



10분 수술 전 가온이 주술기 저체온 예방에 미치는 효과: 30분 수술 전 가온과의 비교 연구

유재화 · 옥시영 · 김상호 · 박선영 · 한유미 · 김도연

순천향대학교 의과대학 서울병원 마취통증의학교실

The effect of 10 minutes of prewarming for prevention of inadvertent perioperative hypothermia: comparison with 30 minutes of prewarming

Jae Hwa Yoo, Si Young Ok, Sang Ho Kim, Sun Young Park, Yoo-mi Han, and Doyeon Kim

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Soonchunhyang University Seoul Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, Seoul, Korea

Received April 19, 2018
Revised 1st, May 31, 2018
2nd, June 8, 2018
Accepted June 12, 2018

Corresponding author

Si Young Ok, M.D., Ph.D.
Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Soonchunhyang University Seoul Hospital, Soonchunhyang University College of Medicine, 59 Daesagwan-ro, Yongsan-gu, Seoul 04401, Korea
Tel: 82-2-709-9302
Fax: 82-2-790-0394
E-mail: syok2377@naver.com

ORCID

<http://orcid.org/0000-0001-7572-5311>

Background: At least 30 minutes of pre-warming has been recommended for the prevention of redistribution hypothermia. However, it has been reported that less than 30 minutes of pre-warming is also effective. The aim of this study was to evaluate the ability of 10 minutes of pre-warming to prevent inadvertent perioperative hypothermia. Results were compared with 30 minutes of pre-warming.

Methods: In this prospective randomized study, 59 patients scheduled for elective surgery less than 120 minutes under general anesthesia were divided into 2 groups: the first group was pre-warmed for 10 minutes ($n = 30$), the second group for 30 minutes ($n = 29$). The patients were pre-warmed for 10 or 30 minutes in the pre-anesthetic area using a forced-air warmer. When the patients' body temperatures decreased below 36°C , we warmed them with a forced-air warmer intraoperatively and postoperatively. Body temperatures were recorded during perioperative periods. Shivering and thermal comfort were evaluated in the pre-anesthetic area and post-anesthesia care unit.

Results: The incidence of intraoperative and postoperative hypothermia were not significantly different ($P > 0.05$). However, the temperatures were higher in the 30 minute group from the post-warming time to 90 minutes after anesthetic induction ($P < 0.05$).

Conclusions: Ten minutes of pre-warming has the same effectiveness as 30 minutes of pre-warming for preventing inadvertent perioperative hypothermia. It is a preferable choice for the patients scheduled for surgery less than 120 minutes under general anesthesia.

Keywords: Forced-air warming; Perioperative hypothermia; Preoperative warming.

서론

주술기 저체온은 주술기간에 체온이 의도치 않게 36°C 미만으로 감소되는 것으로 정의되며, 간단한 수술이라도 50-90%까지 흔하게 나타난다[1,2]. 주술기 저체온은 수술 후 떨림[3], 열 불쾌감[4]뿐만 아니라 심장부정맥과 심근 허혈을 포함한 심장 이환[5], 약물 대사의 저하[6], 마취 회복 지연[7], 혈소판 및 응고기전의 기능 저하와 연관된 실혈량의 증가[8], 상처회복지연과 수술부위감염[9] 등과 연관되어 있어 반드시 예방하기 위한 노력이 필요하다. 그러나 아직까지도 체온유지를 위한 감시 및 노력이 부족한 현실이다[10].

주술기 저체온은 마취 유도 직후부터 빠르게 나타나며, 특히 마취 첫 1시간에는 1.6°C의 중심 체온 감소를 보이고 이 중 마취제로 유도된 혈관확장에 의한 중심-말초 온도 재분포가 미치는 영향이 81%를 차지하며, 46 kcal의 열이 재분포된다고 알려져 있다[11]. 이런 재분포로 인한 저체온은 이론적으로 수술 전 가온을 통해 말초 체온을 미리 증가시켜 중심-말초 체온 차이를 줄임으로써 예방할 수 있으며, 여러 연구를 통해 그 효과가 입증되었다[12,13]. 일단 재분포로 인한 저체온이 발생되면 중심 체온을 상승시키기는 상대적으로 어렵기 때문에 여러 지침에서 이를 예방하기 위한 수술 전 가온을 실시할 것을 권고하고 있다[12,14]. 그러나 지침에서 제시하고 있는 30분 이상의 가온은 수술 전 대기공간이 없거나 제한적인 대부분의 임상 상황에서 적용하기에 어려움이 있으며, 아직 적절한 시간에 대한 연구는 많지 않다[12].

Brauer 등[15]은 정기적으로 30분 미만의 수술 전 가온을 시행하여 효과적으로 주술기 저체온을 감소시켰다고 보고하였으며, Shin 등[16]은 전신마취 유도 전, 사각근간 상완 신경 총 차단을 시행하는 평균 14분의 짧은 수술 전 가온으로 효과적으로 주술기 저체온을 감소시켰다고 보고하였다. 또한, Horn 등[17]은 10분, 20분, 30분의 수술 전 가온을 한 군과 하지 않은 군을 비교하여 10분의 수술 전 가온으로도 효과적이라고 보고하였으나, 수술 중 저체온의 발생률은 10분과 30분 두 군 간의 차이를 보였다. 이에 본 저자들은 권고에서 주장한 30분의 수술 전 가온과 10분의 수술 전 가온이 주술기 저체온 예방 효과에 미치는 차이를 비교하고자 본 논문을 계획하였다.

대상 및 방법

본 연구는 시행 전 순천향대학교 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았으며(IRB no. 2017-05-003) 수술 전일 방문을 통해 연구에 대해 충분한 설명 후 동의를 받고 2017년 11월 1일부터 30일까지 시행되었다. 18세 이상의 미국마취과학회 신체등급 분류 1-3에 해당되고, 120

분 이내의 정규 수술이 예정된 환자들을 대상으로 하였으며, 대상 환자 중 수술 전 체온이 37.5°C 이상이거나 36°C 이하인 경우, 부위마취를 시행하거나 부위마취와 전신마취를 병행하는 경우, 체질량지수(body mass index)가 35 kg/m² 이상인 경우, 임신부인 경우는 제외되었다. 환자는 수술 전일 선별 후 열 쾌적 지수의 표현(100-mm visual analog scale, VAS: 0 mm = 상상할 수 있는 가장 추운 상태, 50 mm = 쾌적한 상태, 100 mm = 상상할 수 있는 가장 더운 상태)에 대해 교육을 받고 10분 가온 군(group 10 minutes) 30명, 30분 가온 군(group 30 minutes) 30명으로 무작위 배정되었다.

수술 당일 환자는 병동에서 정맥로를 확보한 후 실온에서 보관된 수액을 투여 받기 시작하였으며, 군에 따라 각각 수술 예정 시작 30분 또는 10분 전에 수술 전 대기공간(회복실과 동일한 공간, 온도: 26 ± 1°C)에 도착하였다. 도착 직후 환자의 활력 징후와 고막 체온을(Thermoscan®, infrared tympanic thermometer IRT 4020, Braun, USA) 측정하고[18], 환자의 이불 밑에 전신형 전용 포를 깔 후 강제적 공기 가온기(forced air warmer, Warm Touch™ 6000, Covidien, USA)를 사용하여 47°C로 설정한 후 군에 따라 10분 가온 군은 10분, 30분 가온 군은 30분의 수술 전 가온을 시행하였다. 가온을 시작한 후 10분 간격으로 고막 체온을 측정하고, 열 쾌적 지수를 물어보았다. 환자의 열 쾌적 지수가 60 이상으로 열 불쾌감을 호소한 경우에는 가온 온도를 한 단계씩(45°C, 40°C, 34°C) 낮추었다. 본 저자들이 사용한 강제적 공기 가온기는 47°C의 가온 온도에서 45분까지 지속되며, 45분이 지나면 환자안전을 위해 45°C로 감소되도록 식품 의약품 안전처에서 허가되었다.

가온이 끝난 후에는 강제적 공기 가온기를 제거한 상태에서 수술실로 이동되었으며 환자 입실 시의 수술방의 온도가 기록되었다. 이후 배정된 군을 알지 못하는 마취의에 의해 표준 감시(비침습적 혈압, 심전도, 맥박산소 포화도)를 실시하고, 환자의 덮고 있던 이불을 덮은 상태에서 1% Propofol 2 mg/kg와 rocuronium 0.6 mg/kg를 사용하여 마취유도를 하였으며, 흡입마취제(desflurane 또는 sevoflurane)와 remifentanyl을 이용하여 마취를 유지하였다. 수술 중 심부체온을 측정하기 위하여 기도 확보 직후 비공에서 9-10 cm의 깊이로 비인두에 체온계(ETP1040, Ewha Biomedics, Korea)를 거치하여 비인두 체온을 측정하였으며 15분 간격으로 기록하였다[19]. 수술 중에는 면포를 이용하여 수동적 보온을 시행하였고, 환자가 수술 중 36.0°C 이하의 저체온이 발생한 경우에는 강제적 공기 가온기를 40°C로 설정하여 적극적 가온을 실시하였다.

수술이 끝난 후 pyridostigmine과 glycopyrrolate를 사용하여 근이완을 반전시켰으며, 환자의 의식이 회복되고 자발호흡이 회복된 후 비인두 체온계를 제거하고 회복실로 이송하였다. 회복실에 도착한 직후 군을 모르는 연구간호사에 의해 활력 징후

와 고막체온을 측정한 후 10분 간격으로 30분까지 고막체온과 열 쾌적지수, 3점 척도(0 = no shivering, 1 = intermittent, low intensity, 2 = moderate shivering, 3 = continuous, intense shivering)를 이용한 수술 후 떨림을 측정하였다. 회복실에서 36°C 이하의 저체온이 발생한 경우, 강제적 공기 가온기를 40°C로 설정하여 적극적 가온을 실시하였다.

Horn 등[17]은 10분과 30분의 수술 전 가온을 시행하였을 때 수술 중 저체온의 빈도가 각각 31%와 6%라고 보고하였다. 따라서, 본 저자들은 수술 중 저체온의 빈도를 이 비율만큼 줄일 것으로 가정하였고 유의수준 0.05, 검정력 80%, 탈락률 10%을 고려하여, 각 군의 피험자 수는 30명씩으로 계산되었다. 본 연구의 통계적 분석은 SPSS version 14 (SPSS Inc., USA)를 이용하여 범주형 변수는 카이-제곱 검정(chi-square test) 또는 피셔의 정확도 검정(Fisher's exact test)을 시행하고 연속형 변수는 *t*-검정(student *t*-test) 또는 Mann-Whitney 검사를 통해 통계분석을 하였다. 수술 전과 중, 후의 체온 변화는 mixed effect model을 사용하여 통계분석을 하였으며, 그래프로 그려졌다. 또한, 체온의 시간에 따른 두 군간 차이는 Bonferroni 방식을 이용하여 사후 분석하였다. 모든 연속형 변수는 평균 ± 표준편차로 표기되었으며, 모든 범주형 변수는 백분율과 함께 빈도를 표기하였고, 통계적 유의성은 $P < 0.05$ 로 결정하였다.

결 과

전체 66명의 환자들을 선별하여 이 중 6명은 포함 기준에 부합하지 않아 제외되었고, 남은 60명을 무작위로 10분 가온 군 30명, 30분 가온 군 30명으로 배정하여 연구를 진행하였다. 연

구 진행 중 30분 가온 군 중 한 명이 수술 전 가온 중 저 혈당 쇼크를 보여 탈락되었으며, 10분 가온 군 30명, 30분 가온 군 29명이 최종 분석되었다(Fig. 1).

두 군 간의 나이, 성별, 몸무게, 키, 체질량지수, 미국마취과학회 신체등급 지수, 수술종류와 마취시간, 수술 전 가온 후 마취 유도까지의 시간, 수술방의 온도는 두 군간 통계적 차이를 보이지 않았다(Table 1).

수술 중 저체온의 빈도와 회복실에서의 저체온의 빈도는 통계적인 차이를 보이지 않았으며, 수술 후 회복실에서의 떨림의 발생도 통계적 차이를 보이지 않았다(Table 2).

열 쾌적 지수는 수술 전 가온기간 동안 30분 가온 군에서 유의하게 높은 것으로 나타났다. 30분 가온 군에 해당하는 환자 중 5명의 환자는 열 쾌적 지수 80 이상의 심한 열 불쾌감을 호소하여 즉각적인 온도 조절이 필요하였으며, 대부분의 환자들은 가온 시간이 10분이 경과한 후에 열 불쾌감을 호소하기 시작하였다. 10분 가온 군에서는 1명의 환자에서만 10분의 가온이 끝날 시점에 80점의 열 불쾌감을 호소하였고 강제적 공기 가온기를 제거한 후 해소되었다. 그러나 수술 후 열 쾌적 지수는 통계적 차이를 보이지 않았다(Table 3).

시간에 따른 체온의 변화 양상은 수술 전 가온이 끝난 시점부터 마취 유도 후 90분까지 30분 가온 군에서 유의하게 높은 체온을 나타냈다(Fig. 2).

모든 환자에서 피부 증상이나 화상 등의 강제적 공기 가온으로 인한 부작용은 보이지 않았다.

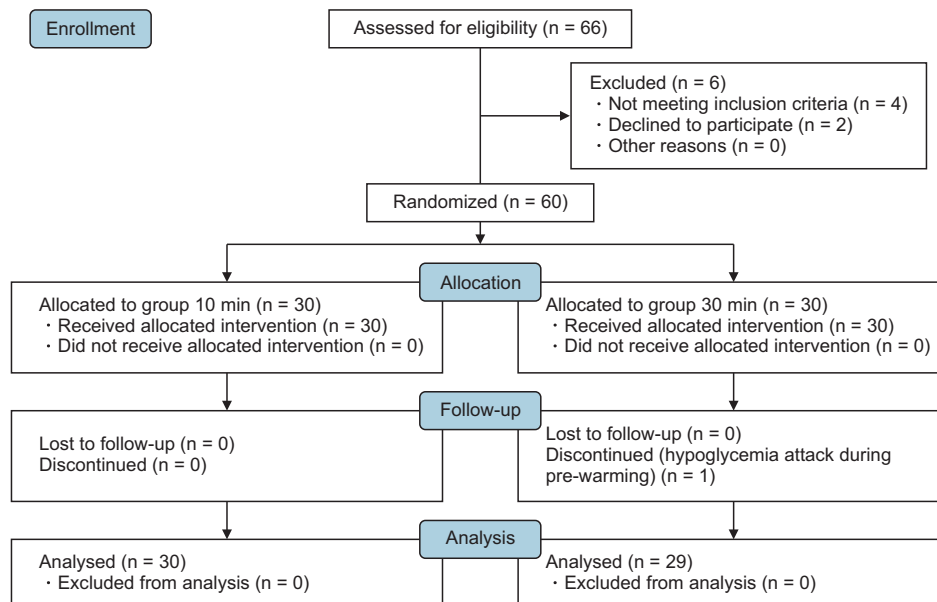


Fig. 1. CONSORT diagram of the Study. Group 10 min: the group of prewarming for 10 minutes, Group 30 min: the group of prewarming for 30 minutes.

Table 1. Patient's Characteristics and Perioperative Data

Characteristics	Group 10 min (n = 30)	Group 30 min (n = 29)	P value
Age (yr)	46.4 ± 17.8	50.8 ± 17.6	0.340
Sex (M/F)	15/15	13/16	0.796
Weight (kg)	66.8 ± 12.4	67.4 ± 13.0	0.840
Height (cm)	164.3 ± 10.6	165 ± 10.0	0.795
BMI (kg/m ²)	24.7 ± 3.2	24.7 ± 3.8	0.969
ASA PS classification			0.073
1	18 (60.0)	10 (34.5)	
2	9 (30.0)	10 (34.5)	
3	3 (10.0)	9 (31.0)	
Surgical type			0.888
Laparoscopic surgery	6 (20.0)	9 (31.0)	
Minor abdominal surgery*	1 (3.3)	1 (3.4)	
Spine surgery	1 (3.3)	1 (3.4)	
Orthopedic surgery	12 (40.0)	10 (34.5)	
Gynecologic surgery	6 (20.0)	3 (10.3)	
Others	4 (13.3)	5 (17.2)	
Anesthesia time (min)	97.1 ± 36.9	101.5 ± 39.5	0.664
Interval time (min)	19.9 ± 8.9	25.1 ± 14.0	0.099
Operating room temperature (°C)	21.95 ± 0.88	22.10 ± 0.68	0.487

Values are presented as mean ± SD, number only or number (%). Group 10 min: the group of prewarming for 10 minutes, Group 30 min: the group of prewarming for 30 minutes. BMI: body mass index, ASA PS: American Society of Anesthesiologists physical status. *Minor abdominal surgeries were herniorrhaphy.

Table 2. Perioperative Hypothermia and Shivering Grade at PACU

Variable	Group 10 min (n = 30)	Group 30 min (n = 29)	P value
Intraoperative hypothermia (< 36°C)	8 (26.7)	3 (10.3)	0.181
Severity of hypothermia (°C)			0.216
Normothermia (≥ 36.0)	22 (73.3)	26 (89.7)	
Mild (35.5–35.9)	6 (20.0)	3 (10.3)	
Moderate (35.0–35.4)	2 (6.7)	0 (0.0)	
Hypothermia at PACU (< 36.0)	5 (16.7)	4 (13.8)	1
Shivering grade			1
Grade 0	28 (93.3)	29 (100.0)	
Grade 1	1 (3.3)	0 (0)	
Grade 2	1 (3.3)	0 (0)	
Grade 3	0 (0)	0 (0)	

Values are presented as number (%) (P value by Fisher's exact test). PACU: post anesthesia care unit, Group 10 min: the group of prewarming for 10 minutes, Group 30 min: the group of prewarming for 30 minutes.

고찰

본 연구에서는 전신마취를 시행 받는 환자에서 47°C의 온도를 이용한 수술 전 10분의 짧은 가온이 효과적으로 수술기 체

Table 3. Perioperative Thermal Comfort Scale

Thermal comfort scale	Group 10 min (n = 30)	Group 30 min (n = 29)	P value
Preoperative worst thermal comfort scale	54.3 ± 8.6	61.0 ± 14.8	0.040
Postoperative thermal comfort scale			
10 min	47.7 ± 6.3	51.7 ± 11.7	0.100
20 min	48.3 ± 5.3	48.8 ± 6.2	0.761
30 min	48.7 ± 5.1	48.3 ± 6.6	0.799

Values are presented as mean ± SD. Group 10 min: the group of prewarming for 10 minutes, Group 30 min: the group of prewarming for 30 minutes.

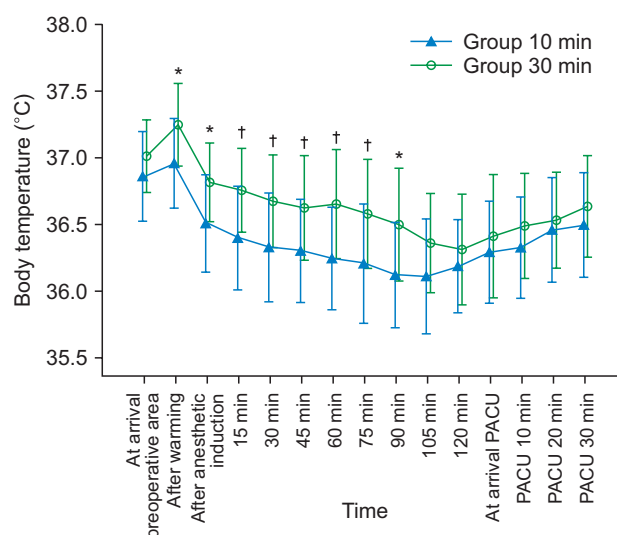


Fig. 2. Perioperative temperature. Error bars indicate ± 1SD of temperature at each time. Preoperative and postoperative core temperature of the patients was measured using tympanic membrane thermometer. Intraoperative core temperature of the patients was recorded every 15 minutes after anesthetic induction using nasopharyngeal probe. the temperature was higher in group 30 minutes from post-warming time to 90 minutes after anesthetic induction prewarming. *P < 0.05, †P < 0.001. At arrival preoperative area: immediate after arrival of preoperative area, After warming: immediate after the end of warming, After anesthetic induction: immediate after anesthetic induction, At arrival PACU (post anesthesia care unit): immediate after arrival of PACU, PACU 10, 20, 30 min: 10, 20, 30 minutes after arrival of PACU.

온을 감소시켰다.

수술 전 가온 시간에 관한 여러 지침에서는 30분 이상의 가온을 권고하고 있다[12,14]. 이는 이전 Sessler 등[20]의 연구에 기초하고 있는데, 이 연구에서는 재분포로 이동되는 열량이 수술 전 30분의 가온이면 얻을 수 있으며, 수술 전 가온 시간이 1시간 이상이 되면 발한과 열 불쾌감이 증가하므로 30분에서 1시간이 적절하다고 보고하였다[11]. 그러나 이 연구는 가온 전에 2시간 동안 21°C의 환경에 노출하여 열량이 많이 소실된 후에 시행된

연구이므로 수술 준비 직후 가온을 시작하는 일반적인 임상상황과 거리가 있다. 이 연구에 의하면 2시간의 21°C 환경에 노출 후 감소된 열량은 15분 이상의 가온이 실시된 후에야 회복하였다. 즉, 수술 전 21°C의 환경에 노출이 없는 임상상황에서는 Sessler 등[20]이 주장한 30분보다 더 짧은 기간의 가온으로도 충분한 효과를 나타낼 수 있을 것으로 추정해 볼 수 있다. 또한 47°C의 높은 온도를 사용한 수술 전 가온은 말초 체온을 빠르게 증가시켜 말초-공기 온도 차이를 감소시킴으로써 그 시간을 좀 더 줄일 수 있을 것으로 추정된다[20,21].

또한, 최근에는 30분 이내의 수술 전 가온의 효과에 관한 연구들이 보고되고 있다. Horn 등[22]은 경막 외 마취 하에 제왕절개를 시행 받는 환자에서 15분의 수술 전 가온으로 중심 체온을 효과적으로 증가시켰다고 보고하였으며($37.1 \pm 0.4^\circ\text{C}$ vs. $36.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$), 경막 외 마취와 전신 마취를 병행하여 주요 복부 수술을 시행 받는 환자에서 경막 외 마취 직후의 15분의 가온만으로도 수술기 저체온을 효과적으로 줄일 수 있다고 보고하였다(72% vs. 6%) [23]. 또한 Shin 등[16]은 관절경 어깨 수술을 시행 받는 환자에서, 사각근간 상완 신경 총 차단술을 시행 받는 동안 시행한 평균 14분의 짧은 시간의 전신마취 유도 전 가온을 통해 효과적으로 저체온을 감소시켰다고 보고하였다(96.2% vs. 57.7%).

Horn 등[17]은 전신마취 하에 수술을 받는 환자의 수술 중 저체온의 빈도가 수술 전 가온을 10분, 20분, 30분 실시하였을 때 하지 않은 군에 비해서 효과적임 감소를 보였으며, 이는 10분의 짧은 수술 전 가온으로도 효과적이라고 보고하였다. 그러나 이 연구에서는 회복실에서의 저체온은 수술 전 가온을 한 모든 군에서 차이를 보이지 않았지만, 수술 중 가온을 필요로 하는 저체온의 빈도는 10분의 가온과 30분의 가온 간에 통계적 유의한 차이를 보였다(31% [16/52] vs. 6% [3/50]).

그러나 본 연구에서는 Horn 등[17]의 연구와 달리 10분의 가온과 30분의 가온을 시행 받은 두 군간 수술 중/후 저체온 빈도 모두에서 통계적 차이는 나타나지 않았으며, 수술 후 회복실에서의 열 패적 지수, 떨림의 빈도에도 큰 차이를 보이지 않았다.

그 이유 중 첫 번째로 수술 전 가온을 시행하는 강제적 공기 가온의 온도가 다르기 때문이라고 추정해 볼 수 있다. 본 저자들이 사용한 가온 온도는 Horn 등[17]이 사용한 43°C보다 높은 47°C였으며, 이를 통해 더 많은 열량이 전달되었을 것으로 추정된다. Sessler 등[20]은 40°C와 43°C의 온도를 사용한 가온을 비교하였을 때 증가된 말초 열 함유량의 차이는 크지 않았지만, 가온 직후부터 나타난 말초 혈관 확장 정도와 가온 초기 40분에 전달된 열량이 높았고, 증가된 중심 체온도 두 군 간의 차이를 보였다고 하였다. 즉, 더 높은 온도를 사용한 가온은 더 큰 말초 혈관 확장을 일으켜 전달된 열량이 중심 체온에 반영됨으로써 말초 열량은 비교적 차이가 없지만 많은 열량이 전달된 것으로 추정해 볼 수 있다. 그러므로, 47°C의 온도를 사용한 본 연구에서 전

달된 열량이 43°C의 온도를 사용한 Horn 등[17]의 연구에 비해서 많았을 것으로 판단된다. 이로 인해 전반적인 저체온 빈도를 줄임으로서 10분과 30분 가온의 저체온 빈도 차이를 줄였을 것으로 추정해 볼 수 있다.

두 번째로, 수술 전 가온을 시행한 수술 전 대기장소의 온도가 이전 연구에 비해 높았던 것도 연관이 있을 것으로 추정된다. 본 연구에서는 연구를 시행한 기관의 규정에 따라 회복실의 온도를 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지하였으며, 수술 전 가온을 시행한 대기 장소는 회복실과 같은 장소였다. 이는 Horn 등[17]이 수술 전/중/후 공간의 온도를 23°C로 유지한 것과 차이가 있다. 즉, 본 연구에서는 수술 전 대기장소의 온도를 이전 연구에 비해 높게 유지하여, 수술 전 체온조절을 위한 혈관 수축과 가온 전 중심-말초 체온 차이가 이전 연구에 비해서 적었을 것으로 추정된다. Giesbrecht 등[24]은 주변 온도를 24.5°C로 유지하여 20.6°C로 유지한 이전 연구에 비해 기본적인 열 손실을 30-55 W 줄이고, 평균 피부 온도를 1.5°C-2.5°C 올렸다고 보고하였다. 본 연구에서도 이 결과와 같은 현상이 나타났을 것으로 추정되나, 직접적인 말초 혈관 온도 및 열량을 측정하지 않아서 확인할 수는 없었다.

세 번째로, 열 불쾌감 호소로 인해 수술 전 가온기간동안 시행된 온도 조절이 30분 가온 군에서 10분 가온 군에 비해 더 많이 시행되었기 때문에 두 군 간 전달된 열량의 차이를 감소시켰을 것으로 추정해 볼 수 있다. 빠르게 상승하거나 높은 피부온도는 발한과 열 불쾌감을 야기할 수 있다. Sessler 등[20]의 연구에 의하면 이런 증상은 40/43°C의 강제적 공기 가온 1시간 이후에 나타날 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 짧은 시간 안에 최대한의 열을 전달하기 위해 47°C의 높은 온도를 사용하였기 때문에 더 빠르게 발한과 열 불쾌감을 야기할 수 있다. 이를 확인하기 위해 환자들을 수술 전일에 연구 도중 있을 수 있는 열 불쾌감을 표현하도록 교육하였으며, 수술 전 가온 중 조사에서 30분 가온 군에서 10분 가온 군에 비해 유의하게 높은 열 패적 지수를 나타낸 것으로 나타났다. 또한, 80점 이상의 열 불쾌감을 호소한 환자들 중 대부분은 10분이 경과한 시점에 호소하기 시작하였다. 이 결과를 통해 47°C의 강제적 공기 가온기를 이용하였을 때는 10분의 짧은 시간이 지난 후 발한과 열 불쾌감이 발생할 수 있기 때문에 10분의 짧은 가온이 더 적합할 것으로 생각된다.

그러나 본 연구에서 시간에 따른 체온의 변화는 가온 직후부터 마취 유도 후 90분까지 30분 가온과 10분 가온 두 군에서 차이를 보였다. 이는 가온기간 중 온도 조절에도 불구하고 30분 가온 군에서 10분 가온 군에 비해 많은 열량이 전달되었기 때문인 것으로 추정된다. 그러나, 마취 유도 후 90분 이후에는 통계적인 차이를 보이지 않아 재분포와 수술 전 가온이 많은 영향을 미치는 시기가 지나 다른 요인들에 영향을 더 많이 받으면서 천천히 그 차이가 줄었을 것으로 추정해 볼 수 있다.

또한, 이 연구에서는 가온으로 인한 중심 체온의 변화 양상이 이전 연구와 다르게 나타났다. Sessler 등[20]은 수술 전 가온 중 중심 온도는 강제적 공기 가온으로 인한 혈관 확장으로 인해 가온을 시작한 첫 30-45분에는 오히려 감소(약 0.2°C)하였다가 이후에 서서히 증가된다고 하였다. 그러나 본 연구에서 10분 가온 군과 30분 가온 군 모두에서 가온 직후 중심 체온은 감소되지 않고 오히려 상승하였다. 이는 가온 전 21°C의 2시간 노출이 있는 Sessler 등[20]의 연구와 다르게 임상적으로 수술준비 직후 가온이 시작되었고, 수술 전 가온이 시행된 공간의 온도가 $26 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 유지되었기 때문에 가온 전 체온유지를 위한 혈관수축이 Sessler 등[20]의 연구에 비해 적고, 보유한 열량이 더 많았기 때문으로 추정된다.

그러나 본 연구는 몇 가지의 제한점을 갖는다. 첫 번째, 본 연구의 군 수는 Horn 등[17]의 연구 결과를 바탕으로 계산되었으며, 이는 43°C의 강제적 공기 가온기의 온도를 이용한 연구이므로 47°C의 강제적 공기 가온기의 온도를 사용한 본 연구와 달라, 군 수가 상대적으로 적어 검정력이 감소되었을 가능성이 있다.

두 번째, 이 연구는 120분 이내의 짧은 수술을 대상으로 하여 수술 중 저체온 발생률이 높은 대부분의 주요 수술이 제외되었기 때문에 120분 이상의 주요 수술을 시행 받는 환자의 경우까지 확장시켜 생각할 수 없다. 추후에 120분 이상의 주요 수술을 대상으로 하는 추가의 연구가 필요할 것으로 보인다.

세 번째, 이 연구에서는 말초 체온 및 열량을 직접적으로 측정하지 않아 전달된 열량을 추정할 수 밖에 없었다. 그러나 주술기 저체온을 결정하고 이에 따른 결과에 영향을 주는 임상적으로 중요한 수치는 중심 체온이라고 생각이 되며 이를 측정하는 것 만으로도 충분하다고 생각된다.

결론적으로, 120분 미만의 수술을 받는 환자들에게서 47°C의 강제적 공기 가온기를 이용한 수술 전 10분의 가온은 수술 전 30분의 가온과 비교해 낮은 심부체온을 보이지만 주술기 저체온의 빈도는 비슷하게 감소시킨다. 즉, 47°C의 온도를 이용한 10분의 가온은 30분 이상의 가온이 쉽지 않은 임상 상황에서 적용할 수 있는 좋은 방법이다.

REFERENCES

- Young VL, Watson ME. Prevention of perioperative hypothermia in plastic surgery. *Aesthet Surg J* 2006; 26: 551-71.
- Torossian A, Bräuer A, Höcker J, Bein B, Wulf H, Horn EP. Preventing inadvertent perioperative hypothermia. *Dtsch Arztebl Int* 2015; 112: 166-72.
- Just B, Delva E, Camus Y, Lienhart A. Oxygen uptake during recovery following naloxone. Relationship with intraoperative heat loss. *Anesthesiology* 1992; 76: 60-4.
- Frank SM, Fleisher LA, Olson KF, Gorman RB, Higgins MS, Breslow MJ, et al. Multivariate determinants of early postoperative oxygen consumption in elderly patients. Effects of shivering, body temperature, and gender. *Anesthesiology* 1995; 83: 241-9.
- Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ, Higgins MS, Olson KF, Kelly S, et al. Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events. A randomized clinical trial. *JAMA* 1997; 277: 1127-34.
- Heier T, Caldwell JE, Sessler DI, Miller RD. Mild intraoperative hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide-isoflurane anesthesia in humans. *Anesthesiology* 1991; 74: 815-9.
- Lenhardt R, Marker E, Goll V, Tschernich H, Kurz A, Sessler DI, et al. Mild intraoperative hypothermia prolongs postanesthetic recovery. *Anesthesiology* 1997; 87: 1318-23.
- Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anesthesiology* 2008; 108: 71-7.
- Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. Study of wound infection and temperature group. *N Engl J Med* 1996; 334: 1209-15.
- Torossian A; TEMMP (Thermoregulation in Europe Monitoring and Managing Patient Temperature) Study Group. Survey on intraoperative temperature management in Europe. *Eur J Anaesthesiol* 2007; 24: 668-75.
- Matsukawa T, Sessler DI, Sessler AM, Schroeder M, Ozaki M, Kurz A, et al. Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology* 1995; 82: 662-73.
- Forbes SS, Eskicioglu C, Nathens AB, Fenech DS, Laflamme C, McLean RE, et al. Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia. *J Am Coll Surg* 2009; 209: 492-503.
- Connelly L, Cramer E, DeMott Q, Piperno J, Coyne B, Winfield C, et al. The optimal time and method for surgical prewarming: a comprehensive review of the literature. *J Perianesth Nurs* 2017; 32: 199-209.
- Horn EP, Klar E, Höcker J, Bräuer A, Bein B, Wulf H, et al. Prevention of perioperative hypothermia : implementation of the S3 guideline. *Chirurg* 2017; 88: 422-8.
- Bräuer A, Waeschle RM, Heise D, Perl T, Hinz J, Quintel M, et al. Preoperative prewarming as a routine measure. First experiences. *Anaesthesist* 2010; 59: 842-50.
- Shin KS, Lee GY, Chun EH, Kim YJ, Kim WJ. Effect of short-term prewarming on body temperature in arthroscopic shoulder surgery. *Anesth Pain Med* 2017; 12: 388-93.
- Horn EP, Bein B, Böhm R, Steinfath M, Sahili N, Höcker J. The effect of short time periods of pre-operative warming in the pre-

- vention of peri-operative hypothermia. *Anaesthesia* 2012; 67: 612-7.
18. Gasim GI, Musa IR, Abdien MT, Adam I. Accuracy of tympanic temperature measurement using an infrared tympanic membrane thermometer. *BMC Res Notes* 2013; 6: 194.
 19. Lee J, Lim H, Son KG, Ko S. Optimal nasopharyngeal temperature probe placement. *Anesth Analg* 2014; 119: 875-9.
 20. Sessler DI, Schroeder M, Merrifield B, Matsukawa T, Cheng C. Optimal duration and temperature of prewarming. *Anesthesiology* 1995; 82: 674-81.
 21. Just B, Trévien V, Delva E, Lienhart A. Prevention of intraoperative hypothermia by preoperative skin-surface warming. *Anesthesiology* 1993; 79: 214-8.
 22. Horn EP, Schroeder F, Gottschalk A, Sessler DI, Hiltmeyer N, Standl T, et al. Active warming during cesarean delivery. *Anesth Analg* 2002; 94: 409-14.
 23. Horn EP, Bein B, Broch O, Iden T, Böhm R, Latz SK, et al. Warming before and after epidural block before general anaesthesia for major abdominal surgery prevents perioperative hypothermia: a randomised controlled trial. *Eur J Anaesthesiol* 2016; 33: 334-40.
 24. Giesbrecht GG, Ducharme MB, McGuire JP. Comparison of forced-air patient warming systems for perioperative use. *Anesthesiology* 1994; 80: 671-9.