

마취기를 이용한 인공호흡 관련 연구에서 각종 인공호흡 지표의 서술에 대한 분석

울산대학교 의과대학 마취통증의학교실, *서울대학교 의과대학 마취과학교실

심 지 연 · 박 희 연* · 안 원 식*

Analysis of the Description of Ventilator Parameters in Recent Papers Relating Artificial Ventilation Using Anesthesia Machine

Jiyeon Sim, M.D., Hee Yeon Park, M.D.* and Wonsik Ahn, M.D.*

Department of Anesthesiology and Pain Medicine, College of Medicine, University of Ulsan,
*Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Procedures in medical papers should be described in sufficient detail to allow other researchers to reproduce the results. The apparatus including anesthesia machine should be given, too. Anesthesia machine has dramatically improved as bioengineering has developed. There are several ventilator settings in modern anesthesia machines. However, it seems that only a few ventilator settings are described even though modern ventilators are used in research. The purpose of this study is to investigate that how many ventilator parameters were described in the papers of the Korean Journal of Anesthesiology from 2001 to 2006.

Methods: All of papers with human general anesthesia were reviewed except case reports, and papers regarding only induction or intubation procedures. Recruited articles were grouped into papers with strongly related to respiratory parameters (STP), and into ones with slightly related to them based on the research topics. The description of following categories was counted in each paper; the type of anesthesia machine, tidal volume, respiratory rate, inspiratory : expiratory ratio, mode of ventilation, pressure set in pressure targeted ventilation, positive end expiratory pressure, inspiratory pause, and inspiratory rising rate.

Results: The description rate of each parameters in STP were 36% in the type of anesthesia machine, 66% in tidal volume, 54% in respiratory rate, and 24% in inspiratory : expiratory ratio. The other settings were seldomly mentioned.

Conclusions: Description on the ventilator parameters was sometimes missed. We should describe adequate ventilator settings to reproduce the results because the modern anesthesia machine has additional ventilator options.

Key Words: Artificial respiration, Description of methods, Inspiratory : expiratory ratio, Mechanical ventilators, Positive pressure respiration, Ventilator parameters

서 론

책임저자 : 안원식, 서울특별시 중로구 연건동 28번지
서울대학교병원 마취통증의학과
우편번호: 110-744
Tel: 02-2072-3087, Fax: 02-747-5639
E-mail: aws@snu.ac.kr

의학 논문을 포함하여 모든 논문은 여러 학자들이
해당 학문의 발전을 위해 새로운 것을 보고하는 중요
한 수단이다. 어떤 학자가 논문집에 새로운 것을 보고

하면, 다른 학자가 학습하여 유관 분야를 발전시키거나, 한 학자의 새로운 보고가 완벽하지 않다고 생각되면 비슷한 실험이나 연구를 재차 시도하여 검증해 보기도 한다. 또한, 진료와 밀접한 학문인 임상의학의 경우에는 직접 진료에 활용하기도 한다. 그래서 여러 투고규정에서 방법론에 대해 자세히 기술하여 재현 가능하게 설명하기를 권장하고 있고, 의학 논문 관련 투고 방법 제안에서도 같은 방향을 제시하고 있다.¹⁾

예전에 '인공호흡기'는 중환자실에서 사용하는 환기 보조 장치에 대한 명칭이고, '마취기'는 수술실에서 전신마취시 흡입마취제 공급 기능을 동반하고 간단한 인공 호흡 기능을 가진 장치라고 학습하고 가르쳤던 시절이 있었다. 그래서, 최초에 용수환기(manual ventilation)만 지원하던 마취기가 주류를 이루던 1968년도에 작성된 대한마취과학회지 창간호 첫 논문에서는 호흡을 보조하는 인공호흡기 기종만 언급하면서 조절호흡을 하였음을 명시하는 정도로 기술하였다.²⁾ 그 당시 마취기는 간단한 인공 호흡 기능만 있었으므로, 일회 호흡량과 분당 호흡수만 설정하면 되는 마취기가 대부분을 차지하였다. 하지만 의공학이 발전하면서 마취기도 최근 비약적인 발전을 이룩하게 되어 다양한 기계환기 기능을 갖추게 되었고, 중환자실에서 사용하는 고급 인공호흡기에서 제공하던 동기화 기계환기(Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation) 기능이나 압력 보조 기계환기(Pressure Support Ventilation) 기능을 탑재한 마취기가 출시되었고, 최근에는 마취기가 일회 환기를 시행할 때 관여하는 여러 설정들, 즉 유량 상승률(flow rising rate), 흡기 중 중단 시간(pause time) 등을 조절할 수 있는 것도 출시되고 있다.³⁾ 또한, 기존의 인공호흡기에 기획기를 장착할 수 있는 기능을 추가한 제품(Servo 900C, Siemens, Helsinki, Finland)이 등장하면서 '인공호흡기'와 '마취기'를 인공 호흡 기능으로 구분하기 어렵게 되었다. 이렇듯 마취기가 발달하고 있으므로, 연구 방법 기술에 있어서 최신 마취기의 보강된 기능에 대한 자세한 설명이 이루어져야 하는 것은 자명하다고 하겠다. 호흡과 관련이 적은 연구 보고에서는 자세한 기술의 필요성이 적지만, 인공호흡과 직접적으로 연관된 연구에서는 사용된 마취기를 언급하고, 인공호흡 설정을 자세하게 기술하여 다른 연구자가 재현할 수 있도록 하는 것이 꼭 필요하다. 이에 대한마취과학회지 최근 논문을 검토하여 인공호흡 관련 기술의 적절성이 어느 정도인가 알아보기 위해 이 연구를

기획하였다.

대상 및 방법

대한마취과학회지 제40권(2001년도)부터 제51권(2006년도)까지 게재된 논문 중에서 실험연구와 증례를 제외한 임상연구를 대상으로 하였고, 인공호흡과 상관 없는 논문, 즉 전신마취가 아닌 논문은 조사 대상에서 제외하였다. 또한, 전신마취와 관련된 연구 중에서 단순히 마취유도 과정이나 기관내 삽관에 집중된 연구로 기계환기에 대해 명시할 필요가 없는 논문도 제외하였다. 연구 피험자가 전신마취 중 기계환기를 필연적으로 받게 기획된 논문들을 두 군으로 나누어 연구 수행 중 기계환기가 연구 주제와 관련 정도가 낮은 논문(papers with slightly related to respiratory parameters, SLP)들과 인공호흡이 연구의 중요한 요소인 논문(papers with strongly related to respiratory parameters, STP)으로 구분하였다.

인공호흡이 수행되었으나 관련이 낮은 것으로 판단한 SLP 연구 주제는 혈압 또는 심박수 측정, 정맥 내 산소 농도 측정, 심박출량 측정, 체온 측정, 안압 측정, 근이완제 작용 평가, 수혈, 전신 마취 중 전해질, 인슐린이나 기타 호르몬 측정, 중심 정맥압 측정, 전신마취 산모의 태아에서 산소농도 측정, 심장 박동수 변이도(heart rate variability), bispectral index, evoked potential, 뇌파 측정, 폐동맥압 측정, 흡입마취제 효과 비교, 수술 후 혈액 응고 평가, 혈액 응고, 장기 기능 평가, 전신 마취 후 회복 양상, 각성 시간, 마취 후 통증, 오심, 구토와 마취 후 호흡 관련 파라미터 측정 등으로 설정하였다. 인공 호흡이 연구에 중요한 요소로 판단한 STP 연구는, 연구 주제가 기도압 등 호흡 관련 특성치를 측정하거나 동맥혈 산소 농도나 이산화탄소 농도 측정, 혈액 내 산도(pH) 측정과 후두마스크의 누출압 측정 등의 논문으로 폐 역학에 관한 논문이거나 연구 결과에 인공호흡 설정이 중요한 요소로 작용하는 논문이었다.

인공호흡과 연구 주제의 밀접성으로 두 군을 구별한 후 인공호흡 관련 기술이 어느 정도 상세한지 다음 항목을 조사하였다. 즉, 마취기 종류, 인공호흡 모드(ventilation mode), 일회 호흡량, 분당 호흡수, 흡기 : 호기 비율(I : E ratio), 압력 설정(pressure setting), 흡기 시간(inspiratory time), 최고 유량(peak flow), 그 밖에 상세한 호흡 설정인 흡기 중 중단 시간, 호기말 양압(posi-

tive end expiratory pressure, PEEP), 유량 상승률이 어느 정도 상세히 기술되어 있는가를 조사한 후 이를 연도 별로 정리하였다.

통계는 카이제곱 검정법을 사용하였으며, 제1종 오류 확률은 0.01로 하였고, 통계분석을 위한 프로그램은 Excel 2003 (Microsoft™ Office Excel 2003, Microsoft, Seattle, USA)을 사용하였다.

결 과

총 대상 연구 논문 수는 196편이었고 SLP는 129편, STP는 67편이었다. 조사 대상 논문의 연도별 자세한

분포는 Table 1과 같다. 마취기 기종을 명시한 논문은 전체 대상 논문 중에서 19%였고, SLP 논문의 9%, STP 논문의 36%에서 기술되었다(Table 2). SLP 연구와 STP 연구에서 연도별 마취기 기종 기술 비율은 차이가 없었다($p > 0.01$).

인공호흡 모드(mode)를 기술한 논문은 1년에 대략 1개가 있었고, 2005년에 1개가 압력 설정 호흡(pressure targeted ventilation, PTV) 사용을 명시하였다. 대부분의 논문에선 일회 호흡량과 분당 호흡수, 흡기 : 호기 비율 또는 호기말 이산화탄소(end-tidal CO₂, ET-CO₂) 유지 값

Table 1. Reviewed Paper Profile in Korean Journal of Anesthesiology

Year	Research slightly related to artificial ventilation	Research strongly related to artificial ventilation	Number of reviewed papers
2001	9	16	25
2002	24	13	37
2003	31	16	47
2004	19	8	27
2005	28	10	38
2006	18	4	22
Total	129	67	196

Table 2. Number of Papers Which Described the Type of the Anesthesia Machine in Korean Journal of Anesthesiology (Percent in Parenthesis)

Year	Research slightly related to artificial ventilation	Research strongly related to artificial ventilation	Total researches related to artificial ventilation
2001	2/9 (22%)	6/16 (38%)	8/25 (32%)
2002	1/24 (4%)	4/13 (31%)	5/37 (14%)
2003	2/31 (6%)	5/16 (31%)	7/47 (15%)
2004	2/19 (11%)	1/8 (13%)	3/27 (11%)
2005	3/28 (11%)	5/10 (50%)	8/38 (21%)
2006	1/18 (6%)	3/4 (75%)	4/22 (18%)
Total	11/129 (9%)	24/67 (36%)	35/196 (18%)

Table 3. Number of Research Papers Which Described Basic Ventilator Parameters (Percent in Parenthesis)

Year	Research slightly related to artificial ventilation			Research strongly related to artificial ventilation			Total researches related to artificial ventilation		
	Vt* (%)	RR [†] (%)	I : E [‡] (%)	Vt (%)	RR (%)	I : E (%)	Vt (%)	RR (%)	I : E (%)
2001	2/9 (22)	2/9 (22)	1/9 (11)	9/16 (56)	11/16 (69)	2/16 (13)	11/25 (44)	13/25 (52)	3/25 (12)
2002	3/24 (13)	3/24 (13)	0/24 (0)	11/13 (85)	8/13 (62)	4/13 (31)	14/37 (38)	11/37 (30)	4/37 (11)
2003	2/31 (6)	2/31 (6)	0/31 (0)	9/16 (56)	5/16 (31)	4/16 (25)	11/47 (23)	7/47 (15)	4/47 (9)
2004	3/19 (16)	3/19 (16)	1/19 (5)	4/8 (50)	4/8 (50)	2/8 (25)	7/27 (26)	7/27 (26)	3/27 (11)
2005	8/28 (29)	11/28 (39)	2/28 (1)	7/10 (70)	5/10 (50)	3/10 (30)	15/38 (39)	16/38 (42)	5/38 (13)
2006	5/18 (28)	3/18 (17)	0/18 (0)	4/4 (100)	3/4 (75)	1/4 (25)	9/22 (41)	6/22 (27)	1/22 (5)
Total	23/129 (18)	24/129 (19)	4/129 (3) [§]	44/67 (66)	36/67 (54)	16/67 (24) [§]	67/196 (34)	60/196 (31)	20/196 (10) [§]

*tidal volume, [†]respiratory rate, [‡]inspiratory : expiratory ratio, [§]p < 0.01 compared to tidal volume and respiratory rate in each categories.

을 기술하여 용적 설정 호흡(volume targeted ventilation, VTV)임을 암시하였다. 인공호흡과 관련이 적은 논문에서 인공 호흡 기본 설정 중, 일회 호흡량, 분당 호흡수, 흡기 : 호기 비율은 각각 18, 19, 3%에서 기술되었다. 연구 주제가 인공호흡과 밀접한 연구에서는 일회 호흡량 66%, 분당 호흡수 54%, 흡기 : 호기 비율 24%에서 기재되었다. 흡기 : 호기 비율 대신 ETCO₂를 특정 범위로 유지하였다는 논문은 매년 1~2개 있었으며, 흡기 : 호기 비율 대신 유량 파형과 흡기 시간, 최고 유량 중 하나를 기술한 논문은 없었다. 일회 호흡량, 분당 호흡수, 흡기 : 호기 비율의 연도별 기술 비율은 차이가 없었으나($p>0.01$), 흡기 : 호기 비율의 기술은 다른 항목에 비해 논문의 연구 방법에 명시되는율이 낮았다($p<0.01$, Table 3).

연구 주제와 인공호흡의 연관성과 상관 없이, 상세 호흡 설정 중 흡기 중 중단 시간, 유량 상승률 기술은 6년간 없었다. 호기말 양압 설정은 2005년도 논문 중 SLP, STP 각각 1편씩 총 2편에서 서술되어 있었고 다른 연도에는 기술이 없었다.

고 찰

국내 마취기 시장은 로얄메디칼, Datex-Ohmeda (General Electric에 합병됨), Drager, Dameca 마취기가 주류를 이루고 있다. 이들 회사가 80년대 출시한 마취기나 중급 이하 마취기 중 일부는, 인공 호흡 설정 중 일회 호흡량(또는 분당 호흡량)과 호흡횟수만 정할 수 있었고 흡기 : 호기 비율은 1 : 2로 고정되어 있었다. 그 후 90년대부터 흡기 : 호기 비율을 조절할 수 있는 것을 본격적으로 출시하기 시작하였고, 차츰 고급 모델에서 압력 조절 모드를 선택사양으로 제공하다가 최근에는 기본 사양으로 제공하는 추세이다. 또한, 흡기 유량을 세세히 조절하는 기능을 제공하기도 한다(Table 4). 이러한 여러 기능이 갖추게 되었으므로, 고급 기능이 없는 기종일 경우에는 기종명과 함께 제공된 설정을 설명하는 것이 필요하겠고, 고급 기종일 경우에는 선택 사양들을 모두 기술해 주어야 다른 연구자들이 연구를 재시도할 때 적절히 재현해 볼 수 있을 것이다. 세세한 선택사양들은 기본값(default)이 통상적으로 많이 사용하는 설정이므로 추정해 볼 수 있을 것으로 생각할 수도 있으나 기본값은 설정 메뉴에 들어가면 변경될 수 있으므로 항상 같은 기본값을 갖는 것은 아니다. 또한,

전원이 켜져 있는 상태에선 알 환자의 호기말 양압, 흡기 중단 시간 설정이 다음 환자 설정에 그대로 적용될 수 있으므로 연구 방법에 기술하는 것이 적절하다.⁴⁾

이번 연구에서 SLP로 분류한 여러 연구 중에서도 상대적으로 호흡과 관련 있는 항목을 측정하는 연구가 종종 있다. 예를 들어, 심박동수 변이도는 자율신경계의 활성을 측정하는데 이용되는데, 호흡 주기 중 호기 시간은 부교감 신경계 활성화와 밀접하다는 것이 알려져 있다.⁵⁾ 그러므로, 명시되지 않은 흡기 : 호기 비율을 다르게 설정하게 되면 심박동수 변이도가 달리 검출되는 결과를 초래할 가능성이 있다. 마찬가지로 원리로 현재는 호흡과 관련 없을 것으로 추정하는 많은 연구가 나중에 호흡과 관련 있는 것으로 나올 수 있다. 그러므로, 피험자에게 전신 마취를 시행하여 인공호흡을 하게 되면 인공호흡 설정, 특히 상대적으로 적게 기술되는 흡기 : 호기 비율에 대해 명시적으로 기술하는 것이 향후 연구 결과를 해석하거나 재검증할 때 꼭 필요하다고 하겠다(Table 3).

Table 4와 같이 마취기 기능이 다양해졌으나 STP 논문에서도 인공호흡 설정을 적절히 기술하는 것은 아직 이루어지지 않고 있다(Table 3). 전반적으로 일회 호흡량과 호흡수는 기술해 주고 있으나, 마취기의 기종이나 흡기 : 호기 비율에 대한 기술 비율이 적고, 흡기 중 중단 시간, 호기말 양압, 유량 상승률의 기술은 아직 미미한 수준이다. 중급 기종이라고 하더라도 흡기 : 호기 비율을 설정할 수 있는 것이 많이 출시되고 있는데, 이러한 설정을 기술하지 않으면, 기도 압력을 측정하는 연구나 후두마스크(laryngeal mask)의 유출(leak) 압력을 측정하는 연구 등에서는 흡기 : 호기 비율이 서로 다른 설정을 적용하게 되어 원하는 연구 결과가 얻지 못하는 경우가 생길 수 있다. 이를 수치로 계산해 보면, 체중 60 kg인 환자를 직사각형 유량 곡선(rectangular flow wave)을 공급해 주는 마취기를 사용하여 연구할 때 일회 호흡량 600 ml (10 ml/kg), 분당 호흡수 10회로 설정한 후, 흡기 : 호기 비율을 각각 1 : 1, 1 : 2, 1 : 3으로 하였을 경우 초당 환자에게 공급되는 유량을 계산하면 다음과 같다. 분당 호흡수가 10회이므로 일회 호흡 주기는 6초 동안에 완성되어야 하는데, 일회 호흡량은 흡기 시간에 환자에게 공급되어야 하므로, 흡기 : 호기 비율 중 흡기 시간을 계산해 보면 3초(I : E=1 : 1), 2초(I : E=1 : 2), 1.5초(I : E=1 : 3)로 계산된다. 각 흡기 시간 동안에 일회 호흡량 모두를 공급하여야 하므로 분

Table 4. Provided Function of Typical Ventilators of Major Vendors

Vendor	Model number (Product name)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Dameca	10750	1975	X	X	X	X	X	X	X
	10590	1992	O	X	X	X	X	X	X
	10940	1995	O	X	X	X	X	X	X
	10770 (Siesta 970)	2001	O	O	O	O	O*	X	X
	10990 (Dream)	2002	O	O	O	O	O	X	X
	10770 (Siesta Breasy)	2004	O	X	X	X	X	X	X
	10770 (Siesta EGM)	2004	O	O	O	O	O*	X	X
	10770 (Siesta i TS)	2006	O	O	O	O	O	O	X
	10770 (Siesta i Whispa)	2006	O	O	O	O	O	O	X
Datex-Ohmeda	Excel 210 7000	1988	O	X	X	X	X	X	X
	Excel 210 7800	1993	O	O	O	X	X	X	X
	Excel 80	1998	O	X	X	X	X	X	X
	Excel 210 7900	1999	O	O	O	O	X	X	X
	Aestiva/5	2000	O	O	O	O	O*	X	O*
	Aestiva/5 Compact Plus	2001	O	O	O	X	X	X	X
	S/5 Aespire 100	2003	O	O	O	X	X	X	X
	S/5 Aespire 300	2003	O	O	O	O*	X	X	X
	S/5 Avance	2005	O	O	O	O	O	X	O
Drager	SA-2	1990	O	O	O	X	X	O	X
	Cato	1995	O	O	O	O	O	O	X
	Narkomed Series	1999	O	O	X	X	X	O	X
	Fabius CE	2002	O	O	O	X	X	X	X
	Fabius GS	2002	O	O	O	O	O*	O	O*
	Primus	2003	O	O	O	O	O	O	O*
Royal medical	Royal77	1987	O	O*	X	X	X	X	X
	Royal88	1988	O	O*	X	X	X	X	X
	Multiplus	1995	O	O*	X	X	X	X	X
	Roytech series	1998	O	O*	X	X	X	X	X
	Roytech-5	2007	O	O	X	O	X	X	X

(1): launch year to the Korean market, (2): inspiratory : expiratory ratio control, (3): positive end expiratory pressure (PEEP), (4): inspiratory pause, (5): pressure control ventilation mode, (6): synchronized intermittent mandatory ventilation, (7): flow rising rate control, (8): pressure support. *option or provided with a separated device.

당 유속은 각각 12 L/min (200 ml/sec, I : E=1 : 1), 18 L/min (300 ml/sec, I : E=1 : 2), 24 L/min (400 ml/sec, I : E=1 : 3)가 된다. 어떤 환자가 동적 폐유순도(dynamic compliance)가 15 ml/sec/cmH₂O라고 가정하고, 정적

폐유순도(static compliance)가 충분히 커서 흡기 : 호기 비율 1 : 1에서 최고 흡기 압력(peak inspiratory pressure, PIP)에 영향을 미치지 않는다면, 각 설정에서 PIP는 13 cmH₂O (I : E=1 : 1), 20 cmH₂O (I : E=1 : 2), 27 cmH₂O

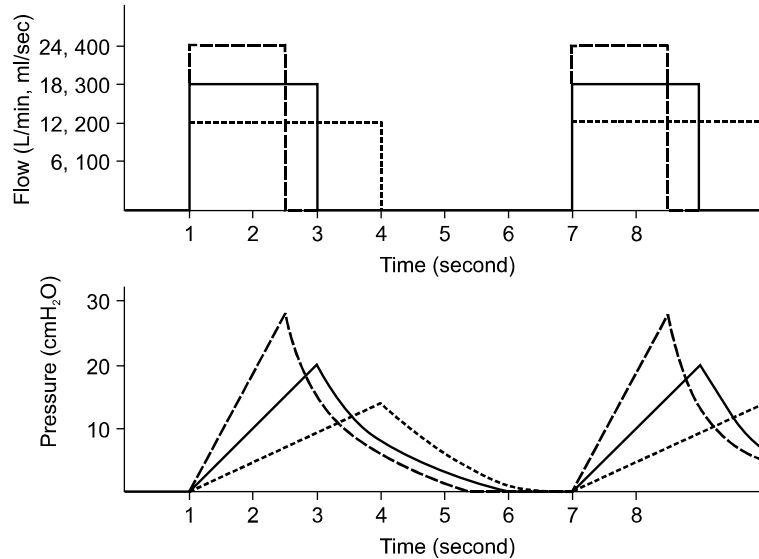


Fig. 1. Flow-time, pressure-time curves of the same tidal volume, and respiratory rate, but different inspiratory : expiratory (I : E) ratio. These imaginary respiratory curves have the same tidal volume (600 ml) and respiratory rate (10 cycles/min). Each curve has different I : E ratios, i.e., 1 : 1 (-----), 1 : 2 (—), and 1 : 3 (- - -). The flow wave is assumed as rectangular form. In flow-time curves, area under the each curve in one breath has 600 ml. If the dynamic compliance of a respiratory system is 15 ml/sec/cmH₂O, and the static compliance is sufficiently large, the peak inspiratory pressure of each breath is computed by dividing flow (=volume/time) by dynamic compliance. The results are 13 (I : E=1 : 1), 20 (I : E=1 : 2), and 27 cmH₂O (I : E=1 : 3). Therefore, the peak inspiratory pressures could be different if different I : E ratios are set to the same patient even though the same tidal volume and respiratory rate are applied to the patient.

(I : E=1 : 3)이 된다(Fig. 1). 예시에서 보는 바와 같이 일회 호흡량과 분당 호흡수 설정이 동일하다고 하더라도 흡기 : 호기 비율을 다르게 설정함으로써 PIP 측정값이 달라질 수 있으므로 최대 기도압 측정이나 후두마스크 유출에 관한 논문에서는 흡기 : 호기 비율을 꼭 기재하여야 한다. 그래서, 논문에 호흡관련 설정을 자세히 기술하지 않아, 연구 재현을 시도할 때 흡기 : 호기 비율 등을 상상에 의해 가정하고 연구 결과를 보고한 글도 있다.^{6,7)} 마찬가지로 원리로 흡기 중 중단 시간과 유량 상승률 설정 변화는 단위 시간당 유입되는 공기 양을 변화시키므로, 일회 호흡량과 분당 호흡수가 일정하더라도 PIP 변화를 가져올 수 있다. 흡기 중 중단 시간을 늘리면, 상대적으로 짧은 시간 동안 일회 호흡량을 공급하여야 하므로 단위 시간에 더 많은 공기 유량을 공급하여야 하기 때문에 PIP가 증가한다. 또한, 유량 상승률은, 최대 흡기 유량까지 도달하는데 까지 걸리는 속도로 정의되므로 이를 변경시키면 단위 시간에 유입되는 공기

유량이 변화하므로 PIP가 변화한다.⁸⁾ 그러므로, 이러한 설정 버튼이 있는 마취기를 사용할 때는 이것들을 명확히 기술해주고, 이러한 설정이 없는 마취기를 사용하여 연구를 수행할 때는 마취기 종류를 언급하거나 설정하지 않았다고 밝혀야 기도 압력 관련 연구를 다른 연구자가 재현할 수 있다.

호기말 양압을 가하면 동맥혈내 산소 농도가 높아진다는 것은 잘 알려진 사항이다.⁹⁾ 그러므로, 동맥혈 산소 농도 측정이 연구 항목 중 하나인 논문에서는 호기말 양압 설정에 대해 기술하는 것이 필요하다. 예를 들어, 일측 폐환기에서 호흡하지 않는 폐에 지속적 양압 (continuous positive airway pressure) 설정을 바꾸면서 동맥혈 산소 농도를 알아보는 연구에서는, 환기가 되고 있는 폐의 호기말 양압을 기술하는 것이 필요하다. 또한, 전신마취 산모에서 태아의 산소 농도를 측정하는 경우에는 산모의 인공 호흡 중 호기말 양압을 가하는가 여부가 산모의 산소 농도 나아가 태아의 산소 농도

에도 영향을 미치므로 얼마를 설정하였는가를 기술하는 것이 필요하겠다. 방법 부분에서 언급이 없는 경우에 호기말 양압을 설정하지 않았다고 추정해 볼 수도 있으나, 일부 마취기에서 호기말 양압 설정이 전원을 끄지 않은 상태에서는 유지됨을 감안하면, 연구자가 의도하지 않았더라도 앞 환자의 호기말 양압이 피험자에게 적용될 수도 있는 것이다.⁴⁾

인공호흡 모드는 지금까지 대부분 VTV를 사용하였기에 특별히 언급할 필요가 없었으나 최근에 PTV를 제공하는 마취기가 보급되기 시작하였으므로 명시할 필요성이 대두되었다. 예를 들어, 분당 호흡수를 10회로 하고, ETCO₂를 35~40 mmHg로 인공호흡을 유지하면서 연구를 수행하는 경우, VTV에서는 일회 호흡량과 흡기 : 호기 비율을 바꾸었을 것이고, PTV에서는 압력 설정과 흡기 : 호기 비율을 바꾸었을 것이다. 참고로, 현재까지 국내에 시판된 마취기는 유량 파형을 선택할 수 있는 것은 없는 것으로 조사되었다. 이 때 VTV에선 유량 파형이 직사각형이 대부분이고, PTV에선 감소형 파형(decreasing flow wave pattern)이 대부분이다.³⁾ 그러므로, 측정하고자 하는 항목이 유량 파형 모양에 의존적이라면 VTV인지 PTV인지 꼭 명시하여야 적절한 기술이라 하겠다.

일부 논문에서 인공호흡 설정에 대한 기술에서 ETCO₂값을 어떤 수준으로 유지하였다고 기술하였다. 하지만, 아직 ETCO₂값이 특정 범위를 유지하도록 마취기 설정이 자동으로 바뀌는 장비가 개발되지 않았고, 마취과 의사들이 모니터의 측정 값을 보고, 설정을 바꾸는 것이 일상적인 상황에서 ETCO₂값에 대한 기술만으로는 인공호흡을 재현하지 못할 임상 예가 종종 있다. 예를 들어, 복강경하 수술 중 가스를 넣거나 빼는 과정이 있는 마취에서 인공 호흡기 설정을 그대로 유지하여도 ETCO₂값이 달라진다. 좀 더 상술하면, VTV으로 유지되고 있는 복강경하 수술에서 같은 일회 호흡량이 유지되더라도 폐유순도가 달라져서 ETCO₂가 변화하고, 혈중 pH도 변화한다.¹⁰⁾ 또한, 인공호흡 모드를 VTV로 하였을 경우에는 설정된 일회 호흡량과 횟수에 따라 호흡을 하고 폐유순도 변화에 따라 기도 압력과 ETCO₂값 상승이 어느 정도가 될 것이지만, PTV 호흡으로 인공호흡을 시행하였을 경우 압력은 일정하게 유지되고, 일회 환기량이 감소되면서 호흡을 시행할 것이기 때문에, ETCO₂값 상승이 VTV 설정 때와 다른 경우가 종종 있다. 그러므로, 어떤 복강경하 수술 임상

연구에서 한 번은 압력을 높게 설정하고, 가스를 넣고 빼는 과정이 많고, 다른 경우에는 압력을 낮게 설정하고, 가스를 넣고 빼는 과정이 적은 경우가 있을 때, 마취과 의사가 복강 내 압력 변화에 따라 ETCO₂값을 맞추기 위해 마취기 설정을 매우 자주 변경하지 않는다면 같은 결과를 얻기 어려운 경우가 발생한다. 여기에 논문의 연구 설정과 다른 인공 호흡기 모드(VTV 또는 PTV)를 설정하였을 경우에는 오차가 생길 가능성이 더 커진다. 이러한 현상은 Trendelenberg 자세 등 침대 각도 변화에서도 발생하고, 복강 내 시야 확보를 위해 당김기(retractor)를 많이 사용하는 부인과 수술이나 직장 수술에서도 일어나고, 일측 폐환기가 일어나기 쉬운 소아 마취에도 발생한다. 만약 마취 의사가 매우 부지런하여 ETCO₂를 일정 범위로 유지한다고 가정하더라도, ETCO₂ 측정의 특성을 감안하면, 다른 연구자가 인공호흡을 정확히 재현을 위해서는 여러 가지 추가적인 기술이 필요하다. ETCO₂ 측정 방법은 크게 부류채취(side stream sampling)법과 주류(main stream) 채취법이 있어, 측정 방법에 따라 값이 다르게 나온다. 특히 부류 채취법에 의한 ETCO₂ 측정 값은 가스의 채취 양과 밀접한 관계가 있는데, 분당 채취량이 50 ml에서 500 ml 까지 변하고, 때로는 2 L까지 되어 측정 오류의 원인으로 제기되고 있다. 또한, 측정 위치 앞에 존재하는 사강(dead space) 양이 얼마인가, 즉 채취 위치가 얼마나 기도에 가까운가에 따라 측정 값이 달라지게 된다.¹¹⁾ 그러므로, ETCO₂를 어느 범위 내로 유지하였다고 기술하려면, 사용된 모니터의 종류, 측정 방법(채취법), 그리고 부류채취법일 경우에는 측정 위치 등을 모두 기술해 주어야 다른 연구자가 같은 ETCO₂로 연구를 재현해 볼 수 있게 된다.

결론적으로 최근 사용하고 있는 마취기의 인공호흡 설정이 다양해졌지만, 아직 인공호흡 관련 논문에서 다양한 설정이 적절히 기술되지 않고 있어 다른 연구자가 재현하기 위해서는 일부 인공호흡 설정을 가정해야 하는 경우가 있었다. 가정에 의한 인공호흡 설정은 원래 연구자의 설정과 다를 수 있어, 재현 연구에서 다른 연구 결과를 도출할 가능성이 크므로, STP 연구인 경우에는 마취기 기종을 명시하고, 마취기별 설정 가능한 파라미터를 잘 점검하여 관련된 여러 설정을 자세히 기술해 주어야 하고, 비록 현재는 SLP 연구라고 생각되더라도 가능한 한 자세히 인공호흡 관련 설정을 기술함으로써 다른 연구자가 재현할 수 있도록 하는 것

이 바람직한 방향이라고 생각된다.

감사의 글

자료 분석에 도움을 주신 송남경, 정지연 선생님과 예전 마취기를 설명해 주신 김용락 선생님, 전공의 시절 인공호흡의 개념을 가르쳐 주신 이국현, 김종성, 김성덕 선생님, 마취기 자료를 제공해 주신 배종선, 함세용, 이지철, 김효중 선생님께 감사의 뜻을 전합니다.

참 고 문 헌

- 1) American Medical Association: Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. International Committee of Medical Journal Editors. JAMA 1997; 277: 927-34.
- 2) Kwak IY, Rhee SS: Clinical investigation of methoxyflurane: 100 cases. Korean J Anesthesiol 1968; 1: 1-8.
- 3) Dräger: Primus operation manual. Lubeck, Dräger. 2003, pp 51-69.
- 4) Datex-Ohmeda: Aestiva/5 operation manual. software revision 1.X ed. Helsinki, Datex-Ohmeda. 2001, pp 2-1-17.
- 5) Huh IY, Kim YK, Hwang GS: Change of heart rate variability before and after general anesthesia. Korean J Anesthesiol 2005; 49: 447-54.
- 6) Sim JY, Ahn W: Fresh gas flow and fresh gas decoupling. Korean J Anesthesiol 2006; 51: 516-7.
- 7) You HS, You HS, Seo YS, Seo YS, Shin HW, Shin HW, et al: Effect of fresh gas flow on the work of breathing of closed circuit anesthesia using semi-closed circuit system. Korean J Anesthesiol 2006; 50: 495-500.
- 8) Pilbeam SP, Cairo JM: Mechanical ventilation. St. Louis, Mosby Elsevier. 2006, pp 111-7.
- 9) Pilbeam SP, Cairo JM: Mechanical ventilation. St. Louis, Mosby Elsevier. 2006, pp 297-316.
- 10) Joris JL: Anesthesia for laparoscopic surgery. In: Miller's Anesthesia. 6th ed. Edited by Miller RD: Philadelphia, Elsevier Churchill Livingstone. 2005, pp 2285-306.
- 11) Moon RE, Camporesi EM: Respiratory monitoring. In: Miller's Anesthesia. Edited by Miller RD: Philadelphia, Elsevier Churchill Livingstone. 2005, pp 1455-7.