신선가스 유량과 신선가스 우회

반폐쇄식 회로를 이용한 기계환기에서 신선가스 유량(fresh gas flow, FGF)과 호흡일에 대한 유해선 선생님의 논문을 매우 관심 있게 읽어보았다.[1] 관련된 다른 연구자의 논문에서는 FGF가 환자의 흡기 시 호흡매개변수에 미치는 영향을 '자발호흡' 중인 환자를 대상으로 연구하였는데, FGF가 감소하여도 환자의 호흡 매개변수와 호흡일에는 영향을 미치지 않는다고 보고하였다.[2] 이번에 보고된 논문에서는 '기계환기' 중인 환자를 대상으로 비슷한 연구를 시행하여 유사한 연구 결과를 보고하였다.[1]

논문의 서론과 고찰에서 "폐쇄순환마취(closed circuit anesthesia, CCA)는 .....(고유량마취에 비해) FGF가 감소함에 따라, 환자의 흡기유량이 감소되고 흡기 시 기도내압 저하에 의해 호흡일을 증가시키며..." (서론), "반폐쇄 순환 마취기를 이용하여 CCA를 시행하면 마취회로 내로 공급되는 FGF가 감소하고 환자의 흡기유량이 감소하므로 흡기 시 기도내압 저하에 의해 호흡일이 증가할 것으로 추정할 수 있다" (고찰)고 기술하였고, 이러한 서술의 논리적 근거는 다음과 같다.

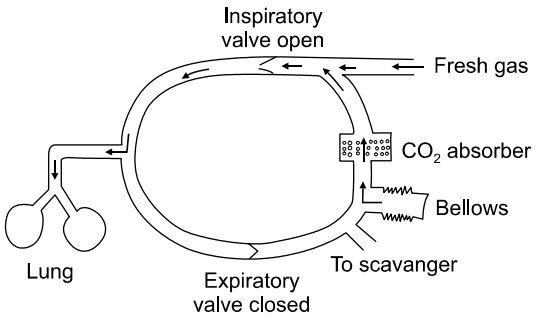

Fig. 1. Schematic representation of the circuit of traditional anesthesia machine. Fresh gas enters patient's lung with preset bellows' gas (tidal volume) during inspiration.

전통적인 마취기는 기계환기 흡기 중 마취기에서 설정한 일회 호흡량과 FGF가 합쳐져서 환자의 폐로 들어가는 최종 흡기유량(final inspiratory flow, FIF)을 결정하게 된다(Fig. 1).[3] 논문의 자료로 가상 예를 만들어 확인해 보면, 체중 60 kg의 환자를 일회 호흡량 10 ml/kg, 호흡수 분당 10회로 기계환기시킨다고 가정하자. 참고로, 이러한 호흡매개변수를 측정하는 연구의 방법을 기술할 때는 일회 호흡량과 분당 호흡수와 더불어 흡기 시간이나 흡기 호기 비율(I : E ratio), 최대흡기량(peak gas flow) 중 하나와 유량 모양(flow pattern)을 기술해 주어야 다른 연구자가 똑같이 재현할 수 있어 다른 논문에서는 추가되었으면 좋겠다. 이번 예에서는 I : E ratio를 1 : 2로 놓았다고 가정하고 유량 모양은 직사각형 모양(rectangular flow pattern)이라고 가정하자. 그러면, 600 ml의 일회 환기량을 2초 동안 공급(분당 10회이므로 한 번 호흡은 6초, 1 : 2의 I : E ratio에서 흡기는 2초)하게 되므로 1초 동안에는 300 ml의 가스(300 ml/sec)가 bellows로부터 환자의 폐로 공급되게 된다. 여기에 전통적인 마취기에서는 FGF가 더해지므로, 논문에서와 같이 반폐쇄순환마취(semi-closed circuit anesthesia, SCCA)군에서 4 L/min, CCA군에서 0.3 L/min의 FGF가 더해지는 것을 계산해보자. SCCA군의 4

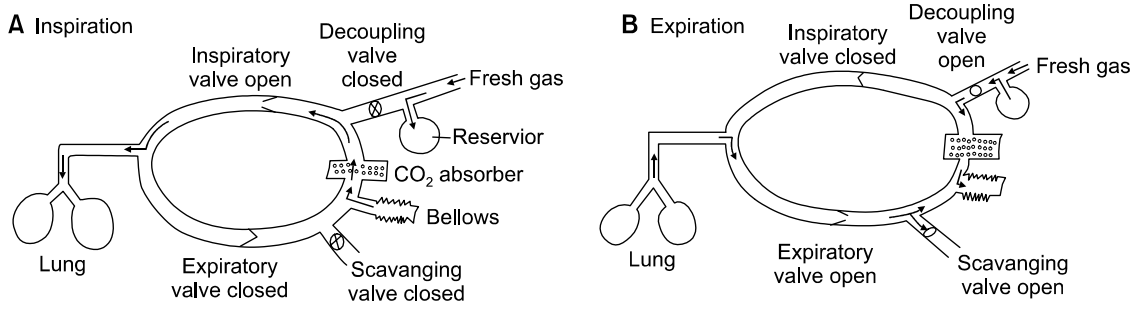

Fig. 2. Schematic representation of the circuit of anesthesia machine with fresh gas decoupling. (A) None of fresh gas enters patient's lung with preset bellows' gas (tidal volume) during inspiration. (B) It enters circuit during expiration.

L/min은 초당으로 환산하면 약 67 ml/sec가 되고, CCA군의 0.3 L/min은 초당으로 환산하면 약 5 ml/sec가 되므로 전통적인 마취기에서 본 연구와 같은 설정으로 실행하면 SCCA군에서는 367 ml/sec의 가스가 환자에게 공급되고, CCA군에서는 305 ml/sec의 가스가 환자에게 공급된다. 즉, SCCA군에서는 환자 폐에 들어가는 FIF가 약 730 ml (2초간)가 되고, CCA군에서는 610 ml가 되므로, 약 120 ml의 FIF 차이가 발생하게 된다. 그래서, 앞서 기술한 서론과 고찰에서와 같이 CCA에서는 FGF가 감소하여 기도내압이 저하되고, 호흡일이 증가하리라는 것이 예상되었다.

그러나 연구의 결론에서는, "반폐쇄 순환 마취기를 이용하여 SCCA와 CCA 시, FGF가 감소하여도 환자의 호흡 매개변수....는 변화하지 않았다"라고 기술하였다. 이렇게 예상과 정반대의 결과가 도출되게 된 이유는 다음과 같다.

전통적인 마취기에서 흡기 중 FGF와 bellows 가스가 혼합되는 방법은 barotrauma 가능성이 단점이다. 그래서, 이를 보완하기 위해 신선 가스 우회(fresh gas decoupling, FGD)방법이 도입되었다. FGD 방법이란, 흡기 중에 FGF를 다른 곳으로 가게 하고, bellows (piston 사용 제품도 있다)에서 나온 가스만 환자에게 들어가게 하며, 다른 곳에 모아 둔 FGF는 호기 중에 bellows에 들어가게 하는 방법이다(Fig. 2). 이러한 시스템을 사용하면 FIF가 bellows에서 나오는 가스 양에 의해서만 결정되므로 전통적인 마취기의 단점을 방지할 수 있다. 그래서 이러한 FGD 방법이 최근에 출시되는 마취기에 많이 채용되고 있다.[3] Drager 회사도 이러한 FGD 방법을 채용한 제품들을 다양하게 출시하였는데, 그 중 하나가 연구에서 사용된 Cato® (Drager, Cato® edition, Germany)이다.[4] Cato®가 FGD 방법을 채용하였으므로 앞서 계산한 각 군의 초당 흡기량 367 ml/sec (SCCA군), 305 ml/sec (CCA군)는 본 연구의 피험자에게 적용이 되지 않았고, 두 군 모두 300 ml/sec (bellows 설정 일회 호흡량)의 흡기 유속으로 호흡을 시행하였고, 이러한 상황에서 호흡 매개 변수가 측정되어 연구 결과를 제시하게 된 것이다. 그래서, 예상과는 달리 "FGF를 변화하여도 환자의 호흡 매개 변수가 변화하지 않았다"는 결론을 내렸으나, 실제로는 "FGF는 변화하였어도 마취기의 특성(FGD방법)에 의해 '동일한 최종 흡기유량(FIF)이 투여되어' 호흡매개 변수가 변화하지 않았다"라는 연구 결과를 발표하게 된 것이다.

결론적으로, FGF 관련하여 마취기를 구분한다면, FGD 방법을 채용한 마취기와 채용하지 않은 마취기가 존재하므로, FGF 관련 연구를 수행할 때는 마취기의 FGD 채용 여부를 확인하고, 필요에 따라 적합한 마취기를 선택하여 연구 계획을 수립하는 것이 원하는 연구 결과를 얻을 것으로 생각된다.

저자: 심지연 · 안원식*
울산대학교 의과대학 마취통증의학교실, *서울대학교 의과대학 마취과학교실
서울시 종로구 연건동 28번지, 우편번호: 110-744
E-mail: aws@snu.ac.kr

참 고 문 헌

1. You HS, Seo YS, Shin HW, Lee HW, Lim HJ, Chang SH, et al: Effect of fresh gas flow on the work of breathing of closed circuit anesthesia using semiclosed circuit system. Korean J Anesthesiol 2006; 50: 495-500.
2. Yamada T, Kakoi H, Hirokawa T, Koyama K, Miyao H, Kawasaki J, et al: The effects of fresh gas flow rate on the work of breathing during semi-closed circuit anesthesia. Masui 1994; 43: 55-8.
3. Miller RD: Miller's Anesthesia. 6th ed. Philadelphia, Elsevier. 2005, pp 302-3.
4. Drager: Cato edition Anaethesia-Workstation (Cato User's Manual). Lubeck, Drager. 1994, pp 51-66.