ โดยมีรัศมีภายในและภายนอกของคอยล์น้อยที่สุดคือ 2 และ 2.5 มิลลิเมตร ส่วนคอยล์อลูมิเนียมมีรัศมีภายในและภายนอกเท่ากับ 2.5 และ 3.5 มิลลิเมตร และคอยล์ชนิดสเตนเลส สตีล 2.65 และ 3.15 มิลลิเมตร รวมทั้งคอยล์ชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์มีความยาว 4.8 เมตร ซึ่งยาวมากกว่าคอยล์ชนิดอลูมิเนียมและสเตนเลส สตีล ซึ่งยาวเพียง 3 เมตร ดังนั้นอัตราการนำความร้อนของคอยล์ชนิดโพลีไวนิลคลอไรด์จึงต่ำกว่าชนิดอื่น การศึกษานี้มีเลือดไม่เพียงพอจึงไม่สามารถทดลองซ้ำหลายครั้ง ผู้วิจัยใช้เลือดเพราะต้องการจำลองสถานการณ์จริงระหว่างผ่าตัด นอกจากนี้ความหนืดของเลือดมีผลต่อการกระจายความร้อนจึงไม่สามารถใช้สารละลายอื่นทดแทน

สรุป

การลดอุณหภูมิของสารละลายคาร์ดิโอโพลีเจียผสมเลือดขึ้นกับวัสดุที่ใช้ทำคอยล์ อุณหภูมิสารละลายก่อนเข้าคอยล์ อัตราเร็วของสารละลายที่ผ่านเข้าคอยล์และความยาวของสายคอยล์ชนิดที่ทำจากอลูมิเนียมสามารถลดอุณหภูมิของสารละลายได้ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

1. Ferreira R, Fraga C, Carrasquedo F, et al. Comparison between warm blood and crystalloid cardioplegia during open heart surgery. *Int J Cardiol* 2003;90:253-60.
2. Gravlee GP, Davis RF, Stammers AH, et al. *Cardiopulmonary bypass: principle and practice*. 3th ed. Philadelphia: Lippincott William&Wilkins; 2008.
3. Martin TD, Crowder JM, Gott JP, et al. Prospective randomized trial of retrograde warm blood Car-

- dioplegia: myocardial benefit and neurologic threat. *Ann Thorac Surg* 1994;57:298-304.
4. Hayashida N, Weisel RD, Shirai T, et al. Tepid antegrade and retrograde cardioplegia. *Ann Thorac Surg* 1995;59:723-9.
5. Pacini D, Leone A, Marco LD, et al. Antegrade selective cerebral perfusion in thoracic aorta surgery: safety of moderate hypothermia. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007;31:618-22.
6. Shibano T, Morimoto Y, Kemmotsu O, et al. Effects of mild and moderate hypothermia on apoptosis in neuronal PC12 cells. *Br J Anaesth* 2002;89:301-5.
7. นกสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. การถ่ายเทความร้อน. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ฟิสิกส์เซนเตอร์; 2535.