

토끼의 초저체온증 회복을 위한 식도가온법에 관한 연구

이병한 · 정병현^{1*}

서울대 인간생명과학연구원, 건국대학교 수의과대학^{1,*}

Effects on the Esophageal Rewarmer for Repairing in Rabbits with Profound Hypothermia

Byeong-han Lee and Byung-hyun Chung^{1*}

Research Division for Human Life Science, Seoul National University, Seoul, 110-799, Korea
School of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul, 143-701, Korea^{1,*}

ABSTRACT : The studies were carried out to investigate the effects of esophageal thermal tube for rewarming in the hypothermia in rabbits. Thirty-one rabbits were continuously cooled with femoral arterio-venous bypass circulation to $25.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ (profound hypothermia) of rectal temperature. The experiment was consisted with 3 esophageal thermal tube groups perfused with circulation water at $38 \pm 1^\circ\text{C}$ (low, $n=12$), $42 \pm 1^\circ\text{C}$ (medium, $n=12$), and $45 \pm 1^\circ\text{C}$ (high, $n=7$). Esophageal thermal tube specially constructed double-lumen esophageal tube with circulating warm water at respective thermal grade. With this device, rewarming of the rabbits was performed for 5 hours. The results obtained in these experiments were summarized as follows : High-esophageal thermal tube group ($45 \pm 1^\circ\text{C}$) had a more effect on mean arterial pressure (MAP), Heart rate (HR), esophageal temperature, and rectal temperature than others groups, but the circulation water at $45 \pm 1^\circ\text{C}$ may cause thermal injuries in the esophagus because esophageal temperature increased to 41.1°C . Medium-esophageal thermal tube group ($42 \pm 1^\circ\text{C}$) had a more effect on RR than others groups, but the circulation water at $42 \pm 1^\circ\text{C}$ may also cause thermal injuries in the esophagus if the temperature exceeds 42°C for an extended period of time because its esophageal temperature increased to 39.4°C . Low-esophageal thermal tube group ($38 \pm 1^\circ\text{C}$) had a more effect on MAP, RR, and esophageal temperature than others groups. In conclusion, rewarming of the central core in the treatment of profound hypothermia using the esophageal thermal tube perfused with circulation water at $38 \pm 1^\circ\text{C}$ appears to be a ideal alternative safety zone of the temperature of circulation water avoiding thermal injury in esophagus causing by out of order or lower precise thermostat of water bath to that of others groups.

Key words : profound hypothermia, esophageal rewarming, rabbit, hematology.

서 론

저체온증의 치료목표는 세포의 생존능력의 유지와 열손실 차단, 심부온도의 회복과 내부환경 복구, 그리고 예상되는 합병증의 예방과 치료, 또 더 나아가 어떤 근원적인 원인질환을 인지하고 치료하는 데 있다¹.

초저체온증($<28^\circ\text{C}$)의 가온원칙은 심장을 따뜻하게 하는 것이며($0.5-1^\circ\text{C/h}$), 심장을 가온하기에 앞서 신체의 말단부 즉 사지를 가온하는 것은 'afterdrop'의 위험성 때문에 피한다^{1,4}. 따라서 초저체온증 상태에 있

는 동물에게서 사용되는 가온방법은 가온수액의 정맥내 투여¹와 가온·가습된 gas($40-45^\circ\text{C}$)의 흡입, 또 가온 생리식염수를 이용한 절장이나 위세척², 그리고 인공심폐기를 이용하는 방법 등이 있다^{4,11,14}. 그러나 이러한 방법들은 여러 가지 유의성 있는 위험과 관련이 있기 때문에 사용에 주의가 요구된다⁴. 복강투석법도 또한 초저체온 상태에서 보편적으로 사용되는 가온방법으로써 통용되는 것이 사실이나^{7,12} 복강내 천자로 인한 복막염 등 여러 가지 합병증의 발생이 우려되는 방법이다¹⁵. 이중의 내강(double-lumen)을 갖고 있는 맹관(盲管) 튜브를 이용한 식도가온법은 비외과적인 방법으로서 비교적 간단한 설치로 흉강내의 순환기계

¹Corresponding author.

를 가온할 수 있다는 장점을 지니고 있는 방법이나, 온도과잉으로 인한 식도의 손상과 식도튜브의 누수에 대한 잠재적인 위험성을 내포하고 있다.^{5,6,13}

이 등¹⁶은 초저체온으로 유도된 토끼를 대상으로 지금까지 시험된 바 없는 가장 낮은 온도($38\pm 1^\circ\text{C}$)를 적용한 식도가온법과 $42\pm 1^\circ\text{C}$ 의 온도를 적용한 복강투석법과의 비교를 통하여, 식도가온법이 비침습적인 간편한 방법이며 직장온도의 상승률에서도 복강투석법에 못지 않은 효과가 있었다고 보고하였다.

본 연구는 마취상태에서 초저체온으로 유도된 토끼를 대상으로, 정상체온으로의 회복을 위해 식도가온법을 이용하여 생체에 적합한 관류수온도를 고찰하며, 아울러 본 결과가 원발성 우발적 저체온증과 속발성 체온조절 기능장애의 중증환측에 대한 가온방법을 확립하여 수의임상 기술발전에 기여함을 그 목적으로 하였다.

재료 및 방법

공시동물

본 실험에 공시된 동물은 임상적으로 건강하다고 인정되는 평균체중 $2.6\pm 0.3\text{ kg}$ 의 New Zealand White 종 토끼 31두이며, 저온수관류식도가온군(저온수군) 12두, 중온수관류식도가온군(중온수군) 12두, 그리고 고온수관류식도가온군(고온수군) 7두를 암수 구별없이 무작위로 배치한 다음, 2주간 기초사육한 후 실험에 사용하였다. 사육환경은 실내온도가 $22\pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도가 $50\pm 5\%$ 이었으며, 사료는 제한없이 토끼전용사료(토끼용펠렛사료, 제일제당)를 급여하였고, 음수(飲水)는 RO(reverse osmosis)수를 자유롭게 섭취하도록 하였다.

실험설계 및 방법

본 실험은 이 등¹⁶의 방법으로 유도된 초저체온증 상태에서 2시간이 경과한 토끼에 대하여 3개 실험군에 적용된 식도가온방법으로 5시간의 가온을 실시한 다음 실험을 종료하였다. 실험종료후 각각의 실험군을 다시 나누어 3일과 7일째에 부검을 실시하면서 마지막 시료를 채취하였다.

식도가온튜브의 구성은 150 cm 길이의 외경 8 mm와 내경 6 mm의 외부튜브와 외경 5 mm와 내경 3 mm의 내부튜브로 구성되어 있으며, 튜브의 재질은 silicon으로 되어 있다. 가온수는 최소 0.3 l/min의 비율로 내부튜브를 통하여 외부튜브로 순환하면서 수조로 배출되도록 하였다.¹⁶

저온수관류 식도가온군(저온수군): 저온수군의 토끼 12두는 초저체온증 상태에서 자체제작한 식도가온튜브(esophageal rewarming tube)를 온도조절장치가 있는, 수조에 거치된 순환펌프에 연결하여 튜브의 표면온도가 $38\pm 1^\circ\text{C}$ 가 되도록 더운물을 관류시켜 토끼의 식도를 가온하는 방식으로 5시간동안 시행되었다.

중온수관류 식도가온군(중온수군): 중온수군의 토끼 12두는 저온수군의 방법과 동일하게 실시되었으며, 다만 튜브의 표면온도가 $42\pm 1^\circ\text{C}$ 가 되도록 더운물을 관류시키며 5시간동안 시행하였다.

고온수관류 식도가온군(고온수군): 고온수군의 토끼 7두도 역시 앞에서 언급된 저온수 및 중온수군에 적용된 방법과 동일하게 실시되었으며, 다만 튜브의 표면온도가 $45\pm 1^\circ\text{C}$ 가 되도록 더운물을 관류시키며 5시간동안 시행하였다.

시료채취 및 분석

관류온도차에 의한 식도가온법의 생체에 미치는 영향을 측정하기 위하여 각 시료의 측정항목은 혈액가스분석기(288 Blood Gas System, Ciba-Corning diagnostics, USA)를 이용하여 pH, pO_2 , pCO_2 를 측정하였으며, 가온하는 동안 동맥에서 총 10회(5, 10, 20, 40, 60분과 1, 2, 3, 4, 5시간) 채혈하였다. 가온종료후 각각의 실험군을 앞에서 언급한 방법으로 나누어 3일과 7일째에 마지막 sample을 채취하였다. 이와 병행하여 가온종료시까지 매 30분 간격으로 monitor(HP78354C, Hewlett Packard, USA)에 나타나는 동맥혈압, 심박수, 호흡수, 그리고 식도와 직장온도를 측정하였다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 자료에 대한 각 처리구간의 통계학적 유의성은 SAS package의 General Linear Model (GLM) Procedure(SAS ver. 6.04, SAS Institute, 1989)를 이용하여 Duncan's multiple range test에 의하여 검정하였으며, $p<0.05$ 이하의 유의성만을 각 처리구간의 통계학적 차이로 인정하였다.

결 과

Vital sign 검사

평균동맥압(MAP): 실험군들은 Fig 1에서 보는 바와 같이, 가온이 종료되는 5시간까지 대체적으로 일정한 차이를 두고 혈압의 변화를 나타냈다. 3개의 식도가온군들은 가온후 60분까지 MAP의 상승경향을 나타냈으며, 이후 실험종료시점인 5시간까지 완만한 감

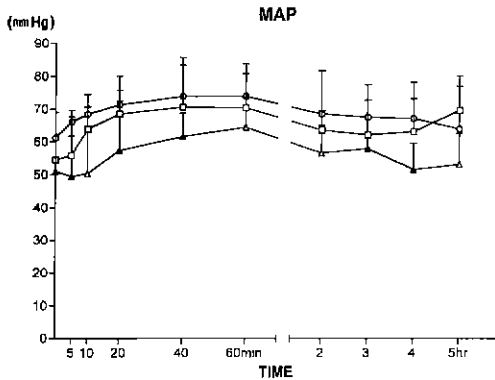


Fig 1. MAP(mean arterial pressure) values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours. ESOPH(L): esophageal rewarming using the circulating water of low temperature($38 \pm 1^\circ\text{C}$). ESOPH(M): medium temperature($42 \pm 1^\circ\text{C}$). ESOPH(H): high temperature($45 \pm 1^\circ\text{C}$). Values are mean \pm SD.

소를 나타냈다.

Heart rate(HR): 실험군들은 Fig 2에서 보는 바와 같이, 가온후 60분에 이르기까지 큰 차이없이 심박수가 상승하였으나, 이후 고온수군이 다른 식도가온군보다 다소 심박수가 증가하여 저온이 점차 진행될수록 심박수가 증가하는 양상을 실험종료까지 나타냈다.

Respiration rate(RR): 실험군들은 Fig 3에서 보는 바와 같이, 가온후 20분까지는 다소 복잡한 양상의 호흡수 변화를 나타냈으나, 이후부터는 각 실험군간에 호흡수의 차이를 보이면서 실험종료시까지 증가하였다. 고온수군은 가온 10분부터 실험종료까지 호흡수가 지속적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 중온수군

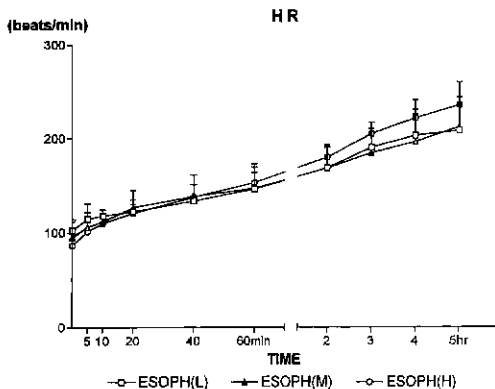


Fig 2. HR(heart rate) values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD.

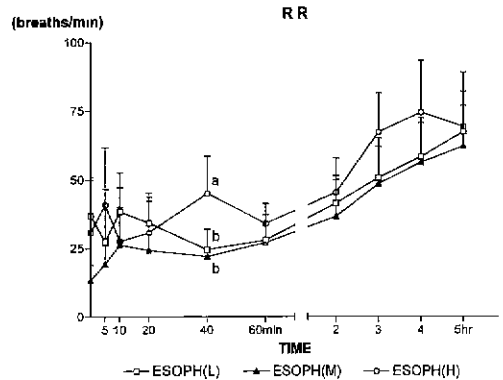


Fig 3. RR(respiration rate) values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours. a b: significant difference among 3 groups at each time: $P < 0.05$. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD.

은 가온 40분부터 가온종료시까지 계속적인 증가를 보였으나 다른 실험군보다 낮은 호흡수를 나타냈다. 저온수군은 가온 40분 이후부터 가온종료시까지 지속적인 호흡수의 증가를 나타냈으며 중온수군보다 호흡수가 많은 형태로 계속되었다. 가온후 40분에 나타난 고온수군과 다른 실험군의 호흡수 사이에는 유의차가 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

식도온도(ESO T): 실험군들은 Fig 4에서 보는 바와 같이, 저체온유도 종료시점의 식도온도가 $25.1\text{-}25.2^\circ\text{C}$ 로서 거의 동일한 온도에서 가온이 시작되어 5분까지 급격한 온도상승을 나타냈으며, 이후 가온이 종료

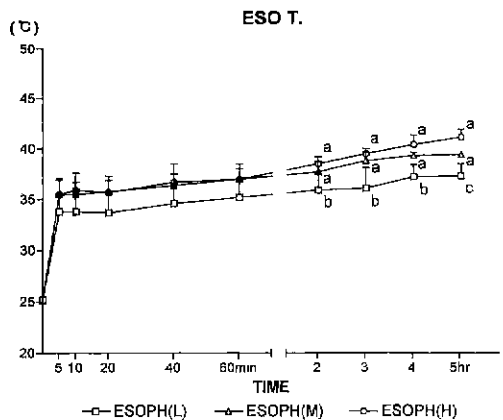


Fig 4. ESO T(esophageal temperature) values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours. a b c: significant difference among 3 groups at each time: $P < 0.05$. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD.

되는 5시간까지 지속적인 온도증가를 나타냈다. 고온수군과 중온수군은 가온 1시간까지 비슷한 온도변화를 보였으나, 2시간 이후부터 고온수군이 중온수군보다 더 높은 온도의 증가를 나타냈다. 저온수군은 다른 실험군들 보다 낮은 온도지만 일정한 온도차를 유지하며 가온종료시까지 온도증가를 지속하였다. 고온수군과 중온수군 사이의 온도의 유의차는 없었으나 저온수군과 다른 실험군 사이에서는 가온후 2시간 이후부터 종료시까지 유의성 있는 온도차를 나타냈다 ($P<0.05$).

직장온도(Rect T): 실험군들은 Fig 5에서 보는 바와 같이, 24.9°C의 동일한 온도에서 가온 2시간까지 별다른 유의차 없이 완전한 증가를 나타냈다. 고온수군은 3시간 이후부터 가온종료시인 5시간까지는 급격한 온도의 증가를 나타내며 다른 실험군과의 유의차를 보였다($P<0.05$). 중온수군과 저온수군은 가온시작에서 종료에 이르기까지 비슷한 온도의 증가수준을 나타냈으며, 저온수군이 중온수군보다 작으나마 직장온도가 조금 높았던 것으로 나타났다.

혈액가스검사

pH: 실험군들은 Fig 6에서 보는 바와 같이, 거의 비슷한 pH의 수준을 보이며 가온종료시까지 완전한 증가를 나타냈으며, 실험종료후 3일과 7일에는 정상수준으로 회복되었다

pCO₂: 실험군들은 Fig 7에서 보는 바와 같이, 가온후 20분까지 pCO₂ 분압의 급격한 감소를 나타냈으며, 이후 40분까지는 감소없이 일정한 상태가 유지되

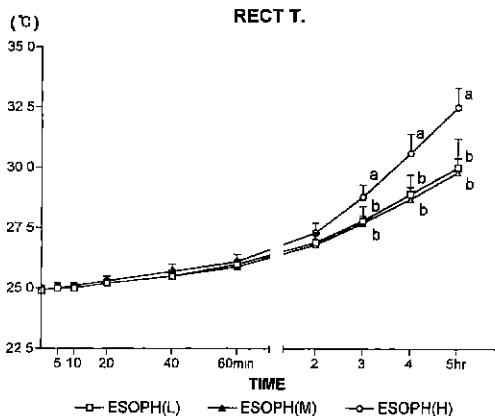


Fig 5. RECT T(rectal temperature) values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours. a, b: significant difference among 3 groups at each time: $P<0.05$. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD.

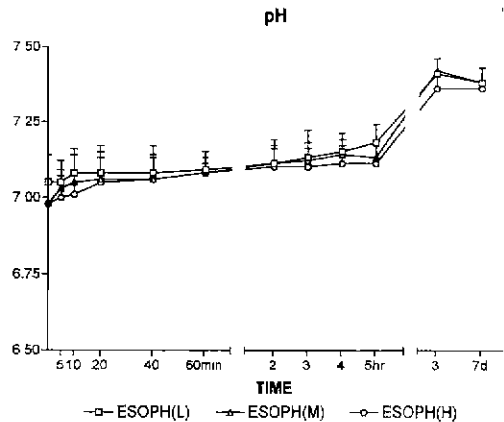


Fig 6. pH values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours and post-rewarming for 7 days. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD.

었다. 그런 다음 실험종료시까지 점진적인 감소를 나타냈으며, 실험종료후 3일과 7일에는 정상수준으로 회복되었다. 저온수군은 대체적으로 고온수군과 중온수군의 중간수준의 분압을 나타낸 것으로 나타났다.

pO₂: 실험군들은 Fig 8에서 보는 바와 같이, 가온 종료까지 전반적인 산소분압의 감소를 나타낸 후, 종료후 3일과 7일에는 정상수준으로 회복되었다. 고온수군은 가온시작에서 종료에 이르기까지 지속적인 감소를 보였으며 중온수군과 저온수군도 고온수군과 마찬가지로 분압의 감소를 나타냈으나 가온 40분과 60분 사이에는 증가를 나타냈다. 저온수군이 중온수군보다 산소분압이 약간 낮은 상태였으나 거의 분압의 차이를 보이지 않았으며, 비슷한 수준의 변화를 실험

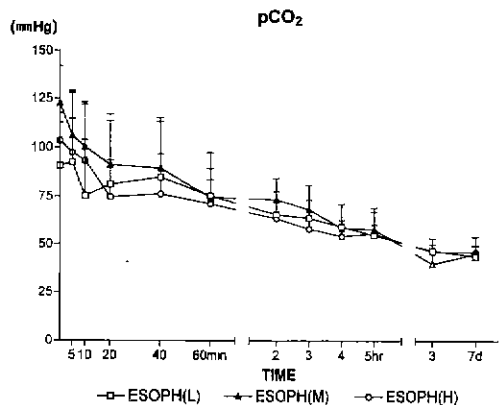


Fig 7. pCO₂ values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours and post-rewarming for 7 days. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD

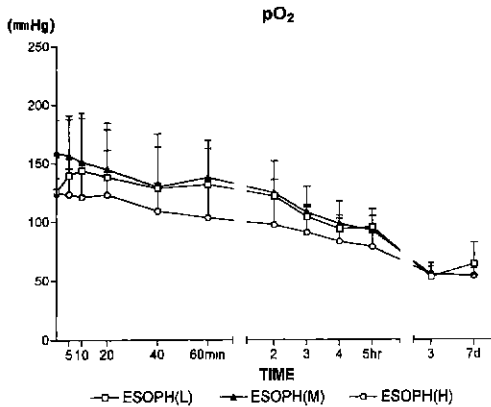


Fig 8. pO₂ values for 3 esophageal rewarming groups during rewarming for 5 hours and post-rewarming for 7 days. Other abbreviations as in Fig 1. Values are mean \pm SD.

종료까지 나타냈다.

고 찰

식도가온법은 그 유사한 기술이 1954년 Khalil과 Mac Keith에 의해 처음으로 제안되었다⁹. Ledingham et al⁹은 직장온도가 29.5°C인 우발적인 저체온증 상태에 있는 사람에게서 성공적으로 치료에 사용하였으나 현재까지 많은 연구가 부족한 실정이다. 식도가온법은 본래 우발적인 저체온증을 치료하는데 사용하도록 권장하였다^{5,7,8,13}. 그러나 근래에는 복부수술⁶, 그리고 간이식술의 일부과정¹³ 등 수술시 저체온증의 예방적인 목적으로 사용되고 있다. 또한 순환되는 물의 온도수준을 달리하여 41°C⁹, 42°C^{3,5,7}, 41.7°C⁶, 그리고 근래에는 39°C¹³의 다양한 온도수준으로 식도가온법의 효용성이 시험되었다. 본 실험에서도 이러한 관류수의 온도에 주안점을 두고 실시하였다.

Vital sign 검사

MAP: 실험군들은 가온 60분까지 MAP의 증가와 이후부터 감소를 나타냈다. Kristensen, et al⁷은 식도를 통한 가온이 매우 유효한 이유가 큰 혈관과 흉강내의 심장과의 식도튜브의 밀접한 관련성 때문이며, 이것은 곧 HR과 MAP의 상승을 야기시킨다고 보고하였다. 이것은 가온 60분까지의 MAP의 상승에 대한 설명에 해당되며, 이후의 감소는 저체온으로 인하여 수축되었던 말초의 혈관이 중심부에서 가온된 혈액의 점진적 유입으로 인한 혈관확장에 의한 것으로 생각된다. 저온수군이 관류수의 온도보다 개체의 혈

압차이로 인하여 중온수군보다 더 높은 수준에서 혈압의 변화를 나타낸 것이라는 가능성도 있을 수 있으나, 관류수간의 온도차이를 고려한다면 중온수군과 저온수군의 혈압의 격차는 더 줄어들어야 할 것이기 때문에, 이것은 저온수군의 관류수의 온도가 생체에 더 적합한 온도대라는 것을 생각하게 하는 부분이라 사료된다.

HR: 실험군들은 식도가온의 영향으로 전반적으로 HR의 증가를 나타냈는데, 이것은 식도가온이 HR의 상승을 야기시킨다는 Kristensen, et al⁷의 보고와 일치하는 부분이다. 실험군들은 가온후 60분에 이르기까지 큰 차이가 없었으나, 이후 고온수군이 다른 식도가온군보다 가온이 진행될수록 심박수의 증가를 나타냈다. 이것은 고온수군이 상대적으로 다른 실험군의 관류수의 온도보다 더 높았기 때문에 나타난 것이라 생각된다. 또한 중온수군과 저온수군과는 HR의 차이가 없었던 것으로 나타났는데, 이것은 두 실험군의 관류수온도의 차이가 심박수에 별다른 영향을 주지 못하였기 때문인 것으로 사료된다.

RR: 실험군들은 가온후 20분까지는 다소 복잡한 양상의 호흡수 변화를 나타냈다. 이것은 저체온 환경 하에서 생존을 위해 적응해 있던 흉강내 장기에 상대적으로 높은 온도를 유지하고 있는 식도가온기의 삽입이라는 물리적 자극으로 나타나는 일시적인 호흡의 부조화로 생각된다. 가온후 40분부터는 다시 생체가 식도가온기에 적응된 상태를 나타내고 있으며, 고온수군의 다소 기복이 있는 호흡수의 변화는 관류수의 일정한 온도조절을 위한 온도조절장치에 부착된 바이메탈의 잦은 변화에 의한 것으로 생각된다. 이것은 식도가온기에 공급되는 관류수의 온도를 조절하는 장치가 매우 중요하다는 것을 말해 주고 있으며, 문제가 발생시 흉강내 장기에 심각한 손상을 줄 수 있다고 사료된다. 가온 40분 이후부터 중온수군과 저온수군과는 거의 차이가 없었던 것으로 나타났는데, 이것은 두 실험군의 관류수의 온도차가 호흡에 별다른 영향을 주지 못하였기 때문인 것으로 사료된다.

식도온도(ESO T): 가온후 5분동안에 나타난 온도의 급변은 식도가온기의 삽입에 의한 것이며, 이후부터 나타난 온도의 완만한 증가는 식도가온기의 가온으로 인하여 점차 흉강내 장기가 저체온으로부터 벗어나고 있다는 것을 나타낸다. 고온수군의 실험종료시의 식도온도는 41.1 \pm 0.8°C로 나타났으며, 이것은 앞서의 연구자들^{3,6,13}의 보고를 토대로 한다면, 고온수를 이용한 식도가온의 장시간 적용이 식도를 비롯한 흉강내 장기의 조직에 심각한 위해를 줄 수 있다고 사

료된다. 중온수군과 저온수군은 각각 $39.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 와 $37.3 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 로 나타났는데, 저온수군의 식도온도는 정상수준보다 조금 낮게 나타났다. Kristensen, et al⁷의 보고는, HR과 MAP의 상승이 식도가온법의 중요한 요소라는 것을 의미하며, 저온수군은 중온수군보다 다소 낮은 식도온도를 나타내면서도 HR에서는 거의 동일한 수준을 나타냈다. 이것은 저온수군의 관류수의 온도가 생체에 더 적합한 온도대라는 것을 시사한다고 사료된다.

직장온도(RECT T): 고온수군은 가온 60분후부터 다른 실험군보다 상대적으로 상승된 MAP와 HR의 작용으로 직장온도가 더 빨리 증가한 것으로 사료된다. 중온수군과 저온수군은 비슷한 수준을 나타내며 증가하였는데, 중온수군이 저온수군보다 조금 낮게 나타난 것은 MAP와 HR의 상대적 저하 때문인 것으로 생각된다.

혈액가스검사

pH: 실험군들은 거의 비슷한 pH의 수준을 보이며 가온종료시까지 완만한 증가를 나타냈다. 이것은 식도가온법의 온도차이가 pH에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 생각되나, 가온후 10분까지의 다소 빠른 상승은 호흡의 증가로 인한 respiratory acidosis의 개선인 것으로 사료된다. 이것은 가온시에 호흡수의 상승이 체내의 acidosis의 개선에 많은 영향을 미칠 수 있다고 생각된다.

pCO₂: 실험군들은 가온후 20분까지 pCO₂ 분압의 급격한 감소를, 이후 40분까지는 감소없이 일정한 상태를 나타냈다. pCO₂도 또한 호흡에 많은 영향을 받는 부분이며, 가온후 20분까지의 급격한 감소와 40분까지의 일정한 분압유지는 호흡수의 급격한 증가와 약간의 감소로 인하여 나타난 것이라 생각한다. 실험 종료시까지 감소를 나타냈는데, 이것 또한 증가한 호흡수와 연계하여 생각할 수 있는 부분이며, 특히 고온수군의 분압수준이 다른 실험군보다 낮게 형성된 것도 이와같은 이유 때문이라고 생각한다. 실험군들은 호흡과 관련하여 저체온시 고농도로 축적된 CO₂ 가스분압을 상당히 많이 개선시킨 것으로 사료된다.

pO₂. 실험군들은 가온종료까지 전반적인 산소분압의 감소를 나타냈다 Bay, et al.²은 생체가 스스로 내인성 열생산과 전율을 통한 능동적인 가온을 할 때, 전체 산소소비는 증가하며, 어떤 때는 거의 5배에 이르는 경우도 있다고 보고하였다. 본 실험은 마취상태 하에서 실시하였기 때문에 Bay, et al.²의 내용처럼 산소소비를 급증시키는 전율은 거의 발생되지 않았던

관계로 산소소비의 급격한 증가는 없었으며, 다만 가온이 진행되면서 저체온하의 acidosis 환경에 있던 말초조직이 점차적으로 대사율과 O₂의 소비를 늘리고 있기 때문에 분압의 감소가 나타난 것으로 사료된다. 중온수군과 저온수군은 거의 동일한 수준으로 변화하였으며, 가온후 40분부터 나타난 O₂의 증가는 호흡수의 증가로 인한 것으로 사료되며, 1시간 이후의 감소는 생체의 내인성 열생산 등으로 O₂의 소비가 많아졌기 때문인 것으로 사료된다.

위의 내용을 종합하여 보면, 고온수군($45 \pm 1^\circ\text{C}$)은 비록 다른 실험군과 유의성은 없었으나 높은 경향을 보인 MAP와 HR에 의해 esophageal temperature와 rectal temperature의 빠른 상승효과를 나타냈다. 그러나 고온수군의 실험종료시의 식도온도는 토끼의 정상 범위의 최고수준보다 약 1°C 이상 높은 $41.1 \pm 0.8^\circ\text{C}$ 로서, 본 실험에서는 특별한 장기의 조직학적 병변은 발견할 수 없었으나, 만약 온도조절장치의 오작동과 함께 이러한 고온수를 이용한 장시간의 식도가온은 식도를 비롯한 흉강내 장기에 치명적인 손상을 줄 수 있다. 따라서 고온수군의 온도대는 식도가온법에 있어서 적합하지 않은 것으로 생각된다.

중온수군($42 \pm 1^\circ\text{C}$)은 다수의 비교항목에서 저온수군과 유사한 결과를 나타냈으며, 다른 실험군과 비교하여 특별히 개선된 효과를 보인 항목은 없다. 중온수군의 관류수온도는 현재까지 발표된 식도가온과 관련된 대다수의 논문에서 보편적으로 사용하고 있는 온도대이다^{3,5,6,7,9}. 그러나 중온수군의 실험종료시의 식도온도는 $39.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 로서 고온수군의 그것과 비교하여 다소 낮은 수준이지만, 관류수의 온도조절장치에 대한 신뢰성이 확보되지 않을 경우에는 심각한 문제를 초래할 수 있다^{5,6,13}.

저온수군($38 \pm 1^\circ\text{C}$)은 비록 다른 실험군들의 관류수 온도보다 낮았으나 중온수군과 비교하여 대다수의 항목에서 유사한 결과를 보였거나, 오히려 MAP와 같이 다소 효과를 나타낸 항목도 있었다. 특히 실험종료시의 식도온도가 $37.3 \pm 1.2^\circ\text{C}$ 로 나타난 것은 이것이 다른 실험군들과 비교하여 앞에서 기술한 온도조절장치에 의한 돌발적인 상황에 대하여 비교적 안전영역이 넓은 온도대라는 것을 간접적으로 나타낸 것이라고 사료된다. Steib, et al.¹³는 순환되는 물의 온도를 42°C 까지 유지한다면 식도가온기의 효능은 높아지지만 식도의 온도에 의한 손상에 관한 추정상의 위험성으로 39°C 의 물로 유지하였다.

따라서 본 실험에서는 관류수의 온도조절장치의 오작동이나 낮은 정밀도 등으로 인하여 발생될 수 있는

과온에 의한 우발적인 상황에 비교적 안전영역대가 넓고, 중온수군과 비교하여 효과면에서 거의 유사하거나 다소 좋은 결과를 보인 저온수군, 즉 $38 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 관류수온도가 식도가온에 있어서 매우 이상적인 온도대인 것으로 판단되어 저체온과 관련된 응급상황의 대처에 매우 유용하리라고 사료된다.

결 론

본 실험은 초저체온증으로 유도된 토끼(NZW)에 대한 회복방법으로서 식도가온법을 연구하기 위하여 수행하였다. 토끼 31두는 직장온도가 $25.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ 에 이를 때까지 대퇴동정맥 후회순환방식으로 계속적으로 냉각시켰다. 실험은 물의 관류온도 차이에 따른 저온수관류 식도가온군($38 \pm 1^\circ\text{C}$), 중온수관류 식도가온군($42 \pm 1^\circ\text{C}$), 그리고 고온수관류 식도가온군($45 \pm 1^\circ\text{C}$)으로 나누어 실험하였다. 식도가온튜브는 특수하게 double-lumen 튜브로 구성되어 있으며, 각각의 온도로 설정된 관류수로 순환되게 고안하였다. 토끼의 식도가온은 총 5시간동안 실시되었다.

본 실험에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

고온수군은 MAP, HR, Esophageal temperature, 그리고 Rectal temperature에서 다른 실험군보다 좋은 효과가 있음을 입증했으며, 중온수군은 RR에서 좋은 결과를 나타냈고, 저온수군은 MAP, RR, 그리고 Esophageal temperature에서 다른 실험군보다 좋은 결과를 얻었다.

따라서 본 실험에서는 관류수의 온도조절장치의 오작동이나 낮은 정밀도 등으로 인하여 발생할 수 있는 과온에 의한 우발적인 상황에 비교적 안전영역대가 넓고, 중온수군과 비교하여 효과면에서 거의 유사하거나 다소 좋은 결과를 보인 저온수군, 즉 $38 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 관류수온도가 식도가온에 있어서 매우 이상적인 온도대라는 결론을 내렸다.

참 고 문 헌

1. Ahn AH. Approach to the hypothermic patient. In Bonagura JD (ed) : *Kirk's Current Veterinary Therapy XII Small Animal Practice*, W. B. Saunders Co, 1995: 157-161.
2. Bay J, Nunn JF, and Prys-Roberts C. Factors influencing arterial pO₂ during recovery from anaesthesia. *Br J Anaesth* 1968; 40: 398-406.
3. Imrie MM, Ward M, and Hall GM. A comparison of patient rewarming devices after cardiac surgery *Anaesthesia* 1991; 46: 44-48.
4. Jiva TM, Yoder EL, Carlson RW. Cold Exposure Injuries In Carlson RW, Geheb MA (eds.) : *Principles and Practice of Medical Intensive Care*. W. B. Saunders Co, 1993: 1633-1644.
5. Kristensen G, Drenck N, et al. Simple system for central rewarming of hypothermic patients. *Lancet* 1986a; 2: 1467.
6. Kristensen G, Gludager H, Gravesen H. Prevention of perioperative hypothermia in abdominal surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 1986b; 30: 314-316.
7. Kristensen G, Gravesen H, Benveniste D, et al. An oesophageal thermal tube for rewarming in hypothermia. *Acta Anaesthesiol Scand* 1985; 29: 846-848.
8. Kristensen G, Gravesen H, Jordening H. Internal rewarming in hypothermia using a specially constructed gastro-oesophageal tube. A non invasive method. *Acta Anaesthesiol Belg* 1984; 35 suppl: 175-177.
9. Ledingham IMcA, Douglas IHS, Routh GS, et al. Central rewarming system for treatment of hypothermia *Lancet* 1980; 1: 1168-9.
10. Patton JF, Doolittle WH. Core rewarming by peritoneal dialysis following induced hypothermia in the dog. *J Appl Physiol* 1972; 33(6): 800-804.
11. Rodriguez JL, Weissman C, Damask MC, et al. Morphine and postoperative rewarming in critically ill patients. *Circulation* 1983; 68: 1238.
12. Soung LS, Swank L, Ing TS, et al. Treatment of accidental hypothermia with peritoneal dialysis. *Can Med Assoc* 1977; 117: 1415.
13. Steib A, Beller JP, Von Bandel M, et al. Oesophageal thermal tube for intraoperative hypothermia in liver transplantation *Acta Anaesthesiol Scand* 1993; 37: 199-202.
14. Truscott DG, Frior WB, Clein LJ. Accidental profound hypothermia: Successful resuscitation by core rewarming and assisted circulation. *Arch Surg* 1973; 106: 216.
15. Vaamonde CA, Michael UF, Metzger RA, et al. Complications of acute peritoneal dialysis. *J Chron Dis* 1975; 28: 637.
16. 이병환, 전원철, 김진영, 김종성, 박정환, 박종성, 한진수, 정병현. 토끼에서 초저체온증의 회복에 관한 연구. *대한수의학회지* 1999; 39(1): 177-188.