

소아에서 Propofol 및 Ketamine 정주에 의한 마취유도 시 심부체온 및 피부체온차의 비교

*울산대학교 의과대학 마취통증의학교실, 충남대학교 의과대학 마취통증의학교실

이수경* · 손수창 · 김윤희 · 윤희석 · 최재호

Core Temperature and Skin-Surface Temperature Gradients of Ketamine and Propofol for Anesthetic Induction in Children

Soo Kyoung Lee, M.D.*, Soo Chang Son, M.D., Yoon Hee Kim, M.D., Hee Suk Yoon, M.D., and Jae Ho Choi, M.D.

*Department of Anesthesiology, College of Medicine, Ulsan University, Seoul, Korea, Department of Anesthesiology, College of Medicine, Chungnam National University, Daejeon

Background: Hypothermia after induction of anesthesia results initially from core-to-peripheral redistribution of body heat. Both central inhibition of tonic thermoregulatory vasoconstriction in arteriovenous shunts and anesthetic induced vasodilation contribute to core-to-peripheral redistribution of heat. Ketamine increases peripheral arteriolar resistance uniquely; in contrast, propofol causes profound venodilatation that other anesthetics do not. The aim of the present study is to evaluate core temperature and skin-surface temperature gradients in use of ketamine for anesthetic induction compared with propofol in children.

Methods: Forty pediatric patients of ASA status I or II, undergoing elective surgery for strabismus or inguinal hernia were studied. The patients were allocated randomly to one of two groups: (i) GROUP P (n = 20): Anesthesia was induced with propofol and maintained with sevoflurane in combination with 60% nitrous oxide in oxygen. (ii) GROUP K (n = 20): Anesthesia was induced with ketamine and maintained with sevoflurane in combination with 60% nitrous oxide in oxygen. Core temperature, forearm skin temperature, fingertip skin temperature and Forearm minus fingertip, skin-temperature gradients were recorded before induction of anesthesia, 3 min after administering ketamine or propofol (just before endotracheal intubation), 5 min, and at 5-min intervals after induction of anesthesia.

Results: After induction of anesthesia, core temperature in the two groups was decreased but results did not differ significantly between two groups. Forearm skin temperature was increased significantly after 20 min of anesthesia in propofol group and 15 min of anesthesia in ketamine group, but results did not differ significantly between two groups. Finger tip skin temperature was increased significantly after 3 min of anesthesia in the propofol group and 10 min of anesthesia in the ketamine group. Finger tip skin temperature of 5 min of anesthesia in propofol group increased significantly greater than in ketamine group. Forearm minus finger skin surface temperature gradients was decreased statistically significantly at 3 min of anesthesia in the propofol group and 10 min of anesthesia in the ketamine group, gradients of 5 min of anesthesia was presented statistically significant between two groups.

Conclusions: For pediatric patients, after induction of anesthesia with ketamine arteriovenous shunt vasomotor status was well maintained. And maintaining vasoconstriction during induction of anesthesia reduced the magnitude of redistribution hypothermia. (Korean J Anesthesiol 2004; 46: 397~401)

Key Words: core temperature, skin temperature, propofol, ketamine.

서론

우리 몸의 체열은 정상적으로 균등하게 분포되어 있지 않으며 두부와 흉부와 같은 신체의 반 정도의 체온을 반영하는 심부체온은 나머지 말초부위와 약 2-4°C 정도의 온도 차이를 보이고 있다.^{1,2)} 따라서 심부 체온은 정확한 평균

논문접수일 : 2003년 12월 9일
책임저자 : 손수창, 대전광역시 중구 대사동 640번지
충남대학병원 마취통증의학과, 우편번호: 301-721
Tel: 042-220-7840, Fax: 042-220-7968
E-mail: scson@cnu.ac.kr

석사학위 논문임.
제48차 추계학술대회, 2003년

체온을 나타내지 못하며, 이러한 심부와 말초조직 간의 온도차는 체온조절성 혈관수축(thermoregulatory vasoconstriction)에 의해 유지되고 있다.

Sevoflurane과 propofol을 포함한 대부분의 마취제들은 체온조절의 장애를 유발하여 마취 중 심부 저체온을 초래할 수 있으며 특히 전신 마취유도 후 초기 1시간 동안 발생하는 급격한 심부체온의 하강은¹⁾ 심부로부터 말초로의 체열 재분포(redistribution)의 결과로 알려져 있다.

Propofol에 의한 마취유도 후에 발생하는 저체온은 중추성 체온조절의 장애보다는 propofol이 짧은 기간 동안 전신적인 혈관확장을 일으킴으로서 중심으로부터 말초로의 체열의 재분포를 촉진시키기 때문인 것으로 알려져 있다. 열은 온도차를 거슬러 이동할 수 없기 때문에 일단 저체온이 발생하면 말초조직으로 소실된 열은 심부로 돌아올 수 없으며 따라서 비록 짧은 기간동안의 propofol 정주에 의한 혈관 확장이라도 심부체온에 지속적으로 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다.³⁾

Ketamine은 다른 마취제들과 달리 교감신경계의 직접적인 자극효과로 catecholamine 분비가 증가되어 소동맥 혈관저항을 증가시킨다.^{4,5)} Ketamine은 전신마취 유도 동안 혈관수축을 유지하여 심부열의 말초로의 이동을 줄이거나, 다른 마취제들로 마취를 유도하는 동안 발생하는 혈관확장을 예방할 것으로 기대되며 따라서 마취유도 후 저체온의 발생을 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 소아 환자들을 대상으로 ketamine과 propofol로 전신마취를 유도한 후 심부체온, 전완(forearm) 피부체온, 손가락(fingertip) 피부체온 및 전완-손가락 피부체온 차를 비교하여 두 약제의 혈관운동반응(vasomotor response)을 비교하고자 하였다.

대상 및 방법

미국마취과학회 신체상태등급 제1 및 2에 해당하는 총 40명의 사시나 서혜부탈장으로 선택수술을 받는 건강한 소아 환자를 대상으로 하여 보호자에게 투여약제 및 마취에 대하여 설명하고 동의를 얻었다.

마취전처치로 glycopyrrolate 0.004 mg/kg을 수술 30분 전에 모든 환자에게 근주하였고, 그 외에 다른 수면제나 진정제는 투여하지 않았다. 수액과 약물투여를 위하여 왼쪽 전완에 정맥로를 확보하였다. 대상환자는 두 군으로 분류하여 ketamine 2 mg/kg로 마취를 유도한 K군과(n = 20), propofol 2 mg/kg로 마취를 유도한 P군으로(n = 20) 무작위로 나누어 할당하였다. 두 군 모두에서 vecuronium 0.1 mg/kg을 정주하여 근 이완을 이루고 기관 내 삽관을 시행하였고, 기계적 조절 호흡과 수술 중 외과적 조작을 위하여 필요 시마다

vecuronium을 간헐적으로 추가로 투여하였다.

두 군 모두 3 L/min의 신선가스유량으로 산소 하에 약 2%의 sevoflurane과 60% 아산화질소로 마취를 유지하였다. 호기말 이산화탄소 분압이 35 mmHg로 유지되도록 기계적 조절 호흡을 하였다. 기관 내 삽관튜브와 호흡기회로 사이에 열-습기 교환 여과기를 설치하였고, 정맥용 수액은 37°C로 가온하여 투여하였다. 대기온도는 25-26°C로 유지하였다. 환자를 수술 동안 수술포로 덮어 주었다.

손의 동정맥 선트 관류에 대한 지침으로서 사용되는 전완-손가락 피부체온 차를 결정하기 위해 전완과 손가락 피부체온은 환자감시기(Hewlett Packard, USA)에 부착되어 있는 피부체온 측정용 온도계로 측정하였다.⁶⁾ 전완 피부체온 측정용 온도계는 오른쪽 전완의 안쪽 중간 부위에 거치하였고, 손가락 피부체온 측정용 온도계는 같은 쪽 손가락 끝의 안쪽에 거치하였다. 전의 연구들에 따라 0°C 미만의 전완-손가락 피부체온차는 혈관확장을 의미한다고 생각하였다.⁷⁾

마취유도 전 심부 체온은 전자체온계를 이용하여 고막을 통해 측정하였다. 모든 피부와 고막체온 탐침은 환자의 오른쪽에 거치 하였다. 마취유도 후 심부 체온은 원위 식도로부터 측정하였다.

심박수, 혈압, 호기말 sevoflurane과 아산화질소, 이산화탄소농도, 그리고 동맥혈산소분압을 감시하여 기록하였다. 전완-손가락 피부체온차는 마취유도 전, ketamine이나 propofol 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전), 그리고 마취유도 후 5분에 측정하였으며 이후 5분 간격으로 30분간 측정하였다.

모든 값은 평균 ± 표준편차로 나타내었다. 통계처리는 two tailed, unpaired student t-test를 이용하였고 각 군내의 비교는 paired student t-test로 하였으며 이중 P 값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의한 것으로 간주하였다.

결 과

환자의 성별, 나이, 체중, 대기온도, 심박수, 혈압에 대하여 두 군 간의 유의한 차이는 없었다(Table 1). 마취유도 후 30분 동안 심부 체온은 propofol군에서는 0.8 ± 0.2°C, ketamine군에서는 0.5 ± 0.3°C 감소하였으며 propofol군에서 약 0.3°C 더 감소하였으나 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(Fig. 1). Propofol군에서는 전완 피부체온이 마취유도 전, propofol 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전) 그리고 5분에 32.4 ± 0.9, 32.6 ± 1.1, 32.6 ± 1.0°C로 약간의 상승을 보였고, 마취유도 후 20분에 33.2 ± 0.8°C로 통계적으로 유의한 상승을 나타내었으며 30분에는 33.5 ± 0.7°C로 유의한 상승이 지속되었다. Ketamine군에서는 마취유도 전과 ketamine 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전), 5분에

Table 1. Morphometric and Anesthetic Data

	Group P (n = 20)	Group K (n = 20)
Gender (F/M)	6/14	8/12
Age (yr)	7 ± 3	7 ± 3
Weight (kg)	24 ± 8	28 ± 12
Height (cm)	122 ± 16	130 ± 16
Ambient temperature (°C)	25 ± 1	25 ± 1
Mean blood pressure (mmHg)	83 ± 10	79 ± 9
HR (beats/min)	92 ± 13	93 ± 13

Values are expressed as means ± standard deviation. n: Number of patients, Group P: anesthetic induction with propofol, Group K: anesthetic induction with ketamine. Vaues are no statistically significant differences between the two groups.

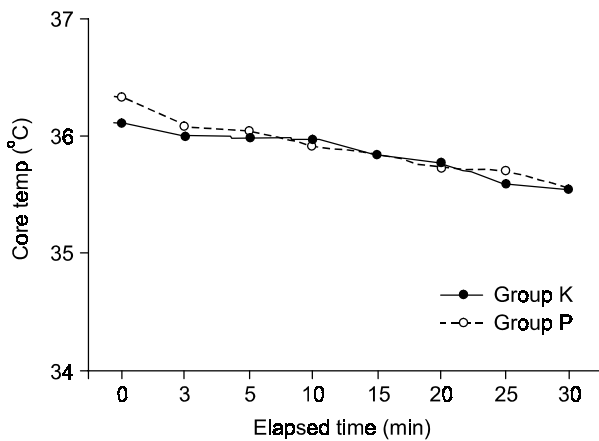


Fig. 1. Changes in core temperatures after induction of anesthesia in the two groups of patients. The difference between the two groups was not significant. Results are presented as means ± SD. Elapsed time-0: just before induction of anesthesia. Group P: anesthetic induction with propofol. Group K: anesthetic induction with ketamine.

서 손가락 피부체온이 각각 32.4 ± 1.4 , 32.2 ± 1.4 , $32.2 \pm 1.3^\circ\text{C}$ 이었고 마취유도 후 15분에 $33.4 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 로 통계적으로 유의한 상승을 나타내었으며 30분에는 $33.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 로 유의한 상승이 지속되었다. 마취유도 후 15분 이후 ketamine군이 propofol군에 비하여 전완 피부체온이 더 높았으나 두 군 간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Fig. 2).

Propofol군의 경우 손가락 피부체온이 마취유도 전, propofol 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전), 5분에 각각 29.5 ± 3.0 , 31.8 ± 3.4 , $33.1 \pm 2.7^\circ\text{C}$ 로 급격한 상승을 보였고 30분에는 $34.6 \pm 0.6^\circ\text{C}$ 로 체온상승이 지속되었으며, 3분 이후 30분까지 통계적으로 유의한 상승을 나타내었다. ketamine군에서는 마취유도 전과 ketamine 투여 후 3분(기관 내

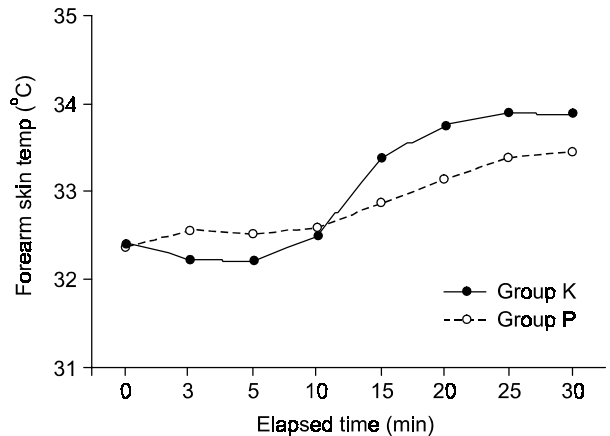


Fig. 2. Changes in the forearm skin temperatures after induction of anesthesia in the two groups of patients. The difference between the two groups was not significant. Results are presented as means ± SD. Elapsed time-0: just before induction of anesthesia. Group P: anesthetic induction with propofol. Group K: anesthetic induction with ketamine.

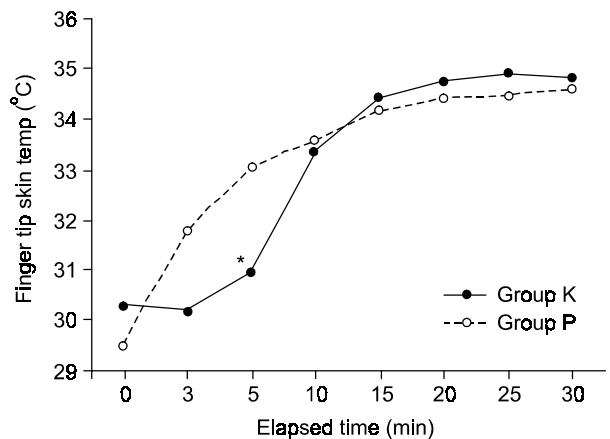


Fig. 3. Changes in the finger tip skin temperatures after induction of anesthesia in the two groups of patients. A statistically significant difference between the two groups was achieved 5 min after anesthetic induction. Results are presented as means ± SD. Elapsed time-0: just before induction of anesthesia. Group P: anesthetic induction with propofol. Group K: anesthetic induction with ketamine. *: $P < 0.05$ compared with group P.

삽관 직전)에 각각 손가락 피부체온이 $30.3 \pm 2.0^\circ\text{C}$, $30.2 \pm 2.3^\circ\text{C}$ 로 상승 없이 유지되었으며, 5분에는 $31.0 \pm 2.0^\circ\text{C}$ 로 약간 상승하였으며, 10분에는 $33.4 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 로 통계적으로 유의한 상승을 나타내었으며 30분에는 $34.9 \pm 1.1^\circ\text{C}$ 로 유의한 상승이 지속되었다. 마취유도 후 5분에서만 두 군 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 10분 이후 30분까지는 두 군 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3).

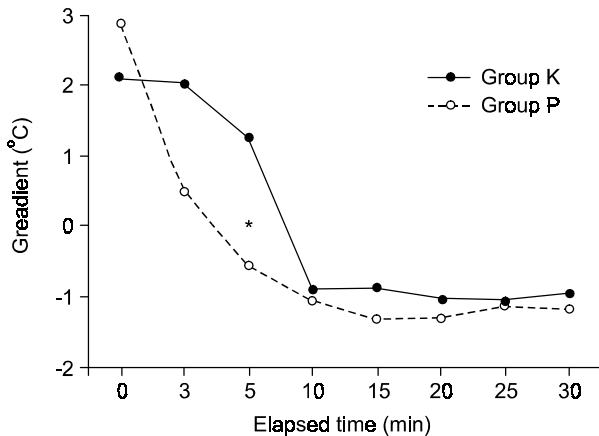


Fig. 4. Forearm minus fingertip, skin temperature gradients are an index of hand arteriovenous shunt perfusion; a gradient $< 0^{\circ}\text{C}$ indicates vasodilation. Results are presented as means \pm SD. Elapsed time-0: just before induction of anesthesia. Group P: anesthetic induction with propofol. Group K: anesthetic induction with ketamine. *: $P < 0.05$ compared with group P.

Propofol 군의 경우 전완-손가락 피부체온 차가 마취유도 전, propofol 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전), 5분에 각각 2.9 ± 2.8 , 0.5 ± 2.8 , $-0.6 \pm 2.4^{\circ}\text{C}$ 으로 5분에 처음으로 마이너스로 감소하였으며, propofol 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전)에 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 30분에는 $-1.2 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 로 유의한 차이가 지속되었다. Ketamine군의 경우 전완-손가락 피부체온 차가 마취유도 전, ketamine투여 후 3분(기관 내 삽관 직전), 5분에 각각 2.1 ± 2.4 , 2.0 ± 2.6 , $1.3 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 이었고 10분에 $-0.9 \pm 1.3^{\circ}\text{C}$ 로 처음으로 마이너스를 나타내었으며 마취유도전과 비교하여 유의한 감소를 보였으며 30분에는 $-1.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 로 유의한 감소가 지속되었다. 5분에서만 두 군 간에 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며, 10분 이후 30분까지는 두 군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다(Fig. 4).

고 찰

정상적으로 체열은 균등하게 분포되지 않는다. 조직의 체온은 심부가 말초보다 높으며 이러한 정상 심부와 말초조직 간의 온도차는 체온 조절성 혈관수축에 의해 유지된다.

전신마취 시 발생하는 저체온은 특징적인 형태로 뚜렷이 구분되는 다음과 같은 세 반응시기를 나타낸다: 즉 1) 체열의 심부로부터 말초로의 재분포에 의한 초기 심부 체온의 빠른 감소;⁸⁾ 2) 열 생성보다 열손실이 더 크기 때문에 발생하는 심부 체온의 완만하게 지속되는 하강;⁹⁾ 3) 진행된 저체온에 의하여 다시 유발된 체온 조절성 혈관수축에¹⁰⁾ 의한

고평부(plateau) 시기로 되어있다.

대부분의 전신마취제는 중추성 체온조절에 장애를 일으켜 정상적인 체온 조절성 혈관수축을 억제한다.¹¹⁻¹⁴⁾ 마취제에 의한 혈관확장으로 인하여 심부의 열이 말초로 이동되어 결과적으로 심부 체온이 전신마취 유도 후 1시간 이내에 약 $0.5-1.5^{\circ}\text{C}$ 정도 감소하며²⁾ 본 연구에서도 전신마취 유도 후 30분에 약 $0.5-0.8^{\circ}\text{C}$ 감소하여 비슷한 결과를 보여주었다.

이전에 연구에 따르면 모든 마취제들은 혈관수축의 역치를 감소시켜^{11,12,15,16)} 동정맥 선트 혈관의 이완을 유발한다 하였다. 대부분의 마취제들은 또한 국소적으로 소동맥의 혈관이완을 일으키며,¹⁷⁾ propofol의 경우는 추가적으로 정맥혈관의 확장을 유발한다고 한다.^{18,19)} 그러나 ketamine은 다른 마취제들과는 달리 norepinephrine의 혈장농도를 증가시키고⁵⁾ 동맥혈관의 말초저항을 증가시킨다고 알려져 있다.⁴⁾

본 연구에서는 마취유도 전, ketamine이나 propofol 투여 후 3분(기관 내 삽관 직전), 5분, 이후에는 5분 간격으로 30분간 혈관운동상태(vasomotor response)의 지표로서 전완-손가락 피부체온 차를 측정하였다. 전완-손가락 피부체온 차는 손가락의 동정맥 선트 관류의 지표로 사용되고 있으며 그 차이가 마이너스를 보이면 혈관의 이완이 있었음을 의미한다. 본 연구의 결과 전완-손가락 피부체온 차는 propofol군의 경우 5분에 처음으로 마이너스를 보였으며 ketamine군에서는 10분에 처음으로 마이너스를 나타내어 ketamine이 더 오랫동안 혈관의 수축상태를 유지하였음을 알 수 있다. propofol군은 3분, ketamine군은 10분 이후에 마취유도 전과 비교하여 통계적으로 유의한 감소를 나타내어 역시 propofol의 신속한 혈관이완효과를 확인할 수 있었다. 두 군 간에는 5분에서만 유의한 차이를 나타내고 10분 이후 두 군에서 전완-손가락 피부체온 차는 유의한 차이가 없었으며 이는 마취유지를 위하여 투여한 sevoflurane과^{3,13)} 아산화질소의¹⁴⁾ 혈관확장효과 및 기관 내 삽관의 유해 자극에 의한 혈관수축의 역치의 증가에 의한 선트 정도의 증가 때문으로 생각된다고 하였다.²⁰⁾

본 연구의 결과 각각의 약리에 따라 예상했던 것과 같이 ketamine과 propofol의 정주에 의한 마취유도 시 혈관운동반응은 아주 다르게 나타났다. Ketamine으로 마취 유도된 경우 동정맥선트 혈관수축이 지속된 반면, propofol의 경우 즉각적인 혈관이완이 유발되었다. 즉 심부체온의 경우 마취유도 후 30분에 propofol군은 $0.8 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 감소하였고 ketamine군은 $0.5 \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 감소하여 propofol군에서 약 0.3°C 더 감소하였으며 두 군 간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 이는 ketamine에 의한 동정맥선트 혈관수축의 지속과 propofol의 즉각적인 혈관이완에 의한 체열의 심부로부터 말초로의 재분포에 의한 심부체온의 감소를 설명할 수

있다. 성인 환자를 대상으로 한 Ikeda 등의³⁾ 연구에 따르면 심부체온의 경우 ketamine으로 마취를 유도한 환자에서의 심부체온은 propofol로 마취 유도한 환자보다 의미 있게 높게 유지되어 마취유도동안 혈관수축을 유지함으로써 심부체온을 감소시키는 체열의 심부로부터 말초로의 재분포의 정도를 감소시킬 수 있음을 보여주었다.

열은 온도차를 거슬러 이동할 수 없기 때문에 일단 저체온이 발생하면 말초조직으로 소실된 열은 심부로 돌아올 수 없다. 비록 마취유도 후 두 군에서 동일하게 마취유도가 된다고 할지라도 propofol로 마취 유도된 환자에서의 상대적인 저체온은 수술 동안 지속된다. 이러한 결과로 마취유도제에 의한 짧은 기간 동안의 혈관확장이 하더라도 심부체온에 대한 효과가 지속될 수 있을 것으로 보고되고 있다.

피부체온차는 말초관류나 열에 대하여 심부로부터 말초로의 흐름을 직접적으로 측정하는 방법이 아니며 또한 각각의 마취유도 약제와 연관된 혈관확장이 정량화되지 않았기 때문에 전신의 혈관운동상태에 대한 특이한 지표로 고려되기에는 어느 정도 문제점을 가지고 있다. 그러나 임상적으로 동정맥선트 혈관운동상태를 측정하기에 나름대로 특이적인 방법으로서⁶⁾ ketamine과 propofol에 의한 동정맥선트에 대하여 다른 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다.

결론적으로 소아에서 propofol 및 ketamine 정주에 의한 마취유도 시 ketamine의 경우 전신마취 유도동안 혈관수축을 유지하여 심부열의 말초로의 이동을 줄이거나 적어도 다른 마취제들로 마취를 유도하는 동안 발생하는 혈관 확장을 감소시켜 마취유도에 의한 저체온의 발생가능성을 예방할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 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.
- Matsukawa T, Sessler DI, Christensen R, Ozaki M, Schroeder M: Heat flow and distribution during epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1995; 83: 961-7.
- Ikeda T, Sessler DI, Kikura M, Kazama T, Ikeda K, Sato S: Less core hypothermia when anesthesia is reduced with inhaled sevoflurane than with intravenous propofol. *Anesth Analg* 1999; 88: 921-4.
- Bidwai AV, Stanley HT, Graves CL, Kawamura R, Sentker CR: The effects of ketamine on cardiovascular dynamics during halothane and enflurane anesthesia. *Anesth Analg* 1975; 54: 588-92.
- Zigmoid EK, Kelsch RC, Kothary SP: Rise in plasma free norepinephrine during anesthetic induction with ketamine. *Behav Neuropsychiatry* 1974; 6: 81-4.
- Rubinstein EH, Ozaki M, Sessler DI: Skin-surface temperature gradients correlate with fingertip blood flow in humans. *Anesthesiology* 1990; 73: 541-5.
- Belani K, Sessler DI, Sessler AM, Schroeder M, McGuire J, Merrifield B, et al: Leg heat content continues to decrease during the core temperature plateau in humans anesthetized with isoflurane. *Anesthesiology* 1993; 78: 856-63.
- Kruz A, Sessler DI, Lenhardt R: Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. *N Engl J Med* 1996; 334: 1209-15.
- Hynson JM, Sessler DI: Intraoperative warming therapies: a comparison of three devices. *J Clin Anesth* 1992; 4: 194-9.
- Kurz A, Sessler DI, Christensen R, Dechert M: Heat balance and distribution during the core-temperature plateau in anesthetized humans. *Anesthesiology* 1995; 83: 491-9.
- Matsukawa T, Kruz A, Sessler DI, Bjorksten AR, Merrifield B, Cheng C: Propofol linearly reduces the vasoconstriction and shivering thresholds. *Anesthesiology* 1995; 82: 1169-80.
- Kurz A, Xiong J, Sessler DI, Plattner O, Christensen R, Dechert M, et al: Isoflurane produces marked and nonlinear decreases in the vasoconstriction and shivering thresholds. *Ann N Y Acad Sci* 1997; 813: 778-85.
- Ozaki M, Sessler DI, Matsukawa T, Ozaki K, Atarashi K, Schroeder M, et al: The threshold for thermoregulatory vasoconstriction during nitrous oxide/sevoflurane anesthesia is reduced in elderly. *Anesth Analg* 1997; 84: 1029-33.
- Ozaki M, Sessler DI, Suzuki H, Ozaki K, Tsunoda C, Aratashi K: Nitrous oxide decrease the threshold for vasoconstriction less than sevoflurane or isoflurane. *Anesth Analg* 1995; 80: 1212-6.
- Kruz A, Sessler DI, Annadata R, Dechert M, Christensen R, Bjorksten AR: Midazolam minimally impairs thermoregulatory control. *Anesth Analg* 1995; 81: 393-8.
- Kurz A, Ikeda T, Sessler DI, Larson MD, Bjorksten AR, Dechert M, et al: Meperidine decrease the shivering threshold twice as much as the vasoconstriction threshold. *Anesthesiology* 1997; 86: 1046-54.
- Schwinn DA, McIntyre RW, Reves JG: Isoflurane-induced vasodilation. The role of the alpha adrenergic nervous system. *Anesth Analg* 1997; 71: 451-9.
- Bentley GN, Gent JP, Goodchild CS: Vascular effects of propofol: smooth muscle relaxation in isolated veins and arteries. *J Pharm Pharmacol* 1989; 41: 797-8.
- Robinson BJ, Ebert TJ, O'Brien TJ, Colincio MD, Muzi M: Mechanisms whereby propofol mediates peripheral vasodilation in humans. Sympathoinhibition or direct vascular relaxation? *Anesthesiology* 1997; 86: 64-72.
- Washington DE, Sessler DI, McGuire J, Hynson J, Schroeder M, Moayeri A: Painful stimulation minimally increases the thermoregulatory threshold for vasoconstriction during enflurane in humans. *Anesthesiology* 1992; 77: 286-90.