

전신마취로 경요도적 방광 종양 절제술을 받는 환자에서 가온담요를 이용한 저체온증 예방효과

인제대학교 의과대학 상계백병원 마취통증의학교실

홍성수 · 유병훈 · 김계민 · 김문철 · 연준흠 · 이상석

The efficacy of warming blanket on reducing intraoperative hypothermia in patients undergoing transurethral resection of bladder tumor under general anesthesia

Seongsoo Hong, Byung Hoon Yoo, Kye-Min Kim, Mun-Cheol Kim, Jun Heum Yon, and Sangseok Lee

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Perioperative hypothermia, defined as a core temperature under 36°C, increases the risk of cardiac complication, bleeding and infection. This study aimed to compare the hypothermia-preventing effects of a warming blanket (Ready-heat[®]) and one-layer cotton blanket in patients undergoing transurethral resection of the bladder (TURBT) under general anesthesia.

Methods: Patients undergoing TURBT under general anesthesia were allocated to the warming blanket (N = 23) or one-layer cotton blanket (N = 23) groups. Ten minutes before induction of anesthesia, warming blanket or one-layer cotton blanket was applied according to the assigned group. Tympanic temperature was measured just before induction of anesthesia. Esophageal temperature and tympanic temperature were measured from 20 min after induction of anesthesia at 10-min intervals. Tympanic temperature was measured at 10-min intervals over a 30-min period in the post-anesthesia care unit (PACU). In addition, the incidence and intensity of shivering and thermal comfort were also measured.

Results: The core temperature during general anesthesia showed

no significant intergroup difference. The warming blanket group showed a lower incidence of hypothermia at 1 h after induction of anesthesia. Tympanic temperature, the incidence and intensity of shivering, and thermal comfort in the PACU showed no significant intergroup differences.

Conclusions: Application of the warming blanket or one-layer cotton blanket for 10 min before induction of anesthesia showed no hypothermia-preventing effects. However, at one hour after induction of anesthesia, warming blanket application reduced the incidence of hypothermia to a greater degree than one-layer cotton blanket. (*Anesth Pain Med* 2016; 11: 404-409)

Key Words: Hypothermia, Perioperative period, Prevention, Temperature.

서론

경요도적 방광 종양 절제술을 받는 환자의 경우, 수술 중 지속적인 방광 세척으로 인하여 수술 중이나 종료 이후에도 저체온증이 발생할 위험이 높다[1]. 또한, 마취 중에는 부적절한 체온 조절과 차가운 수술실 환경의 노출로 인해 수술 중 저체온증의 발생 위험이 더욱 증가한다[2].

미국마취과학회에 따르면 수술 중 심부체온이 36.0°C 미만인 경우를 저체온증으로 정의하며, 저체온증을 교정하고 정상체온을 유지하는 것을 권고하고 있다[3,4]. 수술 중 발생하는 저체온증은 수술 부위 감염의 증가[5], 재원 기간과 회복실에서의 회복 기간의 연장[6], 수술 중 출혈량의 증가[7], 심각한 순환기 합병증[8], 수술 후 떨림[9] 등 여러 가지 합병증을 일으킬 수 있다.

수술 중 저체온을 예방하기 위해서 수술 전 또는 수술 중 환자의 피부를 가온하거나, 수술 중 가온된 수액을 주입하는 방법 등을 이용한다[10,11]. 강제적 공기 가온법을 이용한 피부 가온은 수술 중 흔히 사용되며, 정상체온 유지에 효과적이다[4,12]. 하지만 강제적 공기 가온법은 화상, 감염의 위험이 있고, 사용 장비가 무겁고, 이동이 불편하며, 전기를 필요로 한다는 문제점이 있다[13,14].

가온담요(Ready-heat[®], TechTrade, USA)는 자연재해나 응

Received: May 26, 2016.

Revised: 1st, July 13, 2016; 2nd, August 22, 2016.

Accepted: August 30, 2016.

Corresponding author: Byung Hoon Yoo, M.D., Ph.D., Department of Anesthesiology and Pain Medicine, Sanggye Paik Hospital, Inje University College of Medicine, 1342, Dongil-ro, Nowon-gu, Seoul 01757, Korea. Tel: 82-2-950-1170, Fax: 82-2-950-1323, E-mail: twowind@paik.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

급상황에서 환자의 체온을 유지하도록 개발되었다. 이 기구는 9개의 가온패드가 부착되어 있는 담요 형태로, 3분 이내에 온도가 상승하여 15-20분 이내에 최대 온도 43°C에 도달하여 9시간 동안 유지된다[15].

본 연구는 전신마취로 경요도적 방광 중앙 절제술을 받는 환자에서, 수술실 입실 후 가온담요(Ready-heat[®])를 이용한 전신마취유도 10분 전부터 시작한 피부 가온(pre-warming)이 마취 및 회복 중 저체온증 발생에 미치는 영향을 알아보았다. 또한, 회복실에서 고막체온을 측정하고, 떨림의 빈도와 강도, 온도 만족도도 평가하였다.

대상 및 방법

본 연구는 연구윤리 심의위원회 승인 후 전향적으로 진행하였다. 수술 전 모든 환자에게 서면 동의서를 받은 후, 계획수술 중 전신마취로 경요도적 방광 중앙 절제술을 받는 정상체온 환자를 대상으로 진행하였다. 환자가 협조되지 않거나 거부한 경우, 수술 시작 전 고막체온이 36.0°C 미만 또는 37.5°C 이상인 경우는 제외하였다.

서면 동의를 한 51명의 환자를 대상으로 무작위 배정을 하였으며, 탈락자 5명을 제외하고 가온담요(Ready-heat[®]) 군 23명, 면반덮개(one-layer cotton blanket, 110 cm × 220 cm)군 23명을 분석하였다. 가온담요(Ready-heat[®]) 군 23명, 면반덮개 군 23명으로 배정되었다. 모든 수액은 실온(25-27°C)으로 준비하였으며, 수술실 온도는 23-25°C, 회복실 온도는 26-27°C로 유지하였다.

모든 수술은 한 수술실에서 시행되었다. 환자가 수술실에 들어온 후 심전도, 비침습적 혈압 측정기, 맥박산소 측정기를 이용하여 환자의 활력징후를 감시하였다. 마취 유도 10분 전 환자의 상체를 가온담요(Ready-heat[®]) 또는 면반덮개로 덮었다. 마취유도 직전, 고막체온계(ThermoScan[®], infrared tympanic thermometer IRT 4020; Braun, USA)를 이용하여 양쪽 고막체온을 두 번씩 측정된 평균값을 기록하였다. Propofol와 rocuronium을 이용하여 전신마취를 유도하였으며, sevoflurane와 remifentanyl을 이용하여 마취유지를 하였다. 마취유도 20분 후부터 10분 간격으로 각성 직전까지 양쪽 고막체온을 측정하였다. 마취 유도 후 식도체온계(DeRoyal[®], esophageal stethoscope with temperature sensor; EST-03, ERAE SI Company, Korea)를 이용하여 마취유도 20분 후부터 10분 간격으로 각성 직전까지 식도체온을 측정하였다. 식도체온계는 앞니로부터 37 cm만큼 삽입하여 위치시켰다. 수술 중 식도체온이 36.0°C 미만일 경우, 강제적 공기 가온기(forced air warmer; Bair hugger warming unit-Model 505, Arizant healthcare, USA)를 43°C로 설정한 후 체온을 관리하였고, 식도체온이 36.0°C로 측정되면 강제적 공기 가온법을 중단하였다[4]. 수술이 종료되면 근육이완제의 역전을 위해

sugammadex 200 mg을 정주하였다.

회복실 도착 후 10분 간격으로 30분 동안 환자의 양쪽 고막체온을 측정하고, 떨림의 빈도와 강도, 온도 만족도를 평가하였다. 떨림은 4점 척도(4-point scale) (0 = none: no shivering noted on palpation of the masseter, neck, or chest wall; 1 = mild: shivering localized to the neck and/or thorax only; 2 = moderate: shivering involves gross movement of the upper extremities (in addition to neck and thorax); 3 = severe: shivering involves gross movements of the trunk and upper and lower extremities)로 평가하였다[16]. 온도 만족도(ASHRAE thermal sensation scale) (+3 = hot, +2 = warm, +1 = slightly warm, 0 = neutral, -1 = slightly cool, -2 = cool, -3 = cold)를 평가하였다.

전신마취를 받는 환자에서 수술 종류, 수술 시간, 수술실 환경 요인 등 여러 요인에 의해서 수술 중 저체온증(36°C 미만) 발생 빈도는 다양 하지만, 이전 연구들에 따르면 40-60%까지 발생한다고 알려져 있다[17,18]. 저자들의 사전시험연구(pilot test)에서 면반덮개 군 환자들의 90%에서 저체온증이 발생하였다. 따라서, 면반덮개 군에 비해 가온담요 군에서 저체온증 발생률이 90%에서 50%로 감소 될 것으로 가정하고 본 연구를 설계하였다. 이에 따라 유의수준(α -value)을 0.05, 검정력(power) 80%를 만족하는 각 군당 개체 수는 23명으로 계산되었다. 10%의 탈락률을 고려한 전체 목표 피험자 수는 50명이었다. 피험자수의 계산은 G*Power for windows (version 3.1, Germany)를 이용하여 계산하였다. 모든 자료의 통계적 분석은 모든 자료의 통계분석은 R version 3.3.0 (R Core Team [2016]. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>)을 이용하여 분석하였다. 특정 시점에서의 관찰된 저체온증 발생률의 비교는 피셔의 정확도 검정(Fisher's exact test)을 이용하였으며, 환자의 온도 만족도 및 떨림의 발생여부 비교에도 피셔의 정확도 검정을 사용하였다. 모든 자료는 평균 \pm 표준편차 또는 중간값(최소-최대값)으로 표기하였다. 통계적인 유의성은 P 값이 0.05 미만인 경우로 하였다.

결 과

본 연구는 총 51명의 환자를 대상으로 진행 되었으며, 탈락자 5명을 제외하고 가온담요(Ready-heat[®]) 군 23명, 면반시트 군 23명을 분석하였다(Fig. 1).

성별, 나이, 키, 몸무게, 미국마취과학회 신체등급 분류, 마취시간, 수술시간, 수액량, 출혈량, 수술실 온도, 회복실에서 고막 체온, 수술 후 떨림, 온도 만족도에서 두 군간 차이가 없었다. 그러나 회복실 온도에서는 두 군간에 차이가 있었다(Table 1).

수술 중 가온담요(Ready-heat[®])군과 면반덮개 군 모두에서

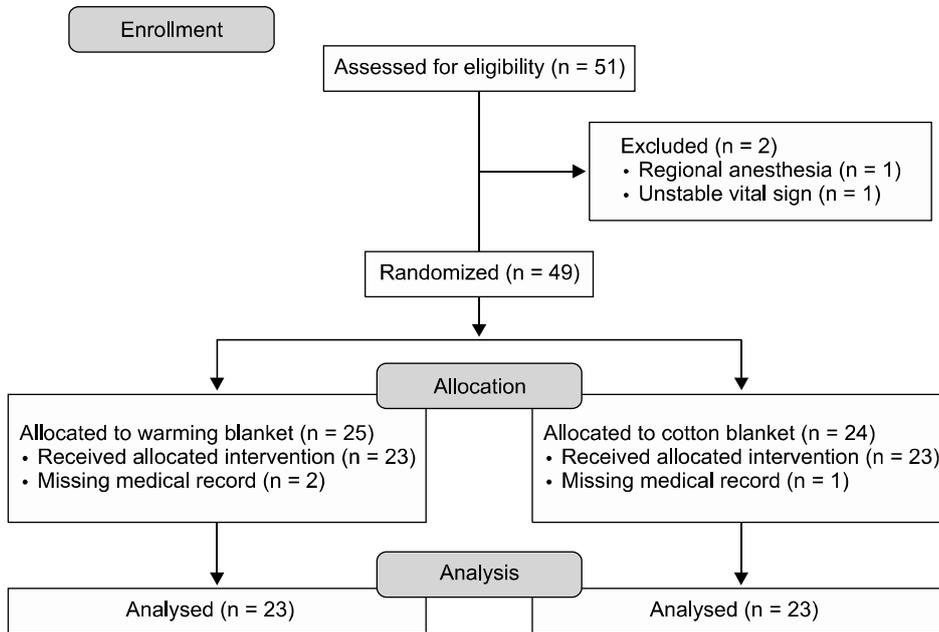


Fig. 1. Consort flow diagram of the patients.

Table 1. Patient Demographic Data

	OLCS group (N = 23)	WB group (N = 23)	P value
Male/female (n)	20/3	20/3	1
ASA classification (I/II)	21/2	21/2	1
Age (yr)	66.4 ± 13.3	70.6 ± 8.7	0.216
Weight (kg)	66.9 ± 10.4	66.8 ± 10.7	0.987
Height (cm)	164.0 ± 8.8	163.4 ± 8.1	0.819
Duration of anesthesia (min)	76.7 ± 34.1	90.2 ± 34.5	0.190
Duration of surgery (min)	36.1 ± 31.4	41.4 ± 29.6	0.559
Volume of crystalloid (ml)	669.6 ± 167.7	672.0 ± 258.4	0.971
Estimated blood loss (ml)	26.3 ± 49.6	20.1 ± 23.9	0.597
Operating room temperature (°C)	24.1 ± 1.1	23.4 ± 1.4	0.052
PACU temperature (°C)	26.9 ± 1.1	26.0 ± 1.6	0.036
Thermal comfort in PACU	0.0 ± 0.7	0.4 ± 1.0	0.114
Shivering in PACU (0/1)	23/0	22/1	1

Values are expressed as means ± SD or numbers. Thermal comfort in PACU is expressed as median value (maximum value–minimum value). OLCS: one-layer cotton blanket, WB: warming blanket, ASA: American society of anesthesiologists, PACU: post anesthesia care unit.

수술이 진행되면서 점차 식도 체온과 고막 체온이 감소하였다(Fig. 2). 식도 체온은 마취시간 20분째 가온담요(Ready-heat[®]) 군(36.25 ± 0.37°C), 면반달개 군(36.11 ± 0.33°C), 마취시간 60분째 가온담요(Ready-heat[®]) 군(35.97 ± 0.37°C), 면반달개 군(35.7 ± 0.19°C)으로 마취시간 20분째 비해 마취시간 60분째 가온담요(Ready-heat[®]) 군은 0.28°C, 0.77%, 면반달개 군은 0.41°C, 1.13% 감소하였다. 고막 체온은 마취 유도 시점 가온담요(Ready-heat[®]) 군(36.7 ± 0.35°C), 면반달개 군(36.65 ± 0.33°C), 마취시간 60분째 가온담요(Ready-heat[®]) 군(36.06 ± 0.32°C), 면반달개 군(35.98 ± 0.26°C)으로 마취

유도 시점에 비해 마취시간 60분째 가온담요(Ready-heat[®]) 군은 0.64°C, 1.74% 면반달개 군은 0.67°C, 1.82% 감소하였다.

식도 체온을 기준으로 수술 중 저체온증이 발생한 빈도는 양 군간에 유의한 차이가 없었다. 그러나 마취시간이 60분 이상인 29명의 환자를 대상으로 분석한 결과, 마취시간 60분째 저체온증이 발생한 빈도는 양 군간에 유의한 차이가 있었다(P < 0.05) (Table 2).

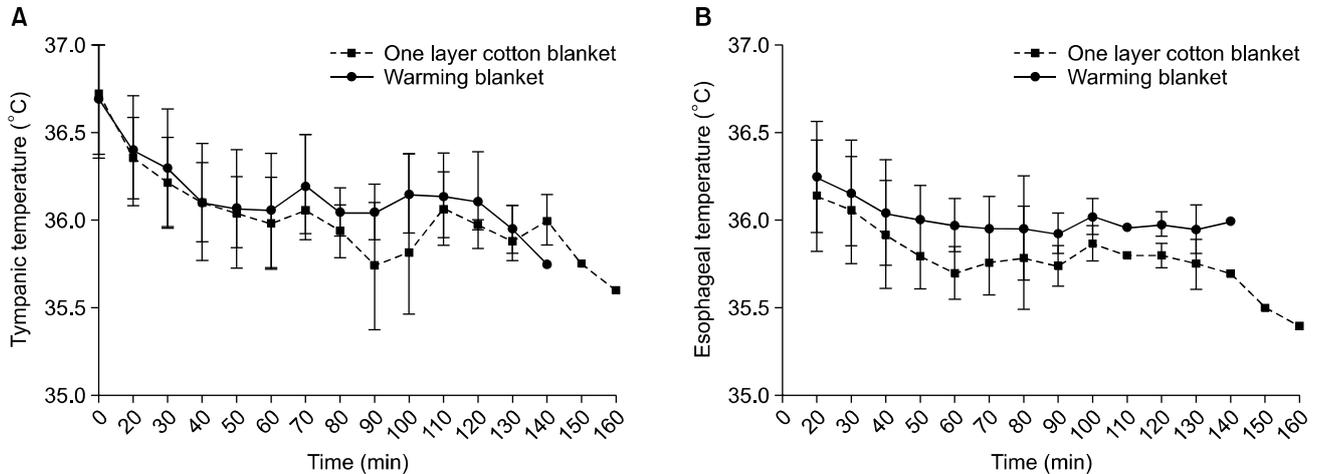


Fig. 2. Mean tympanic temperature and esophageal temperature in patients receiving either warming blanket or one layer cotton blanket decreased during transurethral resection of bladder tumor. There was no significant difference between two groups in mean tympanic temperature and esophageal temperature. *Fisher's exact test was used.

Table 2. The Incidence of Hypothermia in OLCS Group and WB Group

	OLCS group (N = 23)		WB group (N = 23)		P value
	Hypothermia	Normothermia	Hypothermia	Normothermia	
60 min of anesthesia	10 (90.91)	1 (9.09)	7 (38.88)	11 (61.11)	0.008
End of surgery	17 (73.91)	6 (26.09)	12 (52.17)	11 (47.83)	0.221

Values are expressed as number (%). Hypothermia is defined as a core temperature under 36°C. *Fisher's exact test was used. OLCS: one layer cotton blanket, WB: warming blanket.

고 찰

전신마취 후 1시간 동안 1-1.5°C의 급격한 심부 체온의 감소는 대사성 열생산과 열손실 기전의 불균형보다는 체열 재분포에 의해서 발생한다. 심부 체온의 감소는 마취제에 의한 직접적인 말초 혈관의 이완과 체온조절 중추에 의한 혈관 수축 기전이 억제됨에 따라 심부 체온이 차가운 말초 조직 쪽으로 재분배되어 발생한다. 초기 체열의 재분배 정도는 심부 조직과 말초 조직의 온도 차이에 의해서 결정된다[19]. 마취 전 피부 가온법은 말초 조직의 열 함량을 증가시켜 수술 중 저체온증을 예방할 수 있는 중요한 방법이다 [20]. 강제적 공기 가온을 이용한 마취 전 피부 가온법이 수술 중 저체온증을 효과적으로 예방할 수 있어 흔히 이용되고 있다[20,21]. 근거중심의학에 따른 지침에서는 수술 중 저체온증을 예방하기 위해 마취 전 20-60분 동안 마취 전 피부 가온법을 시행하는 것을 권고하고 있다[10,22]. 하지만 현실적으로 시행하기에 어려움이 있고, 응급수술인 경우 불가능하다. 이에 Horn 등[23]은 10, 20, 30분 동안 강제적 공기 가온법을 이용한 마취 전 피부 가온을 통해, 수술 중 저

체온증을 예방했다고 보고하였다. 그러나 흔히 마취 전 피부 가온의 방법으로 이용되는 강제적 공기 가온법은 화상, 감염의 위험 있고, 사용 장비가 무겁고, 전기를 필요로 한다는 문제점이 있다[13,14]. Ng 등[24]은 electric heating pad를, Taguchi 등[25]은 circulating-water mattress를 이용한 마취 전 피부 가온을 통해서도 수술 중 심부 체온을 효과적으로 유지했다고 보고하였다.

가온담요(Ready-heat[®])는 전기를 필요로 하지 않고 9개의 가온패드가 부착되어 있어 밀봉포장지를 개봉하면 산소와 반응하여 3분 이내에 따뜻해지기 시작한다. 이 기구는 개봉 후 15분 이내에 최대 온도 43°C에 도달하여 9시간 동안 유지되는 장점이 있으며, 사용하기 편리하고 화상의 위험이 적고 응급 상황, 회복실, 병실에서도 사용할 수 있다.

저자들은 마취 유도 10분 전부터 가온담요(Ready-heat[®])를 이용한 피부가온이 수술 중 저체온증 발생에 미치는 영향을 면반달개와 비교하였다.

전신 마취 유도 후 1-3시간 동안 대사성 열생산과 열손실 기전에 의해 심부 체온은 천천히 감소한다[12,26]. 심부 체온의 감소에 영향을 주는 요인으로 수술실 온도, 수술 범위, 차가운 물질과의 절연이 있으며, 가장 중요한 요인은

수술실 온도이다. 본 연구에서 수술실 온도는 가온담요(Ready-heat[®]) 군, 면반덮개 군 각각 23°C, 24°C로 유의한 차이가 없었다. 두 군에서 모두 심부 체온이 점차 감소하였고, 수술 종료시점에서 저체온증 발생 빈도에 차이가 없었다(Table 2). 본 연구에서는 다른 연구들과[24,25] 다르게 수술 전 가온담요(Ready-heat[®])를 이용하여 환자의 상체만 마취 전 피부 가온해주었는데, 가온 되지 않은 환자의 하체 쪽 말초 조직의 영향으로 두 군간 수술 중 저체온증 발생 빈도에 차이가 없었던 것으로 생각한다. 그리고 근거중심의 학에 따른 지침[4]에 따라 본 연구에서는 환자의 심부 체온이 36.0°C 미만으로 감소하면 환자의 안전을 위해 추가로 강제적 공기 가온법을 이용하여 저체온증을 교정하였다. 일상적인 체온 관리를 받는 환자에서 전신 마취 3-4시간 후 심부 체온이 33-34°C로 감소하는 점[26]을 미루어 볼 때, 추가적인 강제적 공기 가온을 시행하지 않았다면 가온담요(Ready-heat[®]) 군보다 면반덮개 군에서 심부 체온의 감소가 더 컸을 것으로 생각한다.

결과(Table 2)에서 보여준 것과 같이 가온담요(Ready-heat[®]) 군과 면반덮개 군에서 수술 종료시점에서 발생한 저체온증의 빈도는 차이가 없었으나, 전신 마취 유도 후 1 시간째 가온담요(Ready-heat[®]) 군에서 면반덮개 군보다 저체온증의 발생빈도가 유의하게 낮았다. 본 연구에서 시행한 수술실 입실 후, 가온시트(Ready-heat[®])를 이용한 10분 정도의 짧은 마취 전 피부 가온이 전신마취에 의해 발생할 수 있는 체열의 재분포에 영향을 미친 것으로 보인다.

본 연구에서 회복실에서 가온담요(Ready-heat[®])와 면반덮개 두 군간에 고막체온, 온도 만족도에 차이가 없었다. 그리고 수술 후 떨림은 가온담요(Ready-heat[®]) 군에서만 1명(5%) 발생하였다. Eberhart 등[27]은 수술 후 회복실에서의 떨림의 발생률은 11.6%이며, 나이가 어릴수록, 환자의 체온이 낮을수록 수술 후 떨림이 잘 발생하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 수술 후 떨림의 발생 빈도가 5%로 논문[27]에 비해 낮은 것은 상대적으로 회복실에서의 고막체온이 높았고, 평균나이가 많았던 것, 수술의 종류가 다른 것 등이 수술 후 떨림의 발생률을 낮춘 요인으로 생각된다.

전신마취유도시점에 이용한 가온담요(Ready-heat[®])은 전신 마취 중 식도 체온과 고막 체온의 감소의 양상이 면반덮개와 비교하여 차이가 없었다. 면반덮개와 가온담요(Ready-heat[®]) 두 군간에 수술 중 저체온증 발생빈도에서는 차이가 없었으나, 전신 마취 1시간 후 면반덮개 군에 비해 가온담요(Ready-heat[®]) 군에서 저체온증의 발생 빈도가 유의하게 낮았다.

REFERENCES

- Mirza S, Panesar S, AuYong KJ, French J, Jones D, Akmal S. The effects of irrigation fluid on core temperature in endoscopic urological surgery. *J Perioper Pract* 2007; 17: 494-7, 499-503.
- Sessler DI. Mild perioperative hypothermia. *N Engl J Med* 1997; 336: 1730-7.
- Vaughan MS, Vaughan RW, Cork RC. Postoperative hypothermia in adults: relationship of age, anesthesia, and shivering to rewarming. *Anesth Analg* 1981; 60: 746-51.
- Forbes SS, Eskicioglu C, Nathens AB, Fenech DS, Laflamme C, McLean RF, et al. Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia. *J Am Coll Surg* 2009; 209: 492-503.
- 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.
- 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.
- 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.
- Horn EP, Sessler DI, Standl T, Schroeder F, Bartz HJ, Beyer JC, et al. Non-thermoregulatory shivering in patients recovering from isoflurane or desflurane anesthesia. *Anesthesiology* 1998; 89: 878-86.
- Torossian A. Thermal management during anaesthesia and thermoregulation standards for the prevention of inadvertent perioperative hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol* 2008; 22: 659-68.
- Seo H, Kim K, Oh EA, Moon YJ, Kim YK, Hwang JH. Effect of electrically heated humidifier on intraoperative core body temperature decrease in elderly patients: a prospective observational study. *Anesth Pain Med* 2016; 11: 211-6.
- Hynson JM, Sessler DI. Intraoperative warming therapies: a comparison of three devices. *J Clin Anesth* 1992; 4: 194-9.
- Chung K, Lee S, Oh SC, Choi J, Cho HS. Thermal burn injury associated with a forced-air warming device. *Korean J Anesthesiol* 2012; 62: 391-2.
- Baker N, King D, Smith EG. Infection control hazards of intraoperative forced air warming. *J Hosp Infect* 2002; 51: 153-4.
- TechTrade LLC. Ready-heat temperature management blankets [updated 2011; cited 2016 Jul 12]. Available from <http://www.techtradellc.com/Temperature-Management-in-Hospital-Settings>.
- Badjatia N, Strongilis E, Gordon E, Prescutti M, Fernandez L, Fernandez A, et al. Metabolic impact of shivering during therapeutic temperature modulation: the Bedside Shivering Assessment Scale. *Stroke* 2008; 39: 3242-7.
- Torossian A. Survey on intraoperative temperature management in Europe. *Eur J Anaesthesiol* 2007; 24: 668-75.
- Andrzejowski J, Hoyle J, Eapen G, Turnbull D. Effect of prewarming on post-induction core temperature and the incidence

- of inadvertent perioperative hypothermia in patients undergoing general anaesthesia. *Br J Anaesth* 2008; 101: 627-31.
19. 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.
 20. Just B, Trévien V, Delva E, Lienhart A. Prevention of intraoperative hypothermia by preoperative skin-surface warming. *Anesthesiology* 1993; 79: 214-8.
 21. Camus Y, Delva E, Sessler DI, Lienhart A. Pre-induction skin-surface warming minimizes intraoperative core hypothermia. *J Clin Anesth* 1995; 7: 384-8.
 22. Sessler DI, Schroeder M, Merrifield B, Matsukawa T, Cheng C. Optimal duration and temperature of prewarming. *Anesthesiology* 1995; 82: 674-81.
 23. Horn EP, Bein B, Böhm R, Steinfath M, Sahili N, Höcker J. The effect of short time periods of pre-operative warming in the prevention of peri-operative hypothermia. *Anaesthesia* 2012; 67: 612-7.
 24. Ng V, Lai A, Ho V. Comparison of forced-air warming and electric heating pad for maintenance of body temperature during total knee replacement. *Anaesthesia* 2006; 61: 1100-4.
 25. Taguchi A, Ratnaraj J, Kabon B, Sharma N, Lenhardt R, Sessler DI, et al. Effects of a circulating-water garment and forced-air warming on body heat content and core temperature. *Anesthesiology* 2004; 100: 1058-64.
 26. Sessler DI. Perioperative heat balance. *Anesthesiology* 2000; 92: 578-96.
 27. Eberhart LH, Döderlein F, Eisenhardt G, Kranke P, Sessler DI, Torossian A, et al. Independent risk factors for postoperative shivering. *Anesth Analg* 2005; 101: 1849-57.