

## 온도 및 유량에 따른 흡입 마취제 전용 기화기와 Goldman 기화기의 isoflurane 농도 변화

김성미 · 장화석 · 이정선 · 최치봉 · 임희란 · 최준철 · 김휘율<sup>1</sup>

건국대학교 수의과대학 수의외과학교실

### The Isoflurane Concentration of Precision Vaporizer Goldman Vaporizer According to Room Temperature and Carrier Gas Flow Rate

Sung-mi Kim, Hwa-seok Chang, Jung-sun Lee, Chi-Bong Choi, Hee-ran Im, Joon-chul Choi and Hwi-yool Kim<sup>1</sup>

Department of Veterinary Surgery, College of Veterinary Medicine, Konkuk University

**Abstract :** Anesthetic machines may be equipped with either a precision or nonprecision vaporizer. A precision vaporizer is designed to deliver an exact concentration of anesthetic agent. Goldman vaporizer is a low-flow, closed-circle circuit with a low resistance vaporizer, in circuit. Vaporizers used within circle system(VIC) are not usually temperature compensated and this is generally thought to be a disadvantage. As the volatile agent is vaporized, heat is extracted from the liquid and temperature decreases. This cooling of the liquid leads to a decrease in concentration of the anaesthetic agent delivered by the vaporizer. The purpose of this study is to examine the mechanical consistency of the delivery of isoflurane from Goldman vaporizer and precision vaporizer at various gas flow rates and temperatures. And we first studied isoflurane concentration according to room temperature changes delivered by a Goldman vaporizer and precision vaporizer using different gas flow. The room temperature of 15°C, 20°C, 28°C and fresh gas flow rates of 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 l/min were used. The inspired agent concentration was measured using a Datex-Ohmeda multigas analyzer. As rose in room temperature, the isoflurane concentration of precision vaporizer approximated the dial setting. On the other hand, at a dial setting concentration of 5.0 percent the delivered isoflurane concentration of precision vaporizer was more than the dial setting in high temperature. The isoflurane concentration of precision vaporizer remained constant despite the increase in temperature. The isoflurane concentration of Goldman vaporizer was increased with rise in room temperature and decreased with rise in gas flow.

**Key words :** goldman vaporizer, temperature, precision vaporizer, isoflurane concentration.

## 서 론

기화기는 마취기의 한 중요부분으로 복잡하게 구성되어 있으며 휘발성 액체 흡입 마취제를 기화시키는 역할을 담당한다<sup>13</sup>.

Morton이 휘발성 흡입마취제인 ether를 환자에게 흡입시켜 전신마취를 시행하므로써 흡입 마취 방법의 공적을 입증하는 시초가 되었다<sup>16</sup>. 1960년대 초 우리나라에서도 주로 사용되었던 흡입마취제는 ether였으며 이 때의 기화기로는 유리 통 속에 굵은 심지(wick)가 매달려 있는 ether 기화병으로 기화능력이 떨어지고, 농도의 정확성이 없으며, 열에너지를 공급할 능력이 적은 것이었다<sup>28</sup>. 그 후 Magil에 의해서 기관 내 삽관마취가 개발되었고, Waters에 의해 이산화탄소 흡착제를 이용한 폐쇄순환식 마취방법이 개발되었다<sup>12,21,27</sup>.

따라서 기존의 개방점적법이나 흡입기를 통한 흡입 마취 방법과는 다른 폐쇄순환식 마취방법에 착안한 마취기계들이

만들어졌고, 주위 온도 변화에 관계없이 일정한 농도로 기화되고 정확한 마취가스 농도 조절이 가능한 기화기를 추구하게 되었다<sup>27</sup>. 어느 정도 온도를 일정하게 유지시킬 수 있는 열 보유도가 큰 구리를 사용하여 만든 Copper Kettle기화기는 ether마취시 널리 사용되어지고 있으나 매개가스 유출량의 영향을 받는다고 보고되었다<sup>5,27</sup>. 강력한 흡입마취제인 halogen 화 화합물이 사용되면서 정확한 농도를 제공하는 기화기가 요구되어 각 약제를 위한 전용 기화기가 만들어져 이런 기화기를 "마취제 전용기화기"(agent specific vaporizer, Tec Type, Variable Bypass Type)라고 알려져 있다<sup>28</sup>.

이상적인 기화기란 온도 변화, 마취제의 양, 역류압(back pressure), 운반 가스 종류 및 유량( flow rate)과 관계없이 비교적 일정해야 한다고 알려져 있다<sup>14</sup>. 이런 이상적인 기화기내에는 온도 변화에 대처하기 위한 온도 보상장치(temperature compensating device)가 있는데 이것은 열 팽창율이 다른 두개의 금속, 즉 놋쇠와 니켈을 붙여 만든 것으로 온도 변화에 따라 마취제 출구의 크기를 변동 시키므로서 농도를 일정하게 유지시켜주는 역할을 한다고 보고되었다<sup>7,8,20,26</sup>.

<sup>1</sup>Corresponding author.  
E-mail : hykim@konkuk.ac.kr

한편, 우리 나라의 일부 개인 동물 병원에서는 non-precision 기화기인 Goldman 기화기를 사용하고 있는 실정이다. Goldman 기화기는 온도 보상이 되지 않는 단점을 가지고 있을 뿐 아니라 VIC(vaporizer in circle)형태로 기화기가 회로 내에 설치되어 있어 어느 정도 마취 농도를 포함한 환자의 호기가 다시 흡기로 전환되어 기화기를 통과하므로 마취 가스의 농도가 기대 이상으로 올라가서 위험을 초래할 수 있을 뿐 아니라 환자에게 공급되는 마취제의 농도를 정확하게 알 수 없다고 알려져 있다.<sup>4,13,28</sup>

본 연구는 국내 동물병원에서 사용하고 있는 Goldman 기화기와 마취제 전용 기화기의 온도 및 유량에 따른 isoflurane 배출 농도의 변화를 관찰하였다.

**재료 및 방법**

**재 료**

5개의 Goldman 기화기(Komesaroff Small Animal Closed Circuit Anaesthetic Machine; Minikomv 1TM)와 5개의 precision 기화기(Royal Medical Co.,Ltd)의 온도에 따른 농도의 정확성을 평가하였다. 이 모든 연구에서 실험실의 면적은 5×3.5 m이고 온도 조절이 가능한 전용 실험실(주식회사 로알메디칼 파주공장 조립검사실)을 사용했다. 기화기의 농도 측정은 Datex 농도 측정기(Capnomac Ultima, Datex)를 사용하였으며 사용전에 calibration 하였다. 마취제로는 isoflurane (Rhodia isoflurane: Rhodia Organique Fine Ltd., 100 ml중 100% isoflurane liquid)을 사용하였다.

**방 법**

대상 기화기는 전용 실험실에서 3가지 온도 (15°C, 20°C, 28°C)로 지정하고 호흡(폐쇄형) 회로 중 기화기의 배기구 쪽에서 호흡 회로와의 연결을 차단(disconnect)하여 배기구 쪽에 호흡낭(3 l)을 장착하여 폐쇄시켰다. Y형 연결관과 배기구 사이끝에 가스 농도를 측정하기 위한 sampling 연결관을 설치하여 기화가스를 측정하였다. 이 때 운반가스(carrier gas)는 air를 사용하였고 운반가스의 유량은 0.5, 1, 1.5, 2, 3 l/min으로 하였다. Precision 기화기의 눈금 설정(dial volume setting)은 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 5 vol%로 하였으며 Goldman 기화기는 setting 1, setting 2, setting 3, ON으로 하였다.

Precision 기화기의 농도설정 0.5 vol% 시 운반가스의 유량을 0.5, 1, 1.5, 2, 3 l/min으로 각각 증가시켜 Y 연결관 끝에 나오는 isoflurane의 농도를 측정하였으며 그 후 기화기 눈금 설정을 1, 1.5, 2, 3, 5 vol%로 각각 설정 한 후 같은 방법으로 유량을 증가시키며 isoflurane의 농도를 측정하였다. Goldman 기화기에서는 기화기의 농도설정 setting 1에서 운반가스의 유량을 0.5, 1, 1.5, 2, 3 l/min으로 각각 증가시켜 Y자형 연결관 끝에 나오는 isoflurane의 농도를 측정하였으며 그 후 기화기 dial setting을 setting 2, setting 3, ON으로 각각 설정 한 후 같은 방법으로 유량을 증가시키며 isoflurane의 농도를 측정하였다. 각각의 유량 측정시간은 처

음 5분까지는 매 1분씩 그리고 10분에 측정하였다.

**결 과**

**Precision 기화기에서 온도 변화에 따르는 isoflurane 흡입농도 변화의 결과**

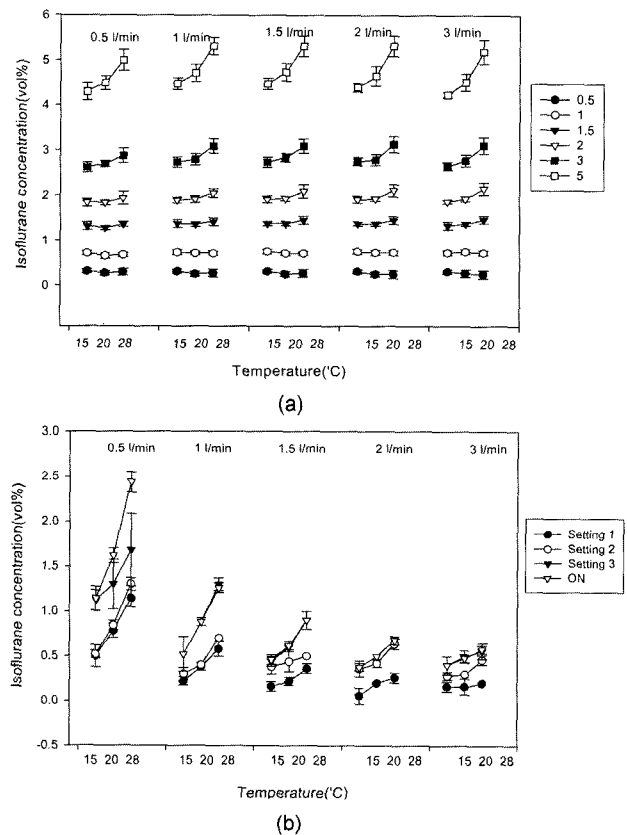
각 군에서 유량이 2 l/min인 경우 온도 변화에 따르는 isoflurane의 흡입 농도 변화를 나타내었다.(Fig 1)

Dial volume setting 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 5의 온도 15°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 각각 0.32±0.04, 0.76±0.05, 1.38±0.04, 1.92±0.08, 2.76±0.09, 4.4±0.1%로 나타났다. 28°C에서 isoflurane 흡입 농도는 2, 3, 5 vol% 경우에만 15, 20°C보다 유의성 있는 증가를 가져왔다.

**Goldman 기화기에 온도 변화에 따르는 isoflurane 흡입 농도 변화의 결과**

각 군에서 유출량이 0.5 l/min인 경우 각 온도 15°C, 20°C, 28°C에 있어서의 setting 1, setting 2, setting 3, ON의 isoflurane 흡입 농도를 나타내었다.(Fig 1)

Setting 1, setting 2, setting 3, ON의 온도 15°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 각각 0.50±0.12, 0.52±0.04, 1.12±



**Fig 1.** Delivered isoflurane concentrations from the precision vaporizer(a) and Goldman vaporizer(b) at varying temperatures and continuous gas flows. Precision vaporizer settings 0.5-5; Goldman vaporizer settings setting 1-ON.

0.10,  $1.14 \pm 0.13\%$ 으로 나타났다. 20°C와 28°C에서 유의성이 인정된 isoflurane 흡입 농도의 변화를 살펴보면 20°C의 경우  $0.78 \pm 0.08$ ,  $0.84 \pm 0.05$ ,  $1.3 \pm 0.27$ ,  $1.62 \pm 0.08\%$ 로 15°C보다 증가 양상을 보이거나 유의성은 setting 1, setting 2, ON에서만 인정된다. 28°C에서는  $1.14 \pm 0.09$ ,  $1.30 \pm 0.05$ ,  $1.68 \pm 0.40$ ,  $2.44 \pm 0.11\%$ 로 setting 1에서는 100%의 증가 경향을 보였으며 setting 2에서는 150%, setting 3은 50%, ON에서는 114%의 차이로 15°C와 비교해 유의성 있는 증가를 보였다.

각 군에서 유출량이 1.0 l/min, 온도에 있어서의 setting 1, setting 2, setting 3, ON의 isoflurane 흡입 농도를 나타내었다.(Fig 1)

Setting 1, setting 2, setting 3, ON의 온도 15°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 각각  $0.22 \pm 0.04$ ,  $0.30 \pm 0.07$ ,  $0.52 \pm 0.19$ ,  $0.52 \pm 0.19$ 로 20°C에서는  $0.38 \pm 0.04$ ,  $0.40 \pm 0.00$ ,  $0.88 \pm 0.04$ ,  $0.88 \pm 0.04$ 로 나타났으며 28°C에서는  $0.58 \pm 0.08$ ,  $0.70 \pm 0.00$ ,  $1.30 \pm 0.07$ ,  $1.26 \pm 0.05$ 로 나타났다. 20°C에서는 모든 군에서 15°C와 비교해 유의성 있는 증가를 보였으며 28°C에서도 모든 군에서 15°C와 150% 이상의 차이를 보였다.

각 군에서 유출량 1.5 l/min, 온도에 있어서의 setting 1, setting 2, setting 3, ON의 isoflurane 흡입 농도를 나타내었다.(Fig 1)

Setting 1, setting 2, setting 3, ON의 온도 15°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 각각  $0.16 \pm 0.05$ ,  $0.38 \pm 0.08$ ,  $0.44 \pm 0.05$ ,  $0.46 \pm 0.05$ 로 나타났다. 20°C에서 setting 1, setting 2, setting 3, ON은  $0.22 \pm 0.04$ ,  $0.44 \pm 0.11$ ,  $0.60 \pm 0.00$ ,  $0.62 \pm 0.04$ 로 15°C보다 증가 양상을 보이거나 유의성은 setting 3, ON에서만 인정된다. 28°C에서는 setting 1에서 15°C와 비교해 125% 증가 경향을 보였으며 setting 3와 ON에서는 100% 이상의 유의성 있는 증가를 가져왔다.

각 군에서 유출량 2.0 l/min, 각 온도에 따른 setting 1, setting 2, setting 3, ON의 isoflurane 흡입 농도를 나타내었다.(Fig 1)

Setting 1에서의 15°C, 20°C, 28°C의 isoflurane 흡입 농도는 각각  $0.06 \pm 0.09$ ,  $0.20 \pm 0.00$ ,  $0.26 \pm 0.05\%$ 로 28°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 15°C에 비해 300%나 증가하는 경향을 보였다. Setting 2에서의 각 온도의 isoflurane 흡입 농도는  $0.36 \pm 0.09$ ,  $0.42 \pm 0.04$ ,  $0.64 \pm 0.05\%$ 로 setting 1.0보다는 낮은 비율로 증가하지만 28°C isoflurane 흡입 농도가 15°C에 비해 77%나 유사하게 증가를 하였으며 setting 3, ON의 경우에서도 온도 28°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 온도 15°C에 비해 88%의 차이를 보였다.

각 군에서 유출량 3.0 l/min, 각 온도에 따른 setting 1, setting 2, setting 3, ON의 isoflurane 흡입 농도를 나타내었다.(Fig 1)

Setting 1, setting 2, setting 3, ON의 온도 15°C에서의 isoflurane 흡입 농도는 각각  $0.16 \pm 0.05$ ,  $0.28 \pm 0.04$ ,  $0.40 \pm 0.10$ ,  $0.40 \pm 0.10$ 으로 나타났으며 온도 28°C에서만 setting

2, setting 3, ON의 경우 15°C보다 60% 정도의 유의성 있는 증가를 보였고 특히 setting 2에서는 20°C와 비교할 때에도 유의성 있는 증가를 가져왔다.

### Precision 기화기에서 유출량에 따르는 isoflurane 흡입 농도 변화의 결과

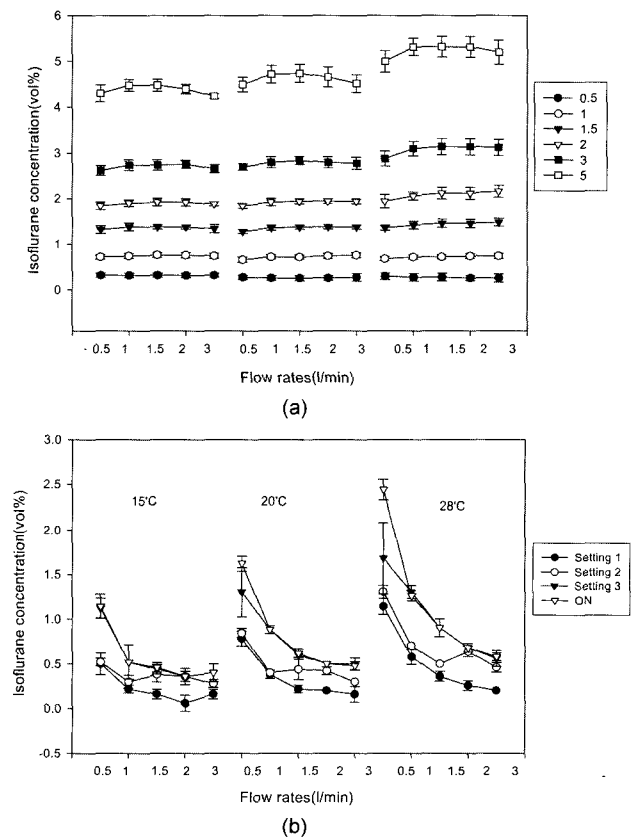
각 군에서 온도 15°C, 20°C, 28°C 경우 유량 변화(0.5, 1, 1.5, 2, 3 l/min)에 따르는 isoflurane 흡입 농도의 변화를 나타내었다.(Fig 2a)

각 군내의 유량 0.5, 1, 1.5, 2, 3 l/min 변화에 따른 isoflurane 흡입 농도의 결과는 유의성이 없었다.

### Goldman 기화기에서 유량에 따르는 isoflurane 흡입 농도 변화의 결과

각 군에서 온도 20°C에서 유량 변화에 따르는 isoflurane 흡입 농도의 변화를 나타내었다.(Fig 2b)

Setting 1, setting 2, setting 3, ON의 유량 0.5 l/min에서의 isoflurane 흡입 농도는 각각  $0.78 \pm 0.08$ ,  $0.84 \pm 0.05$ ,  $1.3 \pm 0.27$ ,  $1.62 \pm 0.08\%$ 로 나타났다. 유량 1.0 l/min에서 setting 1, setting 2, setting 3, ON에서의 isoflurane 흡입 농도는  $0.38 \pm 0.04$ ,  $0.40 \pm 0.00$ ,  $0.88 \pm 0.04$ ,  $0.88 \pm 0.04\%$ 로



**Fig 2.** Delivered isoflurane concentrations from the precision vaporizer(a) and Goldman vaporizer(b) at varying continuous gas flows and temperatures. Precision vaporizer settings 0.5-5; Goldman vaporizer settings setting 1-ON.

모든 군에서 유량 0.5 l/min과 비교해 유의성 있는 감소를 보였으며 특히 setting 1에서는 50% 이상 감소하는 경향을 보였다.

1.5, 2.0, 3.0 l/min에서 유의성이 인정된 isoflurane 흡입 농도의 변화를 살펴보면 setting 1의 경우  $0.22 \pm 0.04$ ,  $0.20 \pm 0.00$ ,  $0.16 \pm 0.09\%$ 로 0.5와 1.0 l/min보다 감소하였고 0.5 l/min과는 79%나 감소 경향을 보였으며, setting 2의 경우 1.5, 2.0, 3.0 l/min의 isoflurane 흡입 농도는  $0.44 \pm 0.11$ ,  $0.42 \pm 0.04$ ,  $0.30 \pm 0.00\%$ 로 0.5 l/min보다 감소하였고, 특히 3.0 l/min의 경우에는 1.5 l/min보다 감소하였다. Setting 3과 ON의 경우 1.5, 2.0, 3.0 l/min의 isoflurane 흡입 농도는 0.5, 1.0 l/min보다 61% 이상 감소경향을 보였고, 특히 ON의 경우에서 2.0, 3.0 l/min의 isoflurane 흡입 농도는 1.5 l/min보다 감소하였다.

## 고 찰

이상적인 기화기는 유량, 온도, 역류압, 운반 가스에 관계 없이 일정한 농도를 기화시켜야 한다고 알려져 있다<sup>15</sup>. 폐쇄 순환식 기화기(VIC)는 온도 보상장치와 역류압 보상 장치가 되지 않는 단점을 지니고 있으며 낮은 유량으로 회로 내에서 순환하는 방식을 가지고 있다고 알려져 있다<sup>4,12,22,30</sup>. 이런 VIC 단점에 대해 Thurmon과 benson은 폐쇄순환 방식에 의해 회로내에 높은 마취가스 농도가 증가하게 되어 과탄산증을 관찰하였다고 보고하였다<sup>16</sup>. 또한 기화된 마취액의 농도가 정확하게 알려져 있지 않기 때문에 오직 control lever setting으로만 적용해야 하며 이런 이유로 환자에게 공급되는 마취제의 농도를 정확하게 알 수 없게 되어 위험을 초래할 수 있다고 알려져 있다<sup>12,30</sup>.

이런 VIC 형태로 된 기화기 중에는 Ohio No. 8, Goldman 기화기가 있다고 보고되었다<sup>30</sup>. 본 실험에서는 VIC형태로 된 Goldman기화기를 가지고 precision 기화기와 비교 연구하였다.

Bednarsky는 기화기로부터 기화된 마취가스의 이동은 중요한 인자로 작용하는 온도에 의존하게 된다고 말하였다<sup>2</sup>. Goldman 기화기는 자동적으로 온도 보상이 되지 않으며 이로 인해 실내 온도를 거의 20°C 하에서만 사용 할 수 있다고 보고하였다<sup>2</sup>. 마취액을 기화시키면 마취액에서 열이 발산하며 온도가 감소하게 된다고 알려져 있다<sup>4</sup>. 마취액의 온도 저하는 기화기를 통해 기화된 마취액의 농도를 감소시키게 된다고 보고되었다<sup>4</sup>.

본 실험에서는 실내 온도에 따라 Goldman기화기와 precision 기화기에서 나타나는 isoflurane의 흡입 농도를 측정하여 비교하였다.

본 실험의 Goldman기화기에서는 28°C 경우 20°C보다 isoflurane흡입 농도가 Dial volume setting인 setting 1, setting 2, setting 3, ON의 모든 군에서 유사한 증가를 하였고 15°C 경우에도 20°C에 비해 유사한 감소를 나타냈다. 특히 Goldman기화기에서는 현재 임상에서 일반적으로 이용

되는 조건인 저유량(0.5 l/min과 1.0 l/min)의 경우 20°C와 28°C에서 15°C보다 유의성 있는 증가를 보였으며 특히 28°C에서는 20°C에서도 증가를 나타내어 각각의 온도에 대해 유의성 있는 증가를 보였다. 이러한 결과는 Brosnan 등에 의한 실험 및 여러 보고 결과와 비교하여 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었다<sup>4</sup>. 이와 같은 효과는 두가지 금속의 조각(Bimetallic strip)이나 팽창부(expansion element)로 온도 보상장치가 되어 있어 다양한 온도에서도 일정한 기화농도를 유지하는 precision기화기와는 달리 Goldman기화기는 온도 보상 장치가 되지 않는 단점을 가지고 있기 때문에 사료되어진다<sup>2,7,18,20,21</sup>. Goldman기화기는 구조 자체가 유리병으로 되어있어 주위 온도에 영향을 많이 받는다. 기화기 내의 마취액의 표면으로 발생하는 증발(evaporation)은 기화기 내 마취액 농도를 증가시킨다. Rodgers와 Hill이 dial volume setting이 일정한 경우 온도에 따라 isoflurane의 농도가 비례하는 Antoine 반응식에 따라 최대 농도는 포화된 기화 압력(SVP)을 뜻하며 마취액과 온도에 따라 달라지게 된다고 하였다<sup>20</sup>. 기화기내 열 형태의 에너지가 액체에서 gas로 변하기 때문에 마취액의 표면으로부터의 증발은 온도 감소를 야기시키게 된다. 또한 Goldman 기화기처럼 온도 증가 시 isoflurane의 농도 증가는 임상에 있어서 수술실과 마취기 체계의 온도차이에 의하여 호흡관 안에 응축수가 고여서 호흡관을 폐쇄시켜 위험을 초래할 수 있다는 보고가 있다<sup>33</sup>. 그러나 Brosnan 등에 의한 실험에서는 임상 연구에서 온도가 감소함에도 불구하고 isoflurane농도 자체는 감소하지 않고 일정한 농도를 유지한다고 보고되었다<sup>4</sup>. 이는 Bench test와는 다르게 volume setting자체를 설정하지 않고 농도 측정기의 모니터를 이용해 isoflurane의 농도를 유지하며 volume setting을 변화 시킨 것으로 사료되어진다.

본 실험의 Goldman기화기에서 고유량 3.0 l/min의 경우 온도에 따른 유의성은 없었다. 이는 기화기의 입구를 통해 많은 양의 유량이 통과함에 따라 온도와 관계없이 isoflurane의 미세한 농도가 측정되어진것으로 사료되어진다.

본 실험의 Precision기화기에서는 대체적으로 온도에 따른 isoflurane흡입 농도가 일정하였으나 dial volume setting이 3.0과 5.0 vol% 경우 온도 28°C에서 15°C와 20°C보다 isoflurane의 흡입 농도가 유의하게 증가하였다. 이는 volume setting을 최대로 조정된 상태에서 극한 고온상태에서 측정되어진 결과로 일반적인 isoflurane의 MAC 1.2 vol%에서 심마취시 사용되는 2.0 vol%가 아닌 volume setting이 5.0 vol% 시에는 mask induction시에 사용되기 때문에 수술 하는 도중의 마취에 대한 위험에 있어 크게 영향을 미치지 않을 것이라고 추정되어진다.

VIC 형태의 기화기에 있어서 온도 보상 장치뿐만 아니라 유량에 대한 보상 장치가 되어 있지 않다고 알려져 있다<sup>12</sup>. 이런 VIC 형태의 기화기를 통한 매개 가스의 유량의 증가는 호흡수 증가를 유발하며 그로 인해 마취의 증폭을 증가시킬 것이라고 보고되었다<sup>12</sup>. 결국에는 높은 매개가스 유량은 마취 기화기내에서의 온도를 감소시키며 마취 농도 또한 감소시

키게 된다고 알려져 있다<sup>12</sup>.

Bosnan 등<sup>4</sup>에 의한 실험에 있어서는 Goldman 기화기에서 매개 가스(산소 50%와 아산화질소 50%)유출량과 isoflurane 농도의 관계를 실험한 결과 저 매개가스 유출량의 경우에는 고농도로 고 매개가스 유출량의 경우에는 저농도로 나타났다고 한다. 본 실험에서는 매개 가스 유량을 변화시키며 Goldman기화기와 Precision 기화기의 isoflurane농도를 측정 비교하였다. Precision 기화기에서는 모든 군에 있어서 유량이 증가함에 따라 isoflurane 농도 변화는 유의성이 없었다. Goldman 기화기에서는 유량 0.5 l/min의 경우 유량이 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 l/min으로 증가함에 따라 유의적인 감소를 보였으나 유량 1.0 l/min에서 3.0 l/min까지는 isoflurane의 농도의 감소를 나타내나 거의 유의적인 차이가 없는 수준으로 감소되었다. 이는 낮은 유량으로 기화되는 Goldman기화기의 특징으로 유량이 증가함에 따라 기화기를 통과하는 유량조절의 통로와 유량을 조절하는 lever의 오류로 사료되어진다.

따라서 Goldman기화기에서 실제 isoflurane흡입농도는 같은 매개가스 유량 하에서는 온도 증가에 따라 증가하고 같은 온도 하에서는 매개 가스 유출량의 증가에 따라 감소하는 본 연구의 결과를 감안하여 실제 임상 마취에 적용할 때에는 실제 isoflurane 마취제 흡입 농도의 변화를 고려하여 환자 관리에 임하는 것이 매우 중요하다고 사료된다.

## 결 론

본 연구는 precision 기화기와 Goldman 기화기를 각각 5대를 사용하여 온도 변화와 매개 가스 유출량의 변화에 따르는 실제 isoflurane의 흡입농도를 Datex-Ohmeda가스 분석기로 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. Goldman 기화기에서 온도가 15°C, 20°C, 28°C로 증가함에 따라 isoflurane의 흡입 농도가 증가하는 경향을 나타내었다. Precision기화기에서는 dial volume setting이 최대인 5%시에서만 온도의 변화에 따라 유의한 증가를 나타냈다. 매개 가스 유출량이 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 l/min으로 증가시 Goldman 기화기에서는 isoflurane의 흡입농도가 감소하는 경향을 보였으나 precision 기화기에서 유량이 증가함에 따라 isoflurane의 흡입농도의 변화는 유의성이 없었다.

## 참 고 문 헌

- Andrews JJ, Johnston RV Jr, Kramer GC. Consequences of misfilling contemporary vaporizers with desflurane. *Can J Anaesth* 1993; 40(1): 71-76.
- Bednarski RM, Gaynor JS, Muir WW. 3rd. Vaporizer in circle for delivery of isoflurane to dogs. *J Am Vet Med Assoc* 1993; 202(6): 943-948.
- Bewley JS, Eltringham RJ, Sanderson P. Closed circuit anaesthesia in ventilated patients using the Komesaroff vaporizer within the circle. *Anaesth Intensive Care* 1998; 26(5): 558-562.
- Brosnan S, Royston B, White D. Isoflurane concentrations using uncompensated vaporizers within circle systems. *Anaesthesia* 1998; 53(6): 560-564.
- Craig GR, Berry CB, Yeats MJ. An evaluation of the Universal PAC and oxford miniature vaporizers for paediatric field anaesthesia. *Anaesthesia* 1995; 50(9): 789-793.
- Feldman SA, Morris LE. Vaporization of halothane and ether in the copper kettle. *Anesthesiology* 1958; 19(5): 650-655.
- Garden AL, Haberkern CM, Buckon ME, Baptiste DV. Output from a Drager vapor 19.1 on a moving trolley. *Can J Anaesth* 1997; 44(2): 227-228.
- Gusterson FR, Clark JM. The use of the Goldman halothane vaporizer in the closed circuit. *Br J Anaesth* 1960; 32: 388-393.
- Harrison GR. The contamination of volatile anaesthetics in an in-circle vaporizer with water during prolonged closed-circle anaesthesia. *Anaesthesia* 2000; 55(8): 791-792.
- Komesaroff D. A new anesthetic machine and technic with particular application to developing areas. *Anesth Analg* 1973; 52(4): 605-613.
- Lin CY. Assessment of vaporizer performance in low-flow and closed-circuit anesthesia. *Anesth Analg* 1980; 59(5): 359-366.
- McKelvey D, Hollingshead KW. Anesthetic equipment. In: *Small animal anesthesia and analgesia*, 2nd ed. St.Louis: Mosby. 2000: 147-190.
- Morris LE. A new vaporizer for liquid anesthetic agents. *Anesthesiology* 1952; 13(6): 587-593.
- Muir WW, Hubbell JAE, Skarda RT, Bednarski RM. Anesthetic machines and breathing systems. In: *Handbook of veterinary anesthesia*, 3rd ed. St. Louis: Mosby. 2000: 210-231.
- Paddleford RR. Anesthetic equipment. In: *Manual of small animal anesthesia*, 2th ed. New York: Churchill Livingstone. 2000: 89-109.
- Piedra AG, Pereira JL, Agut A. Efficacy of the Komesaroff anesthetic machine for delivering isoflurane to dogs. *Vet Rec* 1998; 143(16): 437-440.
- Revell SP, Tayler DH. Isoflurane in a circle system with low gas flow. *Br J Anaesth* 1987; 59(10): 1219-1222.
- Richardson W, Carter KB. Evaluation of keyed fillers on TEC vaporizers. *Br J Anaesth* 1986; 58(3): 353-356.
- Robins DW. Closed system enflurane in oxygen. *Anaesthesia* 1983; 38(1): 56-60.
- Rodgers RC, Hill GE. Equation for vapour pressure versus temperatures ; derivation and use of the Antoine equation on a hand-held programmable calculator. *British Journal of Anaesthesia* 1978; 50: 415-424.
- Stoelting RK, Miller RD. Anesthesia systems. In: *Basics of Anesthesia*, 3rd ed. New York: Churchill Livingstone. 1994: 131-147.
- Stokes JW. Use of air to maintain nitrogen stores during low flow and closed circuit anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 1994; 22(4): 391-393.
- Thurmon JC, Tranquilli WJ, Benson GJ. Equipment and monitoring. In: *Essentials of small animal anesthesia and analgesia*. Philadelphia: Wolters Kluwer. 1999: 225-291.
- Waters RM. Clinical scope and utility of carbon dioxide infiltration in inhalation anesthesia. *Anesth Analg* 1924; 3: 20.
- Weir HM, Kennedy RR. Infusing liquid anaesthetics into a closed circuit. *Anaesth Intensive Care* 1994; 22(4): 376-379.

26. White SA, Strunin L. Anaesthesia with the Boyle's bottle vaporizer. *Anaesthesia* 1996; 51(10): 939-942.
27. William W, Muir III, Jennifer Gadawski. Cardiorespiratory effects of low-flow and closed circuit inhalation anesthesia, using sevoflurane delivered with an in-circuit vaporizer and concentrations of compound A. *Am J Vet Res* 1998; 59(5): 603-608.
28. Wright D, Bronsnan S, Royston B, White D. Controlled ventilation using isoflurane with an in-circle vaporizer. *Anaesthesia* 1998; 53(7): 650-653.
29. Young DA, Brosnan SG, White DC. A semiquantitative analysis of the dynamics of a Goldman-type vaporizer. *Anaesthesia* 2000; 55(6): 557-570.
30. 김수연, 이윤우, 이영석, 김진수, 남승철, 김종례. 불량 기화기로 인한 할로탄의 과량투여. *대한마취과학회지* 1988; 21: 1019-1023.
31. 김순임. 할로텐 흡입농도에 대한 임상적 연구. *대한마취과학회지* 1984; 17: 27-32.
32. 대한마취과학회 교과서 편집위원회. *마취과학*. 서울: 여문각, 2002: 46-57.
33. 배기열, 류길수, 김향미, 주진철. 개인 병원 마취기 기화기의 정확도에 관한 조사. *대한마취과학회지* 1996; 30: 658-662.
34. 승익상. PhysioFlex 마취기를 이용한 폐쇄식과 반폐쇄식 마취방법에 따른 마취제 소모량 비교. *대한마취과학회지* 1998; 34: 758-763.
35. 승익상. 폐쇄식 마취용 physioFlex 마취기의 임상 사용경험. *대한마취과학회지* 1999; 36: 571-576.