The effectiveness of intravenous fluid warmer (Animec® fluid warmer Model AM-2S)

Pramote Euasobhon*, Kittiphong Sujirattanawimol*, Nantthasorn Zinboonyahgoon*, Sukunya Jirachaipithak*, Suchart Pornboonseram*, Chaowanan Khamtuicrua*

*Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok 10700, Thailand

Abstract

Background: Hypothermia is a common problem for anesthetized patients, causing numerous disadvantages. There are many strategies to prevent hypothermia including warming intravenous fluid before administering it to the patients. Although using Animec® fluid warmer, by simply inserting the intravenous fluid tube into the device, is very convenient, there are many factors, such as the location of the equipment and the fluid flow rate, contributing to the outcome temperature of fluid. ***Objectives:*** To evaluate the effects of distances between the device and patient, and the fluid flow rates on the effectiveness of this fluid warming system by measuring fluid temperature at the end of the intravenous fluid line. ***Materials and methods:*** We made an experiment by using the intravenous fluid line, connected with a 36-inch extension tube. The system was filled with 0.9% sodium chloride. After attaching the line to the warmer (Animec® fluid warmer Model AM-2S) at different distances; 15, 90 and 180 cm, the fluid temperature at the end of the system was measured. In addition, we evaluated the temperature at five selected flow rates; 40, 100, 500, 800 and 1200 ml/hr. ***Results:*** There were markedly different relationships between the locations of warmer, the flow rates and the rising of temperature. The maximal increasing temperature was found at 15 cm, a rise of 4.76°C. In contrast, the minimal increasing temperature was presented at the farthest distance (180 cm), with rising of 0.36°C on average. Furthermore, at flow rate 800 ml/hr, the average fluid temperature increased by 2.77°C above baseline, by far the maximal increasing temperature of all flow rate levels, whereas there was a minimal rise of temperature at rate of 40 ml/hr, accounting for 0.32°C. ***Conclusion:*** The most effective strategies for using Animec® fluid warmer were by placing the line at the nearest distance to patients and adjusting flow at the medium level.

Keywords: *Animec® fluid warmer, distance, flow rate*

Corresponding Author: Kittiphong Sujirattanawimol
E-mail: nokaeko@gmail.com

Thai J Anesthesiol. 2016;42(3):159-67.

_16-1216(159-167)3.indd 159 11/14/59 BE 10:16 AM

การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องอุ่นสารน้ำสำหรับให้ทางหลอดเลือดดำ (Animec® fluid warmer Model AM-2S)

ปราโมทย์ เอื้อโสภณ*, กิตติพงษ์ สุจิรัตนวิมล*, นันตสรณ์ สิญจน์บุณยะกุล*,
สุชาติ พรบุญเสริม*, สุกัญญา จิระชัยพิทักษ์*, เชาวนันท์ คำตุ้ยเครือ *
* ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ 10700 ประเทศไทย

บทคัดย่อ

บทนำ: การอุ่นสารน้ำสำหรับให้ทางหลอดเลือดดำเพื่อป้องกันภาวะอุณหภูมิกายต่ำนั้นสามารถทำได้หลายวิธี หนึ่งในวิธีเหล่านั้นคือการใช้เครื่อง fluid warmer ให้ความร้อนที่สายน้ำเกลือ โดยการใช้งานของเครื่องมือนี้มีความหลากหลาย ทั้งตำแหน่งในการใส่สายน้ำเกลือและอัตราเร็วของสารน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการให้ความร้อนแก่ผู้ป่วย ***วัตถุประสงค์:*** เพื่อศึกษาผลของปัจจัยดังกล่าวกับประสิทธิภาพการให้ความร้อนแก่สารน้ำ โดยทำการวัดอุณหภูมิของสารน้ำที่ปลายสาย ซึ่งเป็นตำแหน่งสุดท้ายก่อนเข้าสู่ผู้ป่วย ***วิธีการศึกษา:*** ใช้แบบจำลองในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สารน้ำ 0.9% sodium chloride ไหลผ่านสายให้น้ำเกลือ ซึ่งจะติดตั้งเครื่อง Animec® fluid warmer รุ่น AM-2Sไว้ที่ตำแหน่งต่างๆ ห่างจากปลายสาย ที่ระยะทาง 15, 90, และ 180 ซม. โดยให้สารน้ำไหลผ่านเครื่องที่อัตราการไหล 40, 100, 500, 800 และ 1200 มล./ชม. แล้วทำการวัดอุณหภูมิของสารน้ำที่ปลายสาย ***ผลการศึกษา:*** พบว่าที่ระยะทาง 15 ซม. จะได้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้นมากที่สุดคือ 4.76°C ส่วนระยะทาง 180 ซม. จะได้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ 0.36°C และที่อัตราการไหลของสารน้ำต่างๆ กัน พบว่าที่อัตราการไหลของสารน้ำ 800 มล./ชม. จะได้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้นมากที่สุดคือ 2.77°C ส่วนที่อัตราการไหลของสารน้ำ 40 มล./ชม. จะได้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ 0.32°C ***สรุป:*** การใช้ประโยชน์จากเครื่อง Animec® fluid warmer ให้ได้ประโยชน์มากที่สุดควรใช้เครื่องให้ใกล้ตัวผู้ป่วยมากที่สุดและใช้อัตราการไหลของสารน้ำที่ไม่น้อยและไม่มากจนเกินไป

คำสำคัญ : *เครื่องอุ่นสารน้ำ Animec®, ตำแหน่งของเครื่อง, อัตราการไหลของสารน้ำ*

_16-1216(159-167)3.indd 160 11/14/59 BE 10:16 AM

บทนำ

ภาวะอุณหภูมิกายต่ำ (hypothermia) เป็นภาวะที่พบบ่อย โดยพบว่ามีอุบัติการณ์สูงได้ถึงร้อยละ 60[1] ในผู้ป่วยที่ได้รับการระงับความรู้สึกเพื่อผ่าตัดช่องท้อง เนื่องจากยาระงับความรู้สึกหลายชนิดออกฤทธิ์กดการทำงานของศูนย์ควบคุมอุณหภูมิและทำให้หลอดเลือดขยายตัว ร่วมกับปัจจัยอื่นที่ส่งเสริมให้เกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้อีกหลายปัจจัย ได้แก่ การสูญเสียความร้อนจากบริเวณผ่าตัดซึ่งมีการสัมผัสกับอุณหภูมิที่เย็นของห้องผ่าตัดและอุณหภูมิของสารน้ำที่ต่ำกว่าอุณหภูมิกาย ซึ่งมักจะเย็นตามอุณหภูมิของห้องผ่าตัด[2] ผลของภาวะอุณหภูมิกายต่ำนั้นอาจเกิดผลเสียต่อผู้ป่วย คือ ใช้เวลาในการฟื้นจากยาระงับความรู้สึกนานขึ้น เกิดภาวะการแข็งตัวของเลือดผิดปกติมีโอกาสติดเชื้อสูงขึ้น หัวใจเต้นผิดจังหวะและอาจเป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดกล้ามเนื้อหัวใจตายและภาวะแทรกซ้อนทางหัวใจได้[3]

การป้องกันการเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำระหว่างการให้การระงับความรู้สึกนั้นอาจทำได้หลายวิธี เช่น การปกคลุมร่างกายด้วยผ้าหลายชั้นเพื่อให้มีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกับอากาศเย็นน้อยที่สุด การปรับอุณหภูมิในห้องให้เหมาะสม ใช้อุปกรณ์ที่เป็นผ้าห่มเป่าลมร้อน การให้สารน้ำที่อุ่น[4] โดยมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชี้ให้เห็นว่า การบริหารสารน้ำที่อุ่นร่วมกับการห่มผู้ป่วยด้วยผ้าห่มอุ่น สามารถลดการสูญเสียความร้อนของผู้ป่วย และลดโอกาสเกิดภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้[5]

สำหรับการอุ่นสารน้ำนั้นใช้หลักการในการทำให้สารน้ำไหลผ่านหรืออยู่ในตัวกลางที่มีอุณหภูมิสูง โดยมีวิธีการทำหลายวิธี เช่นการใช้ water bath warmer, dry heat plate warmer, force-air warmer, 241 blood/fluid warmer เป็นต้น ส่วน Animec® fluid warmer เป็นหนึ่งในอุปกรณ์อุ่นสารน้ำที่นิยมใช้ในห้องผ่าตัด เนื่องจากใช้งานได้ง่ายสะดวกและไม่ยุ่งยาก และใช้ซ้ำได้หลายครั้งทำให้ต้นทุนต่อผู้ป่วยแต่ละรายมีราคาถูก โดยคุณสมบัติของเครื่อง Animec® fluid warmer รุ่น AM-2S นี้ทางบริษัทผู้ผลิตได้กล่าวไว้ในคุณสมบัติของเครื่องว่าอุณหภูมิของสารน้ำที่ออกมาจากเครื่องจะอยู่ในช่วง 26-37 องศาเซลเซียส โดยที่อัตราเร็วไม่เกิน 720 มล/ชม. ที่อุณหภูมิสารน้ำตั้งต้น 15 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส โดยแนะนำให้ต่อเครื่อง Animec® fluid warmerให้ใกล้กับตัวผู้ป่วยมากที่สุด[6]

อย่างไรก็ดีในทางปฏิบัติจริงอาจมีความแตกต่างในการใช้เครื่องมือนี้ได้ในผู้ป่วยแต่ละราย ทั้งการวางตำแหน่งของเครื่องคือ ตำแหน่งของเครื่องอาจถูกวางห่างจากผู้ป่วยได้ตั้งแต่ระยะโดยประมาณของการขดสายน้ำเกลือก่อนถึงผู้ป่วย คือ 15 เซนติเมตร ถึงระยะที่ห่างที่สุดที่เป็นไปได้ในชุดอุปกรณ์นี้ คือ 180 เซนติเมตร และอัตราเร็วของการให้สารน้ำซึ่งอาจหลากหลายตั้งแต่น้อยกว่า 40 มล./ชม. ถึงมากกว่า 1000 มล./ชม. ซึ่งปัจจัยทั้งสองอาจมีผลต่ออุณหภูมิของสารน้ำก่อนเข้าถึงตัวผู้ป่วย ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบงานวิจัยนี้เพื่อดูผลของปัจจัยดังกล่าว เพื่อที่จะนำผลที่ได้จากการทดสอบมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับผู้ป่วยมากที่สุด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอุณหภูมิของสารน้ำที่ปลายสายภายหลังไหลผ่านเครื่อง Animec® fluid warmer ที่ระยะต่างๆ ระหว่างเครื่องกับปลายสาย (โดยกำหนดระยะที่ 15, 90 และ 180 ซม.) และที่อัตราการไหล 40, 100, 500, 800 และ 1200 มล./ชม.

วิธีการศึกษา

ในการศึกษานี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้สารน้ำสำหรับการทดลองคือ 0.9% sodium chloride

_16-1216(159-167)3.indd 161 11/14/59 BE 10:16 AM

ซึ่งวางไว้ในอุณหภูมิห้องผ่าตัดซึ่งตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 21 องศาเซลเซียส โดยนำสารน้ำที่เตรียมไว้นั้นบรรจุลงในกระบอกฉีดยาขนาด 50 มล. แล้วต่อกับสายให้น้ำเกลือ (ME disposable infusion set®, M.E. Meditek Co.,Ltd., Bangkok, Thailand) ผ่าน stopcock ซึ่งปลายของสายน้ำเกลือจะต่อกับสาย extension ความยาว 36 นิ้ว ส่วนปลายของสาย extension จะต่อกับปลอกกระบอกฉีดยาเพื่อเป็นที่รองรับสารน้ำที่ได้ผ่านการอุ่นจากเครื่องอุ่นสารน้ำ ดังรูปที่ 1

Figure 1 Experimental set (including syringe, IV set, extension, and container for temperature measurement; the arrows show the direction of fluid flow)

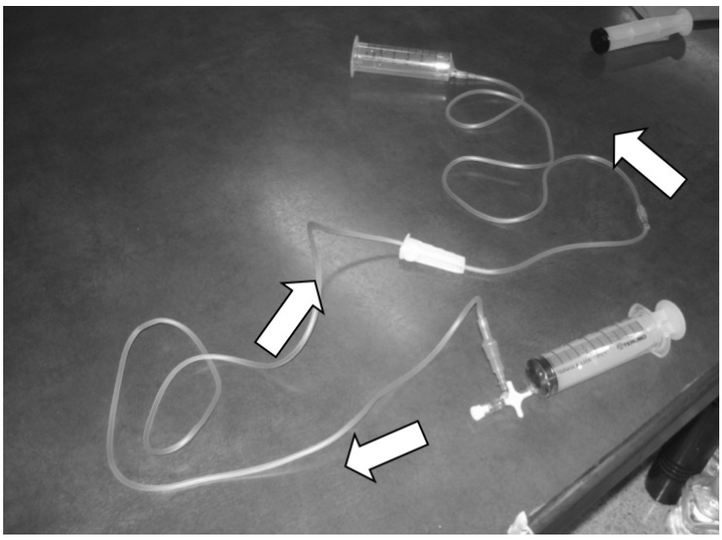


Figure 2 Setting of experimental set, syringe pump and Animec® fluid warmer (left); container for temperature measurement (right)



_16-1216(159-167)3.indd 162 11/14/59 BE 10:16 AM

การศึกษานี้ทำในชุดการทดสอบ 9 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วย เครื่องวัดอุณหภูมิ Philip Intellivue MP30 เครื่องอุ่นสารน้ำสำหรับให้ทางหลอดเลือดดำ Animec®fluid warmer รุ่น AM-2S ซึ่งทำการ calibrate จากบริษัทผู้ผลิตแล้ว เครื่องกำหนดอัตราการไหลของสารน้ำ Terumo syringe pump รุ่น TE 331 ทำการศึกษาโดยปล่อยสารน้ำออกมาตามอัตราที่กำหนดไว้โดยใช้เครื่อง Terumo syringe pump เป็นเครื่องกำหนดอัตราการไหลของสารน้ำ สารน้ำจะไหลเข้าไปในสายให้น้ำเกลือและผ่านมายังสาย extension และเข้าไปสะสมในกระเปาะรองรับน้ำ ซึ่งจะมีสายวัดอุณหภูมิวางอยู่ ดังรูปที่ 2 จากนั้นทำการบันทึกอุณหภูมิต่างๆ ดังนี้

1. อุณหภูมิตั้งต้นของสารน้ำ
2. อุณหภูมิของสารน้ำ ณ ปลายทางที่ผ่านเครื่อง Animec®fluid warmer

จากนั้นหาผลต่างของอุณหภูมิของสารน้ำที่ผ่าน warmer กับอุณหภูมิตั้งต้นของสารน้ำ

ทำการทดสอบพร้อมกันทั้ง 9 ชุดการทดสอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยและกำจัดความคลาดเคลื่อนของการวัด ที่ระยะทางระหว่างเครื่องกับปลายสาย และอัตราการไหลต่างๆ กันตามที่กำหนดไว้ โดยเริ่มต้นจากอัตราการไหลของสารน้ำ 40 มล/ชม. ที่ระยะทาง 180 ซม. หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการนี้ได้ทำการปรับเปลี่ยนระยะทางและอัตราการไหลของสารน้ำให้เป็นไปตามลำดับ ดังตารางที่ 1 (เริ่มตั้งแต่หมายเลข 1 ถึงหมายเลข 15) จนสิ้นสุดที่อัตราการไหลของสารน้ำ 1200 มล/ชม. ที่ระยะทาง 15 ซม.

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้ ANOVA: Two-factor without replication เปรียบเทียบข้อมูลที่เป็น continuous variables โดยที่ค่า p-value น้อยกว่า 0.05 ถือว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 1. Sequence of experiment at different distances and fluid flow rates

Distance	Flow (ml/h)				
	40	**100**	**500**	**800**	**1200**
180 cm	1	2	3	4	5
90 cm	6	7	8	9	10
15 cm	11	12	13	14	15

ผลการศึกษา

ผลของการวางตำแหน่งของเครื่องอุ่นสารน้ำ Animec®fluid warmer และอัตราการไหลของสารน้ำที่ผ่านเครื่องมีผลต่ออุณหภูมิที่ปลายสาย โดยแสดงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 2 และรูปที่ 3 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้ระหว่างระยะทางต่างๆ จากเครื่อง Animec®fluid warmer ถึงปลายสายแสดงในตารางที่ 3 และผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิที่ได้จากอัตราการไหลต่างๆ แสดงในตารางที่ 4

_16-1216(159-167)3.indd 163 11/14/59 BE 10:16 AM

Table 2. Mean difference of temperature at different distances and fluid flow rates

		Mean difference of temperature degree Celsius: Mean(SD)			
Distance		**15 cm**	**90 cm**	**180 cm**	**Total**
Flow (ml/h)	40	2.94(0.61)	-0.54(0.17)	-1.43(0.17)	0.32(1.96)
	100	6.844(0.30)	0.00 (0.22)	-0.97(0.24)	1.96(3.55)
	500	5.73(0.29)	-0.1(0.22)	1.4(0.21)	2.34(2.53)
	800	4.59(0.39)	2.42(0.25)	1.3(0.26)	2.77(1.42)
	1200	3.71(0.36)	2.21(0.38)	1.48(0.10)	2.47(0.99)
	Total	4.76(1.46)	0.80(1.29)	0.36(1.31)	1.97(2.40)

Figure 3. Mean difference of temperature at different distances and fluid flow rates

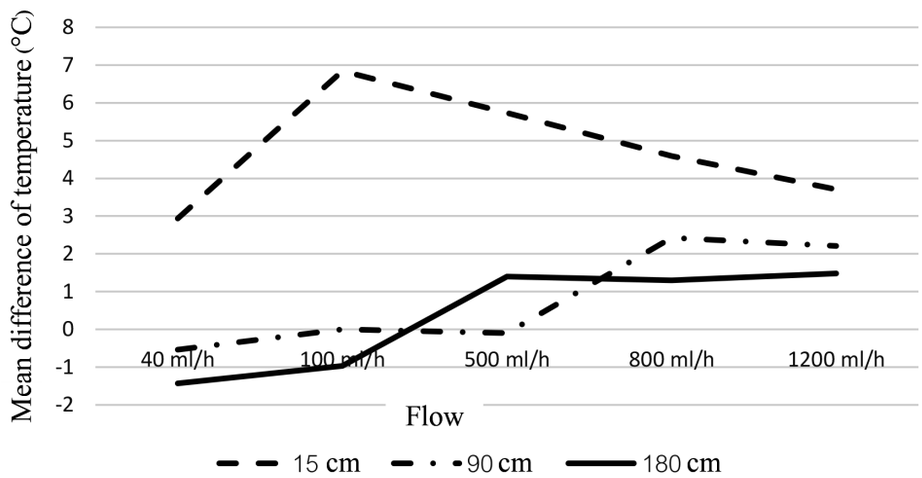


Table 3. Mean difference of temperature between distances

Distance (I)	Distance (J)	Mean Difference of temperature between distance (I) and (J)	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	**Upper Bound**
15	**90**	3.424(*)	3.272	3.577
	180	4.409(*)	4.256	4.561
90	**15**	-3.424(*)	-3.577	-3.272
	180	0.984(*)	0.832	1.137
180	**15**	-4.409(*)	-4.561	-4.256
	90	-0.984(*)	-1.137	-0.832

* $p < 0.05$

_16-1216(159-167)3.indd 164 11/14/59 BE 10:16 AM

Table 4. Mean differences of temperature between fluid flow rates

Flow (I)	Flow (J)	Mean Difference of temperature between flow (I) and (J)	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
40	100	-1.637(*)	-1.867	-1.407
	500	-2.963(*)	-3.193	-2.733
	800	-2.411(*)	-2.641	-2.181
	1200	-2.144(*)	-2.374	-1.915
100	40	1.637(*)	1.407	1.867
	500	-1.326(*)	-1.556	-1.096
	800	-0.774(*)	-1.004	-0.544
	1200	-0.507(*)	-0.737	-0.278
500	40	2.963(*)	2.733	3.193
	100	1.326(*)	1.096	1.556
	800	0.552(*)	0.322	0.782
	1200	0.819(*)	0.589	1.048
800	40	2.411(*)	2.181	2.641
	100	0.774(*)	0.544	1.004
	500	-0.552(*)	-0.782	-0.322
	1200	0.267(*)	0.037	0.496
1200	40	2.144(*)	1.915	2.374
	100	0.507(*)	0.278	0.737
	500	-0.819(*)	-1.048	-0.589
	800	-0.267(*)	-0.496	-0.037

*$p < 0.05$

การอุ่นสารน้ำโดยใช้เครื่อง Animec® fluid warmer ในระยะทางต่างๆ ระหว่างเครื่องกับปลายสาย (โดยไม่คำนึงถึงอัตราการไหลของสารน้ำ) พบว่าที่ระยะทาง 15 ซม. จะได้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้นเฉลี่ย 4.76 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นสูงสุดจากการศึกษานี้คือ 6.84 องศาเซลเซียส (ที่ระยะ 15 ซม. และที่อัตราการไหล 100 มล./ชม.)โดยมีความแตกต่างกับอุณหภูมิที่ได้จากระยะทางที่ 90 ซม.และ 180 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ส่วนระยะทาง 180 ซม. จะได้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือเฉลี่ย 0.36 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิที่ต่ำสุดที่ได้จากการศึกษานี้อยู่ที่ระยะ 180 ซม.เช่นกันคืออุณหภูมิลดลง 1.43 องศาเซลเซียส (ที่อัตราการไหล 40 มล./ชม.)

ในขณะที่ปัจจัยด้านอัตราการไหลของสารน้ำ พบว่า โดยรวมที่อัตราการไหลของสารน้ำ 800 มล./ชม. จะได้อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิตั้งต้นมากที่สุด คือเฉลี่ย 2.77 องศาเซลเซียสโดยมีความแตกต่างกับอุณหภูมิที่ได้จากอัตราการไหลที่ 40, 100, 500, 1200 มล./ชม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.001$) ส่วนที่อัตราการไหลของสารน้ำ 40 มล./ชม. จะได้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือเฉลี่ย 0.32 องศาเซลเซียส

_16-1216(159-167)3.indd 165 11/14/59 BE 10:16 AM

วิจารณ์

ภาวะอุณหภูมิกายต่ำนั้น พบบ่อยและส่งผลเสียหลายประการต่อผู้ป่วย ทำให้มีมาตรการหลายอย่างใช้ในการป้องกันภาวะดังกล่าว การศึกษาของ Siew-Fong Ng และคณะพบว่าการอุ่นสารน้ำร่วมกับการเป่าลมร้อนแก่ผู้ป่วยนั้นสามารถป้องกันภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้[7]

แม้บริษัทของเครื่อง Animec® fluid warmer จะกล่าวไว้ว่าอุณหภูมิที่ออกมาจากเครื่องคือที่ 30–35 องศาเซลเซียส (ที่อัตราเร็วไม่เกิน 720 มล./ชม. ที่อุณหภูมิสารน้ำตั้งต้น 20 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส) แต่ในทางปฏิบัติ ระยะจากเครื่องถึงผู้ป่วยนั้นอาจหลากหลายดังที่กล่าวไปนั้น เมื่อสายน้ำเกลือสัมผัสกับอากาศจะมีการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งแปรผันไปตามความยาวของสายน้ำเกลือที่สัมผัสกับอากาศ ทำให้อุณหภูมิที่ปลายสายลดลงเมื่อระยะที่สัมผัสกับอากาศยาวขึ้นเรื่อยๆ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่า ระยะทางทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ ระยะทางที่ใกล้ผู้ป่วยมากที่สุด (15 ซม.) โดยทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นมากกว่าระยะทางอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนระยะที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ ระยะที่ห่างจากผู้ป่วยมากที่สุด (180 ซม.)

แต่ผลการศึกษาพบว่า อัตราไหลของสารน้ำที่ได้อุณหภูมิสูงที่สุดกลับไม่ใช่ที่ 40 มล./ชม. แต่กลับเป็นที่ 100 มล./ชม. ที่ 15 ซม. หนึ่งในความเป็นไปได้คือ แม้สารน้ำที่ออกมาจากเครื่องที่อัตรา 40 มล./ชม. อาจมีอุณหภูมิสูงสุดในตอนแรก แต่ด้วยอัตราที่ช้าทำให้สัมผัสกับอากาศนานเช่นกัน อุณหภูมิที่สูงสุดจึงเป็นอุณหภูมิของอัตราไหลที่เหมาะสมคือได้รับความร้อนพอสมควรและไหลเร็วพอสมควรจนไม่เสียความร้อนไปกับบรรยากาศมากนัก ซึ่งอธิบายได้ว่าที่ระยะห่างมากขึ้น ระบบต้องใช้อัตราไหลที่ไวขึ้น ทำให้ได้อัตราไหลที่ไวพอที่ได้อุณหภูมิสูงสุดที่สูงขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ได้อุณหภูมิสูงสุดของระยะ 90 และ 180 ซม. ที่อัตรา 800 มล./ชม.

การศึกษาอาจให้ข้อสรุปได้ว่า การใช้เครื่อง Animec® fluid warmer ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดควรใช้เครื่องให้ใกล้ตัวผู้ป่วยมากที่สุด และให้ใช้อัตราการไหลของสารน้ำที่ไม่น้อยและไม่มากจนเกินไป อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาการใช้เครื่องมือให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเท่านั้นซึ่งเป็น surrogate outcome ไม่ได้หมายถึงการใช้เครื่องมือดังกล่าวจะสามารถป้องกันภาวะอุณหภูมิกายต่ำได้ ซึ่งเป็นผลลัพธ์สุดท้าย (final outcome) เนื่องจากภาวะอุณหภูมิกายต่ำนั้นยังประกอบไปด้วยหลายปัจจัยทั้งระยะเวลาที่ใช้ผ่าตัด ตำแหน่งที่ผ่าตัด รวมทั้งการใช้มาตรการอื่นๆ เช่น ใช้ forced air warmer และ fluid warmer อื่นๆ ซึ่งพิสูจน์แล้วว่าป้องกันภาวะอุณหภูมิในร่างกายต่ำได้[7, 8]

สรุป

การใช้ประโยชน์จากเครื่อง Animec® fluid warmer ให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุดควรใช้เครื่องให้ใกล้ตัวผู้ป่วยมากที่สุด และให้ใช้อัตราการไหลของสารน้ำไม่น้อยและไม่มากจนเกินไป ซึ่งจากการศึกษานี้ก็คือที่ระยะ 15 ซม. และที่อัตราการไหล 100 มล./ชม.

Reference

1. Vaughan MS, Vaughan RW, Cork RC. Postoperative hypothermia in adults: relationship of age, anesthesia, and shivering to rewarming. Anesth Analg. 1981;60(10):746-51.
2. Sessler DI. Perioperative heat balance. Anesthesiology. 2000 Feb;92(2):578-96.
3. Sessler DI. Mild perioperative hypothermia.

_16-1216(159-167)3.indd 166 11/14/59 BE 10:16 AM

N Engl J Med. 1997;336(24):1730-7.

4. Sessler DI. Temperature monitoring. In: Miller RD, editor. Miller's Anesthesia. 6th ed. Churchill Livingstone: Elsevier; 2005. p. 1571-97.
5. Smith CE, Gerdes E, Sweda S, Myles C, Punjabi A, Pinchak AC, et al. Warming intravenous fluids reduces perioperative hypothermia in women undergoing ambulatory gynecological surgery. Anesth Analg. 1998;87(1):37-41.
6. คู่มือการใช้งานเครื่องอุ่นเลือดและสารละลาย Animec® Fluid warmer model AM-2S. บริษัท เวิลด์เมดอีควิปเมนท์ จำกัด. 2550.
7. Matsuzaki Y, Matsukawa T, Ohki K, Yamamoto Y, Nakamura M, Oshibuchi T. Warming by resistive heating maintains perioperative normothermia as well as forced air heating. Br J Anaesth. 2003; 90(5):689-91.
8. Ng SF, Oo CS, Loh KH, Lim PY, Chan YH, Ong BC. A comparative study of three warming interventions to determine the most effective in maintaining perioperative normothermia. Anesth Analg. 2003;96(1):171-6.

_16-1216(159-167)3.indd 167 11/14/59 BE 10:16 AM