

# 주술기 저체온의 관리

서 일 숙

영남대학교 의과대학 마취통증의학교실

## Management of Perioperative Hypothermia

Seo Il Sook

*Department of Anesthesiology and Pain Medicine,  
College of Medicine, Yeungnam University, Daegu, Korea*

—Abstract—

Anesthesia and surgery commonly cause substantial thermal perturbations. Mild hypothermia (33.0~36.4°C) results from a combination of anesthetic-induced impairment of thermoregulatory control, a cool operating room environment, and factors unique to surgery that promote excessive heat loss. Perioperative mild hypothermia is extremely common and associated with adverse outcomes such as excessive sympathetic nervous system stimulation, prolonged drug metabolism, impaired platelet activity, impaired immune function and postanesthetic shivering. Prevention of perioperative hypothermia and post-anesthetic shivering improves the outcome in terms of reduced cardiac morbidity and blood loss, improved wound healing and shorter hospital stay.

Core temperature monitoring, accompanied by passive and active methods to maintain normothermia, should be part of routine intraoperative monitoring for patients at high risk of perioperative hypothermia, particularly patients undergoing body-cavity surgery, surgery greater than 1 hour duration, younger children and the elderly.

---

**Key Words:** Adverse outcome, Perioperative hypothermia, Temperature monitoring.

서 론

항온동물에서 정상 체온의 유지는 자율신경계의 중요한 기능이며, 인체의 정상 심부체온

은 36.5~37.5°C로써 34°C 이하가 되면 장기의 기능장애가 나타나기 시작한다.

인체의 심부체온은 주변온도의 변화에도 불구하고 행동 및 생리적 반응에 의하여 정상범위로 유지되지만 마취가 된 상황에서는 체온의 변화에 따른 행동반응은 소멸되고, 마취제에 의한 체온조절 기능의 장애가 야기되므로 차가운 수술 방 환경이나 열손실을 증가시키는 수술적 요인 등에 의하여 체온이 쉽게 떨어질 수 있다. 실제로 대부분의 수술 방에서는 환자보다는 수술팀의 컨디션에 맞추어 실온을 낮게 유지하는 경향이 있으며 따라서 환자에게는 체온 유지를 위한 별도의 방법이 요구되지만 그 효율성은 높지 않다.

주술기에는 1~3°C 정도의 체온감소가 흔히 초래될 수 있으며, 경도의 저체온 상태에서도 임상적으로 유해한 심기능 이상이나 출혈의 증가 및 외과적 창상 감염의 증가가 초래될 수 있음에도<sup>1)</sup> 불구하고 실제 임상에서는 주술기 저체온의 가능성 및 그 위험성에 대한 중요성은 간과되고 있는 실정이다.

이에 저자는 체온조절의 생리적인 기전을 먼저 살펴보고 주술기의 체온조절, 주술기 경도 저체온의 영향 그리고 예방 및 치료에 대하여 고찰함으로써 주술기 환자 관리의 개선을 도모하고자 한다.

### 체온 조절의 생리적 기전

체온의 조절은 말초성 및 중추성 온도수용체, 통합 조절 중추, 원심성 반응계로 구성된 생리적 조절 기전에 의하여 수행되며 인체에서 이런 체온조절계는 심부체온을 36.7~37.1°C의 좁은 범위로 유지시키는데, 정상적으로 이 범위는 0.4°C를 넘지 않지만 전신마취 동안에는

4°C 까지 증가된다.

#### 1) 구심성 열 신호 - 온도 민감 수용체

인체의 피부와 점막에는 두 종류의 온도 민감 수용체가 있으며 냉각수용체는 25~30°C에서 최대자극이 되며 냉각은 A-δ 신경섬유에 의해, 온각 수용체는 45~50°C에서 최대 자극이 되며 온각은 C 신경섬유에 의해 감지되어 전달된다. 냉각수용체가 온각 수용체에 비하여 10배 정도 많으며 인체가 한랭 환경에서 스스로를 보호하게 되는 중요한 기전으로서 그 정보는 시상하부로 전달된다.

#### 2) 통합 조절 중추 - 시상하부

시상하부의 신경핵 중 앞부분(anterior portion)은 열에 대한 반응을 수행하고 뒷부분은 효과기로의 하행경로를 담당한다.

시상하부의 시각교차앞구역(preoptic area)에 있는 온도민감 신경원은 열민감 신경원과 냉민감 신경원으로 세분되는데 열민감 신경원이 약 4배 정도 우세하며 국소열의 증가에 반응하여 열손실 기전을 활성화한다. 반대로 냉민감 신경원은 시상하부 시각교차앞구역을 관류하는 혈액의 온도가 낮을 때 물리적 및 화학적 조절 기전에 의하여 체열의 발생을 증대시킨다. 국소열 자극에 민감한 신경원은 그물체(reticular formation), 연수, 척수에도 존재한다.

시상하부에서 조절하는 체온은 심부체온으로써 정상보다 0.5°C 떨어지면 시각교차앞구역의 신경원은 완전히 비활성화되고 한랭 감지는 주로 피부의 냉각수용체에 의하게 된다.

#### 3) 원심성 반응계 - 효과기 반응

체온조절 기전의 원심성 반응에는 행동반응

과 자율신경성 반응이 있다.

의식 상황에서 행동반응은 열 환경이나 한랭 환경에서 모두 중요하지만 특히 한랭 환경에서는 자율신경성 반응보다 더욱 중요하다. 시상하부 온도조절기(thermostat)가 과도한 저체온이라 인지하게 되면 시상하부에서 대뇌피질로 자극이 전달되어 인체는 한랭함을 느끼게 되며 그 결과 움직임이 증가되거나 따뜻한 곳으로 이동하거나 옷을 더 입게 된다. 한랭에 대한 행동반응 조절은 주로 피부의 열 신호에 의한다.

자율신경성 반응에는 말초혈관 평활근이 관련되는데 정상 체온 범위에서는 말초혈관 저항을 증가 혹은 감소시킨다. 한랭 환경에 노출되었을 때는 혈관이 수축됨으로써 체열의 손실이 최소화되며, 전율이나 비전율성 열생산을 막게 하는 동시에 체열의 저장을 감소시켜 체온을 정상으로 유지되도록 하며, 열 환경에서는 발한에 의한 증발열로 체온을 조절한다.

### 수술기 체온의 조절

전신마취 동안에는 약 15분 이내의 단시간인 경우를 제외하고는 환자의 체온을 감시하여야 한다.<sup>2)</sup> 보통 체온 36°C 이하를 저체온으로 정의하는데 수술기동안의 우발적 저체온은 드물지 않게 초래될 수 있으며 최근의 보고에 의하면<sup>3)</sup> 수술 환자의 약 50% 이상에서 심부체온이 2°C 이상 감소되었다고 하는데, 그 이유는 마취가 된 상황에서는 피부의 온도민감 수용체에서 감지되는 주변온도의 변화에 대하여 순응을 못하고, 심부체온을 비교적 좁은 범위 내로 유지되도록 하는 고도의 통합된 체온조절 시스템이 억제되기 때문이다.

#### 1) 전신마취 시의 체온조절

전신마취와 부위마취는 모두 생리적 체온 조절 기전을 둔화시킨다. 전신마취는 열반응 역치를 약간 높이고 냉반응 역치를 심하게 감소시킴으로써 역치사이 범위가 4°C까지 증가된다.

전신마취 중 체온의 변화는 시간의 경과에 따라 특징적인 3가지 양상을 보인다(Fig. 1). 마취 유도 후 처음 1시간 동안에는 심부체온이 약 1~1.5°C 정도 비교적 빠르게 감소되고 (phase I), 그 후에는 약 2시간에 걸쳐 1.1°C 정도 천천히 감소되며(phase II), 마취가 시작된 후 약 3-4시간이 지나면 심부체온이 안정되면서 일정하게 유지되는 편평기에 이른다 (phase III).

초기 체온감소의 주된 원인은 투여된 흡입 마취제에 의한 혈관 확장으로 인하여 체열이 따뜻한 심부조직으로부터 팔, 다리 등 상대적으로 차가운 말초부위로 재분포 되기 때문이

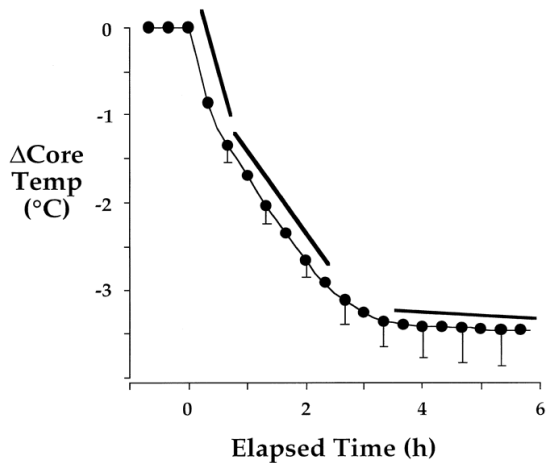


Fig. 1. Typical pattern of hypothermia during general anesthesia. Hypothermia during anesthesia develops with a characteristic pattern. During the first hour, core temperature usually decreases 1-1.5°C. This is followed by a slower, nearly linear decrease in core temperature. Finally, core temperature reaches a plateau and does not decrease further.

다. Phase II 저체온은 열손실이 열생산보다 더 많기 때문에 초래되는데, 전신마취상태에서는 대사율은 약 15~40% 정도 감소하는 반면에 차가운 실온, 찬 수액투여, 수술시야에서의 증발 등으로 인하여 열손실이 많아지므로 체온이 더욱 떨어지게 된다. 마취가 시작된 후 약 3~4시간이 지나는 동안 충분한 저체온 상태가 되면 인체에는 다시 체온조절성 혈관수축 기전이 회복되어 피부를 통한 열손실이 감소되고 심부체온은 34~35°C 정도로 비교적 일정하게 유지된다(phase III).

근년에 사용되는 isoflurane, desflurane, sevoflurane 등 강력한 흡입마취제는 비슷한 정도로 혈관수축과 전율 역치를 감소시키며, 열 반응 즉 발한이나 혈관확장에 대한 역치를 증가시킨다.<sup>4)</sup> Propofol로 마취유도한 경우에는 혈관확장으로 인한 체열의 재분포로 심부저체온이 더 심해질 수 있으며<sup>5)</sup> 수술 전 midazolam 0.08 mg/kg을 근주한 경우에도 진정효과에 의하여 체온조절성 혈관수축이 감소되어 심부체온은 상당히 감소될 수 있다.<sup>6)</sup>

## 2) 부위마취 시의 체온조절

부위마취 또한 체온을 감소시킨다. 그러나 부위마취에 의한 말초혈관확장은 차단된 부위에 한정되며 그 상부에서는 혈관수축이 유지되기 때문에 체열의 재분포는 제한적이며, 대사성 열생산은 거의 정상적으로 유지되므로 마취 후 첫 1시간에 초래되는 phase I 저체온의 정도는 전신마취보다 덜하다.<sup>7)</sup> 또한 차단된 부위에서 시상하부로 전달되는 구심성 온도감각이 변화되어 자율신경성 체온조절 장애로 인하여 열손실이 지속되어 체온이 감소된다(phase II). 그러나 전신마취와는 달리 차단된 부위에

서는 체온조절성 혈관수축이 초래되지 않으며 또한 상체에서의 전율이 비교적 효과적이지 못하기 때문에 저체온의 편평기는 나타나지 않는다.

특징적으로 부위마취 동안에는 심부 저체온 상태에서도 냉감이 유발되지 않는다.<sup>8)</sup> 왜냐하면 한랭의 인지는 피부의 구심성 열 신호에 좌우되는데, 부위마취로 차단된 부위에서는 혈관확장으로 피부온도가 올라가므로 온각이 우세한 것으로 구심성 열 신호가 전달되므로 통합 조절 중추에서는 한랭 인지를 하지 못한다.

부위마취 동안에도 심부저체온이 선행되면 전율이 야기될 수 있으므로 실온을 높게 유지하고 보온에 유의해야 하며, 특히 산모의 경우에는 경막외강으로 차가운 국소마취제를 주사한 경우 전율이 증가될 수 있으므로 30°C 정도로 가온시킨 국소마취제를 사용하는 것이 바람직하다.<sup>9)</sup>

## 3) 지혈대의 영향

지혈대를 사용하는 경우에는 그 근위부와 원위부 사이에 체열의 교환이 없으므로 심부에서의 대사성 체열이 원위부로 못가기 때문에 말초 열손실이 차단되어 체온유지에 도움이 된다. 즉 phase I 저체온의 속도가 완화되고 편평기(phase III)에 도달하는 속도가 느리게 되는데, 수술이 끝난 후 지혈대를 풀게 되면 체열은 사지의 원위부로 재분포되고 심부체온은 잔류저체온(afterdrop) 상태가 된다.

## 4) 정상 체온으로의 회복

수술기 환자가 저체온 상태가 되는 것은 마취제에 의하여 체온조절 반응이 손상되기 때문이며 진정제 또한 마취가지로 체온조절 반응을 둔화시킨다. 따라서 적극적으로 보온을 하지 않

는 한 대부분의 환자는 저체온상태가 된다. 수술이 끝나고 마취제 투여를 중단하게 되면 흡입 마취제의 뇌 농도가 빠른 속도로 감소되어 혈관 수축, 전율 등 체온조절 반응이 회복됨에 따라 피부를 통한 열손실이 감소되고 대사성 열생산이 증가되면 심부체온은 정상치로 증가하게 되는데, 저체온의 정도와 나이에 따라 차이가 있지만 대부분은 2~5시간에 걸쳐 서서히 회복된다. 이러한 체온조절 방어기전의 회복은 흡입 마취제의 잔류효과나 수술 후 진통을 위하여 사용된 아편유사제에 의하여 지연될 수 있다.

#### 수술기 경도 저체온의 영향

저체온 상태에서는 기초대사율이 감소되므로 특수한 상황 즉 조직의 저산소증 및 허혈에 등의 위험성에 대한 보호 효과가 있다.<sup>10)</sup> 전통적으로 중등도 저체온은 개심술에서 심근 및 대뇌 허혈의 위험성을 최소화하기 위하여 이용되어 왔으나<sup>11, 12)</sup> 수술기에 정상 체온을 유지함으로써 심장 수술을 비롯한 거의 대부분 수술에서 그 결과가 개선되었다는 보고가 증가되고 있다.<sup>13-15)</sup>

수술기에 흔히 초래되는 경도 저체온은 어느 정도 뇌 보호 효과가 있으나 임상적으로는 그런 유익함 보다는 유해한 결과가 더 문제시 된다. 저체온상태에서 초래될 수 있는 유해효과로는 심혈관계 합병증 및 말초혈관저항 증가,<sup>16, 17)</sup> 혈소판 기능 장애,<sup>18, 19)</sup> 면역기능의 저하,<sup>20)</sup> 상처치유의 지연,<sup>21)</sup> 약제대사의 지연,<sup>22, 23)</sup> 그리고 전신마취 후 회복이 늦어지며<sup>24)</sup> 전율이 초래될 수 있다.

전율이란 15초 이상 지속되는 안면부, 턱, 두부, 몸통 혹은 사지의 근육부분수축 혹은 떨림으로 정의하는데 많은 유해효과가 초래될 가

능성이 있다. 마취 후 전율을 강직성 전율(체열조절 전율)과 간대성 전율(비억제성 척수반사)로 나눌 수 있는데, 간대성 전율은 전신마취 회복기에 뇌와 척수 기능의 회복속도가 다르기 때문에 척수기능이 먼저 회복됨에 따라서 나타나게 되는 현상이며, 강직성 전율이란 말초성 냉각 수용체로부터의 자극이 과할 때 신호(signal)의 여파에 의하여 운동성 중추가 활성화되어 척수의 전운동신경세포로 자극을 보내게 되고 그 결과 전신의 골격근 긴장이 증가되어 나타나는 현상이다. 전율은 산소소모량을 5~6 배까지 증가시키고 동맥혈 산소포화도를 감소시키며, 카테콜아민 유리, 심박출량의 증가, 빈맥, 고혈압 등으로 심근허혈의 위험성이 증가하며 안압이 증가될 수도 있다. 마취 후 전율은 약물의 사용으로 효과적으로 치료될 수 있지만 가장 좋은 해결책은 정상체온을 유지해 줌으로써 전율이 초래되는 것을 예방하는 것이며, 전율을 보이는 모든 환자가 저체온 상태인 것은 아니지만 저체온에 대한 치료 없이 전율 치료만 하게 되면 저체온이 더 심해질 수 있다. 마취 후 전율 치료에 가장 효과적인 약제는 pethidine으로써 25 mg 정맥주사 시 대부분 전율을 멈춘다. 그 이외에 fentanyl, alfentanil, sufentanil, buprenorphine 등 아편유사제와 physostigmine, ketanserin, ondansetron 등으로 치료가 되며 특히 clonidine은 산모에게 경막외 무통법 시술 후 나타나는 전율의 억제에 효과적이다.<sup>25)</sup>

#### 수술기 저체온의 예방 및 치료

체온조절성 혈관수축이 유발되면 저체온의 진행은 효과적으로 예방되지만, 마취된 대부분의 환자에서는 체온감소가 심하게 되어야 보상

적인 체온조절성 혈관수축이 야기된다. 따라서 수술 중 저체온을 최소화하기 위하여서는 여러 가지 방법으로 체열의 손실을 예방하는 것이 가장 바람직하다. 최근에는 수술 전부터 아미노산제제를 지속 정맥 주사함으로써 대사성 열생산을 증가시켜 수술기 저체온을 최소화시키는 방법이 시도되고 있으나<sup>26, 27)</sup> 열생산과 동반되어 심근산소소모량도 증가되기 때문에 심근허혈의 위험이 있는 환자에서의 효용성은 확실치가 않다.

#### 1) 재분포성 저체온의 예방

안정 시 열손실의 약 75%는 체표면을 통한 대류, 전도, 방사, 증발에 의하며, 나머지 25%는 호흡기를 통한 불감성 증발에 의하여 손실되는데 마취동안에는 대류기전이 가장 중요하다.

대류에 의한 열손실은 피부와 접하는 공기층에 움직임이 생겨 피부의 단열성이 제거되어 초래되는데 수술 방에서의 환기정도는 대류성 열손실에 영향을 주게 된다. 심부체온이 37°C 인 환자가 전신마취 후 실온 20~25°C에 피부가 노출될 때 (대류 및 방사), 차가운 소독액으로 피부소독을 할 때 (증발), 그리고 차가운 생리식염수로 체강 세척을 하거나 차가운 정맥용 수액을 투여할 때 (전도), 열손실은 증가하게 되며 특히 방사에 의한 열손실은 체온과 실내 온도 차이의 5배에 비례한다.

마취된 환자에서 체열의 재분포에 의한 phase I 저체온의 예방은 체표면을 미리 가온함으로써 가능하다. 가온공기 담요 같은 보온장비로 미리 체표면을 가온시켜두면 특히 하지의 체열함량이 증가되어 심부에서 말초로 체열이 이동함에 따라서 초래되는 phase I 저체온을 최

소화할 수 있다. 이런 방법은 30분 이상의 시간이 소요되기 때문에 임상적으로 쉽지는 않으나, 단시간 내에 적극적인 방법으로 가온을 시키게 되면 발한이 야기되고 환자가 불쾌감을 느끼게 되므로 가능하다면 가온공기 담요를 이용하여 서서히 체표면을 가온하는 것이 바람직하다.

#### 2) 흡입가스의 가온 및 가습

Phase II 저체온을 최소화하는 방법은 가온공기 담요나 온수 담요의 사용 이외에도 흡입가스 및 정맥용 수액을 가온하고, 실온을 가능한 한 적정 수준으로 유지시키는 것이다. 흡입가스의 단순한 가온이나 가습은 정상체온 유지에 비교적 효과가 없으나 습기교환여과기 (moisture exchange filter)를 사용하면 능동적 가온방법에 비하여 약 반 정도의 보온효과가 있다.

#### 3) 정맥용 수액 및 세척액의 가온

수액을 투여하는 동안 가온장치를 사용함으로써 전도성 열손실을 최소화할 수 있는데 시간 당 500~1000 ml 이상의 대량이 투여될 때는 미리 가온을 시키는 것이 좋다. 또한 대량의 세척액을 사용하는 복부수술이나 요도식 전립선절제술 동안에는 수액 및 세척액을 38°C 정도로 가온하여 사용함으로써 수술기 저체온을 방지할 수 있다.<sup>28)</sup>

#### 4) 피부의 가온

수술방의 실온은 수술기 환자의 열손실에 영향을 끼치는 가장 중요한 요소로써, 피부를 통한 방사 및 대류 그리고 창상을 통한 증발에 의해 열손실의 정도가 결정된다. 따라서 이러

한 열손실을 줄이기 위해서는 실온을 높게 유지하는 것이 바람직하지만 정상체온의 유지에 적당한 실온(23℃ 이상)에서 소독된 수술복을 입고 무영등 아래에서 수술을 시행하는 외과의사는 불편함을 느끼게 된다.

수술의 종류에 따라서 적극적으로 가온을 하기에 어려운 체표면은 단열을 해주어야 한다. 그러나 수술시야 이외의 노출된 부위를 가온된 면담요로 감싸주는 단열방법은 체열 보존 효과가 없기 때문에 장시간의, 광범위한 수술인 경우에는 거의 효과가 없다.

전통적으로 수술 중에 흔히 사용되는 물순환 매트리스는 전도성 열손실을 방지하는 방법이지만 등을 통한 열손실의 양이 적기 때문에 효율성이 낮으며 온수의 온도가 높을 때는 매트리스와 직접 접촉되는 부위의 국소적인 조직 관류가 감소되어 피부괴사를 초래할 수도 있다.

### 주술기 노인 및 영아의 체온 관리

노인환자는 생리적으로 체온 조절 능력과 전체적인 보상기전이 감소되어 있다. 체온조절계의 중추성 조절은 영아에서는 유지되지만 60세 이상의 노인에서는 종종 장애를 받는데 전신마취 동안 노인환자의 체온조절성 혈관수축 역치는 젊은이에 비하여 약 1℃ 정도 낮으며, 부위마취로 통증이 차단된 경우에도 혈관수축 역치가 약간 감소될 수 있다. 따라서 노인환자는 전신마취나 부위마취 시에 예상치 못한 저체온의 가능성이 높으며, 특히 대량의 세척액을 사용하는 유도식 전립선절제술이나 상복부 위장관 수술 그리고 부위마취와 전신마취를 병행하는 경우에 저체온이 초래될 위험성이 높다.

영아를 위한 체온관리에서는 몇 가지 신체적 특징을 고려해야 한다. 먼저, 사지가 몸통에

비하여 비교적 작으므로 마취 유도 후 심부체열 재분포에 의한 초기 저체온의 정도는 덜하다. 그러나 머리가 상대적으로 크고 또 두개골과 두피가 얇으므로 머리에서의 열손실이 많으며, 체표면적-체중 비가 높아 열손실은 많고 대사성 열생산은 적으므로 쉽게 저체온에 빠지게 된다. 체온이 정상치에서 벗어나기 시작하면 정상으로 회복하기 위한 몇 가지 불수의적 보상기전이 작동되는데 그 중 영아에게 가장 중요한 것은 비전율성 열생산이다.

비전율성 열생산이란 한랭 환경에서 산소소모가 증가되고, 근이완제에 의하여 억제되지 않는 열생산을 의미하는데 어린 영아에서는 한랭 환경에 노출 시 갈색지방조직에 의한 비전율성 열생산이 거의 2배에 이른다. 갈색지방은 영아의 경우 체중의 2~6%에 이르며 복강의 신장 및 부신주위, 종격동 그리고 견갑골 사이에 위치하며 백색지방세포와는 대조적으로 사립체가 풍부하고 치밀한 모세혈관망을 함유하며 강력한 교감신경 지배를 받는다. 교감신경 활성화에 의해 norepinephrine이 분비되면 중성지방이 유리산과 글리세롤로 가수분해되며 산소소모량의 증가 결과 열생산이 된다.

### 결 론

주술기에는 마취를 비롯한 여러 가지 요인 즉 마취의 종류, 마취제의 투여량, 외과적 노출의 정도, 수술방의 실온 등에 따라 차이는 있지만 대부분의 환자에서 저체온이 초래될 수 있다. 경도의 저체온이라 할지라도 임상적으로 인체에 유해한 영향을 끼칠 수 있으며 저체온과 관련된 불편감은 환자에게는 아주 좋지 못한 주술기 경험으로 기억될 수 있으므로, 주술

기 체온관리를 위한 가장 바람직한 접근방법은 마취동안 지속적으로 체온을 측정하고, 여러 가지 가온장치를 사용하고 동시에 수술 방 실온을 적정수준으로 유지함으로써 열손실을 최소화하여 정상체온을 유지해 주는 것이다.

수술 중 심부체온의 감시는 하부식도나 비인두, 직장, 방광 내에 서미스터(thermistor)를 거치시켜 측정 가능하며 체표면의 체온은 주변 온도나 마취의 심도에 따라 변하게 된다.

체온 유지를 위한 심부체온 감시는 수술 중 기본적인 감시의 일부가 되어야 한다. 특히 주술기 저체온의 가능성이 높은 상황<sup>29)</sup> 즉 노인이나 영유아 등 인체의 조절 기전 및 적응 능력이 떨어져 있는 연령 층, 지나치게 낮은 실온의 수술 방에서 1시간 이상 광범위한 부위에 걸친 수술이나, 체강 내 수술, 그리고 대량의 세척액을 사용하는 수술인 경우에는 지속적인 체온 감시가 꼭 필요하며, 주술기에 정상체온을 유지해줌으로써 의료의 질을 개선하고 병원에서 소요시간을 단축시킬 수 있다.

### 참 고 문 헌

1. Sessler DI. Temperature monitoring. In: Miller RD, editor. 6th ed. Philadelphia: Elsevier Inc; 2005. p.1571.
2. Morgan GE, Mikhail MS. Clinical Anesthesiology. 2nd ed. Stamford: Appleton & Lange; 1999. p. 101.
3. Pannen BH. Etiology and sequelae of perioperative accidental hypothermia. *Anaesthesiol Reanim* 2002;27(1):4-8.
4. Støen R, Sessler DI. The thermoregulatory threshold is inversely proportional to isoflurane concentration. *Anesthesiology* 1990 May;72(5): 822-7.
5. Iwata T, Inoue S, Kawaguchi M, Takahashi M, Sakamoto T, Kitaguchi K, et al. Comparison of the effects of sevoflurane and propofol on cooling and rewarming during deliberate mild hypothermia for neurosurgery. *Br J Anaesth* 2003 Jan;90(1):32-8.
6. Toyota K, Sakura S, Saito Y, Ozasa H, Uchida H. The effect of pre-operative administration of midazolam on the development of intra-operative hypothermia. *Anaesthesia* 2004 Feb; 59(2):116-21.
7. Matsukawa T, Sessler DI, Christensen R, Ozaki M, Schroeder M. Heat flow and distribution during epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1995 Nov;83(5):961-7.
8. Sessler DI, Ponte J. Shivering during epidural anesthesia. *Anesthesiology* 1990 May;72(5): 816-21.
9. Ponte J, Collett BJ, Walmsley A. Anaesthetic temperature and shivering in epidural anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986 Oct;30(7):584-7.
10. Zweifler RM, Voorhees ME, Mahmood MA, Alday DD. Induction and maintenance of mild hypothermia by surface cooling in non-intubated subjects. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2003 Sep-Oct;12(5):237-43.
11. Ning XH, Chi EY, Buroker NE, Chen SH, Xu CS, Tien YT, et al. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2007 Oct;293(4):H2119-28.
12. Hindman BJ, Todd MM, Gelb AW, Loftus CM, Craen RA, Schubert A, et al. Mild hypothermia as a protective therapy during intracranial aneurysm surgery: a randomized prospective pilot trial. *Neurosurgery* 1999 Jan;44(1):23-32.
13. 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 May;334(19):



- 1209-15.
14. Touati GD, Marticho P, Farag M, Carmi D, Szymanski C, Barry M, et al. Totally normothermic aortic arch replacement without circulatory arrest. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007 Aug;32(2):263-8.
  15. 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 Apr;277(14):1127-34.
  16. Frank SM, Beattie C, Christopherson R, Norris EJ, Perler BA, Williams GM, et al. Unintentional hypothermia is associated with postoperative myocardial ischemia. The Perioperative Ischemia Randomized Anesthesia Trial Study Group. *Anesthesiology* 1993 Mar;78(3):468-76.
  17. Frank SM, Higgins MS, Breslow MJ, Fleisher LA, Gorman RB, Sitzmann JV, et al. The catecholamine, cortisol, and hemodynamic responses to mild perioperative hypothermia. A randomized clinical trial. *Anesthesiology* 1995 Jan;82(1):83-93.
  18. Rajagopalan S, Mascha E, Na J, Sessler DI. The effects of mild perioperative hypothermia on blood loss and transfusion requirement. *Anesthesiology* 2008 Jan;108(1):71-7.
  19. Frelinger AL 3rd, Furman MI, Barnard MR, Krueger LA, Dae MW, Michelson AD. Combined effects of mild hypothermia and glycoprotein IIb/IIIa antagonists on platelet-platelet and leukocyte-platelet aggregation. *Am J Cardiol* 2003 Nov;92(9):1099-101.
  20. Beilin B, Shavit Y, Razumovsky J, Wolloch Y, Zeidel A, Bessler H. Effects of mild perioperative hypothermia on cellular immune responses. *Anesthesiology* 1998 Nov;89(5):1133-40.
  21. Pietsch AP, Lindenblatt N, Klar E. Perioperative hypothermia. Impact on wound healing. *Anaesthesist* 2007 Sep;56(9):936-9.
  22. 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 May;74(5):815-9.
  23. Tortorici MA, Kochanek PM, Poloyac SM. Effects of hypothermia on drug disposition, metabolism, and response: A focus of hypothermia-mediated alterations on the cytochrome P450 enzyme system. *Crit Care Med* 2007 Sep;35(9):2196-204.
  24. Lenhardt R, Marker E, Goll V, Tschernich H, Kurz A, Sessler DI, et al. Mild intraoperative hypothermia prolongs postanesthetic recovery. *Anesthesiology* 1997 Dec;87(6):1318-23.
  25. Capogna G, Celleno D. IV clonidine for post-extradural shivering in parturients: a preliminary study. *Br J Anaesth* 1993 Aug;71(2):294-5.
  26. Widman J, Hammarqvist F, Sellén E. Amino acid infusion induces thermogenesis and reduces blood loss during hip arthroplasty under spinal anesthesia. *Anesth Analg* 2002 Dec;95(6):1757-62.
  27. Umenai T, Nakajima Y, Sessler DI, Taniguchi S, Yaku H, Mizobe T. Perioperative amino acid infusion improves recovery and shortens the duration of hospitalization after off-pump coronary artery bypass grafting. *Anesth Analg* 2006 Dec;103(6):1386-93.
  28. Pit MJ, Tegelaar RJ, Venema PL. Isothermic irrigation during transurethral resection of the prostate: effects on peri-operative hypothermia, blood loss, resection time and patient satisfaction. *Br J Urol* 1996 Jul;78(1):99-103.
  29. Macario A, Dexter F. What are the most important risk factors for a patient's developing intraoperative hypothermia? *Anesth Analg* 2002 Jan;94(1):215-20.