기관지경 검사시 고압산소의 Jet System 을 이용한 폐환기

연세대학교 의과대학 마취과학교실

길혜금 · 윤덕미 · 김종래 · 박광원

= Abstract =

Pulmonary Ventilation with High Pressure Oxygen Jet System during Bronchoscopy

Hae Keum Kil, M.D., Duck Mi Yoon, M.D., Jong Rae Kim, M.D.
and Kwang Won Park, M.D.

Department of Anesthesiology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Ventilation during general anesthesia for bronchoscopy has recently been greatly improved by application of the Venturi principle. Ever since 1967¹ when Sanders published a paper describing the Venturi principle for ventilatory bronchoscopy, this technique has become increasingly popular. Many papers have been published promoting the use of the Venturi principle which in most cases entails a 16-gauge needle aimed distally down the proximal end of a bronchoscope through which a jet of oxygen is intermittently injected to produced positive pressure ventilation in the lungs.

In our study, ten patients undergoing bronchoscopy were ventilated with the Venturi system and the patients were bronchoscoped with a Karl Storz bronchoscope lined with a Venturi oxygen injecttimer, Freiberg 8585 T, to which oxygen was supplied from an adjustable pressure reducing valve connected to pipeline oxygen at 55 psi.

The following results were obtained:

- 1) Ten patients varying in age from 2 to 53 years were bronchoscoped because of subglottic edema, granuloma, emphysema, and tracheal stenosis.
- 2) The internal diameter of the bronchoscopes varied from 3.0 mm to 6.5 mm and the inflation pressure varies also from 0.4 bar to 1.0 bar. The inspiration to expiration time ratio was 1 : 2 and 1 : 3.
- 3) The Average PaO_2 was well maintained during bronchoscopy and in the postanesthetic stage, but the PaCO_2 was slightly increased over the preoperative values.

The explanation for this result is that the bronchoscope fitted too tightly to the trachea, so that exhalation was incomplete, and the process of exchange inhibited the elimination of CO_2 from the lungs.

The results obtained from this study suggest that this technic and device, when used properly, should provide adequate ventilation and an improved visualization of the operative field.

서 론

기관지경검사를 하기 위해 여러가지 마취방법을 사

용하고 있으나 적절한 산소공급과 장시간 시술중의 이산화탄소의 제거 및 시술후 환자의 빠른 회복등이 아직도 어려운 점들로 남아있다. 이 경우에 국소마취를 원하기도 하지만 그것은 환자의 불안감 및 불쾌감을

Table 1. Individual Variations

Case No.	Age(Yr)	Sex	Diagnosis	Bronchoscope Dia.(mm)	Insufflation Pr.(bar)	Respiratory Rate(/min.)	I:E Ratio
1	2	M	Subglottic Granuloma	3.0	0.4	15	1:2
2	3	M	Emphysema	3.5	0.4	17	1:2
3	3	F	Subglottic Edema	3.5	0.6	20	1:3
4	5	M	Tracheal Stenosis	3.0	0.6	20	1:3
5	6	M	Tracheal Stenosis	3.0	0.6	20	1:3
6	6	F	Subglottic Edema	5.0	0.5	20	1:3
7	10	M	Tracheal Stenosis	5.0	0.6	15	1:3
8*	31	M	Tracheal Stenosis	5.0	0.5	12	1:3
9*	31	M	Tracheal Stenosis	5.0	0.5	12	1:3
10	53	M	Tracheal Stenosis	6.5	1.0	12	1:3

*; same patient

조성하며 술자의 시술이나 검사에 제한을 줄 수 있다.

1958년 Safar²¹⁾가 환기용 기관지경(Ventilating bronchoscope)을 고안 발표한후 Sanders²²⁾는 1967년 기관지경술을 시행하는 동안 Venturi 원리를 이용하여 측관으로 환기를 해주는 방법을 보고하였으며 그 이후로 이러한 방법이 널리 응용되어 왔으며 Venturi 원리를 이용한 방법에선 대부분에서 16G 주사침을 기관지경의 첨단부에 꽂아 산소의 jet를 간헐적으로 주입해 주어 왔다. 1970년 Carden²³⁾은 Chevalier Jackson 기관지경의 측면으로 산소를 주는 방법을 보고하였는데 이 경우에선 높은 압력의 산소를 주어 이산화탄소치를 저하시키고 기관지경의 말단부까지 100%의 산소를 전달할 수 있다고 하였다.

금번 본 연세대학교 의과대학 마취과학교실에서는 강성 기관지경술(Rigid bronchoscopy)을 시행하려는 10명의 환자에 Karl Storz 회사의 Freiburg model Injecttimer 8585 T를 사용, Venturi 원리를 이용한 고압산소로 환기시켜 관찰한 바 적절한 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

관찰대상 및 방법

1) 관찰대상

1983년 3월부터 9월까지 사이에 진단 및 치료목적으로 강성기관지경검사를 받으려는 2세에서 53세까지의 환자 10명을 대상으로 하였다.

2) 관찰방법 및 마취

마취유도하기 약 1시간전에 atropine sulfate 0.02

mg/kg 및 hydroxyzine 1~1.5 mg/kg을 근육하여 전투약하고 수술실로 옮겨 혈압, 심박수, 심전도 및 직장온을 계속 감시하면서 성인은 깨어있는 상태에서, 소아는 ketamine hydrochloride 1 mg/kg을 정주한 후에 대기호흡 상태에서 요골동맥이나 대퇴동맥에서 혈액을 채취하여 가스분압을 측정하였다.

기관지경검사 준비가 완료된 후 thiopental sodium 4~5 mg/kg과 succinylcholine 1~1.5 mg/kg을 정주하고 안면마스크로 100% 산소를 주어 양압환기 시킨후 55 psi의 중앙공급식 산소를 연결한 Injecttimer의 선이 부착된 강성기관지경을 직접후두경하에서 삽입한 후 Injecttimer를 조작하여 조절환기시켰다. 마취유도후엔 5~8 mg/kg의 ketamine hydrochloride를 근육주사하고 간헐적으로 succinylcholine을 추가정주하여 근육이완을 시키면서 마취를 유지하였다. 기관지경검사를 시작한지 5분후에 두번째 동맥혈을 채취하였으며 검사가 끝난후엔 안면마스크나 기관절개부에 삽관된 T-관을 통해 100% 산소를 주어 환기시키면서 세번째 동맥혈을 채취하였고 모든 과정이 끝난후 환자를 회복실로 옮겨 비(鼻)카테타나 T-관을 통해 2~4l/분의 산소를 주고 약 20분후 세번째 동맥혈을 채취하였다. 기관지경검사를 시행하는 동안 Injecttimer를 통하여 팽창압(Insufflation pressure) 0.4~1.0 bar(300~750 mmHg), 호흡수 12~20회/분 및 흡기:호기 비율 1:2~1:3으로 유지하여 환기시켰으며 환기의 적정여부는 청진과 흉곽의 팽창여부 및 동맥혈가스분압치로 판단하면서 환기를 적절히 조절하였다. 또한 마취 및 수술중의 혈압과 맥박수도 측정 기록하였다.

Table 2. Results of Arterial Blood Gas Studies on 10 Patients

Case No.	pH				PaO ₂ (mmHg)				PaCO ₂ (mmHg)				Operation time (min.)
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
1	7.40	7.41	7.34	7.43	79	320	234	95	41	38	40	39	20
2	7.43	7.16	7.26	7.38	88	116	311	97	26	59	41	40	25
3	7.45	7.45	7.25	7.30	89	341	132	98	33	35	34	41	15
4	7.44	7.34	7.26	7.42	96	164	394	97	40	48	57	40	20
5	7.38	7.26	7.33	7.40	86	394	236	164	36	57	38	33	10
6	7.44	7.43	7.43	7.43	92	249	437	108	36	37	37	39	25
7	7.41	7.30	7.31	7.39	85	364	270	145	39	40	37	37	50
8	7.44	7.48	7.50	7.38	116	344	369	162	31	35	34	38	30
9	7.41	7.54	7.33	7.30	76	303	259	191	43	29	52	55	25
10	7.41	7.33	7.35	7.41	64	96	254	65	38	45	43	38	120

A: before induction of anesthesia

B: after beginning of procedure

C: at end of anesthesia ventilating 100% oxygen by mask

D: recovery room; spontaneous breathing with nasal oxygen

Table 3. Mean Values of Arterial Blood Gas Studies

		A	B	C	D
pH	Mean±S.E.	7.42±0.0067	7.37±0.034	7.34±0.0221	7.38±0.0144
PaO ₂ (mmHg)	Mean±S.E.	87.1±4.09	269.1±32.27	289.6±27.00	122.2±12.11
PaCO ₂ (mmHg)	Mean±S.E.	36.3±1.54	42.3±2.95	41.3±2.28	40.0±1.39

S.E.; Standard Error

관 찰 결 과

1) 관찰대상 및 방법

연령은 2세에서 53세까지로 남자가 8명, 여자가 2명이었고 진단별로는 성문하부종 2명, 육아종과 폐기종이 각각 1명이었고 기도협착이 6명으로 이 가운데 5명은 T-관이 삽입되어 있는 상태였다. 기관지경의 내경은 환자에 따라 3.0 mm에서 6.5 mm까지 다양하게 사용하였다. 평창압 역시 0.4 bar에서 1.0 bar 사이로 다양했으며 흡기 : 호기율은 1 : 2~1 : 3이었다(Table 1). Table 1에서 제 8예와 제 9예는 동일한 환자로서 8예의 경우엔 T-관이 삽입되어 있었고 9예는 T-관을 제거한지 약 1개월 후였다.

2) 동맥혈가스분압

PaO₂로 보아 모든 환자에서 폐의 산소화는 적절히 된 양상을 보였다. PaCO₂는 약간의 차이가 있는데 기관지경검사동안 2, 4, 5, 10예에서 PaCO₂가 약간 증가하

였으며 호흡수 및 흡기 : 호기율을 곧 조절하여 이를 감소시켰다. 중예 9의 경우 기관지경검사후 회복실에서까지 호흡곤란이 있었는데 시술로 인한 후두부종으로 판단, dexamethasone 10 mg을 정주하고 2.5% racemic epinephrine을 증류수에 섞어 분무흡입시켜 약 2시간후에는 호전되어 병실로 이송시켰다(Table 2).

이들 10예의 동맥혈가스분압의 평균치는 Table 3과 같으며 기관지경술동안 PaO₂는 양호한치를 보였으나 PaCO₂는 전반적으로 약간 증가하였고 pH도 약간 감소하였다(Fig. 1).

고 안

기관지경검사의 마취관리에는 여러가지 문제가 있는데 검사나 조작자체가 기도를 직접 침습하므로 마취과 의사와 시술자는 필연적으로 협조해야한다. 더우기 기도를 직접 조작하는 것이므로 마취심도가 깊어야 하며 기도와 기관지의 움직임이 없어야 하고 수술조작에 필요한 공간 및 시야를 얻기 위해선 어느정도의 호흡억제는 불가피할 경우가 있다. 또한 기관지경의 내경이

Fig. 1. Mean Values Changes of Arterial Blood Gas Studies on 10 Patients.

- A: before induction of anesthesia
 B: after beginning of procedure
 C: at end of anesthesia ventilating 100% oxygen by mask
 D: recovery room; spontaneous breathing with nasal oxygen

작은 경우 기도저항이 매우 클 수 있고 동반된 폐질환이 있으면 그로인해 호흡계의 compliance가 낮아 적절한 환기를 유지하기가 어려우며 소아의 경우 이러한 문제는 특히 심각하다.

1953년 Muendrich⁴⁾가 여러가지 폐쇄식의 압력을 이용한 환기용 기관지경(ventilating bronchoscope)을 소개한 후 1958년 Safar⁵⁾가 측관을 이용한 환기용 기관지경을 소개하였으나 적절한 환기압력을 유지하려면 기관지경의 침단 개방부에 대안경(對眼鏡)을 부착해야 했는데 기관지경의 내부에서 조작 및 시술을 할 때는 이 대안경을 잠시 제거해야하고 그때는 환기가 일시적으로 중단되는 상태로 있어야 했다. 이러한 단점을 보완하기 위해 1967년 Sanders⁶⁾가 고압의 가스유량(流量)이 있으면 그 유입가스의 측부압력이 낮아져 대기가 빨려들어 온다는 Venturi 원리를 이용하여 (Fig. 2) 16 G 주사침을 기관지경이나 후두경의 침단부에 부착시켜 그곳으로 고압산소를 주어 jet 기류를 형성시켜 환기시킴으로써 그러한 문제를 해결하려 하였다. 이렇게 주사침을 통하여 산소를 추진가스로 사용하면서 Venturi system을 이용하여 간헐적으로 주입해 주는 방법에 있어서는 오랜동안 사용하면 적절한 PaO₂는 유지되도 PaCO₂가 증가되기 쉽고 결국엔 기관지경의 침단부에 진공부위(vacuum)가 형성되어 이물질이 환자의 폐내로 흡인될 수도 있는 결점이 있다하여 1970년 Carden⁷⁾은 16 G 주사침 대신에 내경은 16 G 주사침보

Fig. 2. Venturi Principle; The diminution of pressure energy at the site of the constriction (bellow atmospheric) will entrain atmospheric air(B). A gas flows through a constriction in a tube(A).

다 넓지만 산소의 jet는 더 느리게 이동될 수 있는 측관(내경 1/8 inch 이하)을 부착시켜 더 높은 PaO₂치와 더 낮은 진공부 위치를 얻을 수 있는 방법을 고안 발표하였다. Carden⁷⁾의 방법에서도 Venturi system을 통해 산소의 고압을 얻을 수 있는데 추진가스의 압력은 55내지 60 psi로 제한을 두어야 45 cm H₂O 정도의 최대 기도압을 전달할 수 있다고 하였다. Carden 이전에 Spoerel⁸⁾은 8 mm 내경의 기관지경에 78 psi의 추진가스를 사용하여 30 cm H₂O 정도의 최대기도압을 얻을 수 있었다고 하였고 50 psi의 경우엔 약 18 cm H₂O의 압력을 얻을 수 있었다고 하였다. 그러나 Carden은 7 mm 내경의 기관지경에서 50 psi의 추진가스로 22 cm H₂O의 최대기도압을 얻을 수 있었다고 하였다. Carden의 방법에서와 같이 실제로 그만한 압력을 얻으려면 기관지경의 침단측부에 있는 모든 환기구(vent)는 막아야 하고 기관지경의 말단부는 기도에 꼭 맞아야 하며 흡입이 충분히 올라올 때까지 산소나 흡입가스로 팽창시켜줘야 한다.

Morales 등⁹⁾은 Venturi system을 이용한 기관지경 검사를 시행한지 약 5분후 PaCO₂가 50 mmHg 정도까지 증가되었다 하였고 Carden⁷⁾은 1 mm 내지 9 mm 내경의 기관지경을 사용한 모든 예에서 PaCO₂가 수술전치를 벗어나지 않았다고 하였다. 그는 또한 자신의 1970년도 보고와 비교해서 (PaO₂ 200 mmHg) 볼 때 PaO₂가 평균 361 mmHg였다고 했는데 이는 측관을 이용하는 경우 대기의 혼합유입을 거의 방지할 수 있기 때문이라고 설명하였으며 이로써 많은 환자들이 기관지경검사후 유발되는 후두경련으로 인한 호흡곤란에 대한 임상적 이점이 있게 된다고 하였다.

급번 본 마취과학교실에서 사용한 Karl Storz의

Injecttimer도 측관을 이용한 방법이었으나 또다른 측관이 있어 산소유입에 따라 대기가 유입되게 되므로 팽창시키는 산소의 압력이나 유입선의 크기, 측관의 내경 및 기관지경의 내경등이 환자에게 들어가는 산소 농도에 영향을 줄 수 있어 Carden의 경우와 같은 정도의 PaO_2 는 얻을 수 없었다.

이러한 Jet Injecttimer를 이용한 기관지경의 경우 장점으로서는 시야가 막히거나 시술에 방해받을 받는 일이 없고 시술자가 서투름 필요도 없으며 마취과의사는 환자의 상태에만 주의집중할 수 있는 것이다. 그러나 단점도 있어, 환자에게 지속적인 일정농도의 산소를 운반하지 못할 수 있고 유입되는 산소 및 대기를 따라 혈액이나 제거하려던 중양의 파편이 기관지까지 빨려 들어갈 수 있으며 소아의 경우 너무 과도한 압력의 가스가 들어가 폐포파열을 초래할 수 있고 너무 작은 내경의 기관지경을 사용하는 경우에도 고압의 가스가 들어갈 수 있는점 들이다. 또한 산소와 아산화질소 또는 흡입마취제를 혼합할 수 있는 특수한 혼합기(blender)가 필요하다. 또 jet 및 기관지경의 크기, jet의 길이와 각도, 기관지경의 모양(straight 혹은 tapered end), 사용하는 흡입관의 크기, 흡입시간과 빈도등이 다 환기량에 영향을 줄 수 있다.

금번 본 교실에서 사용한 Karl Storz의 Injecttimer는 압력형으로써 팽창압과 호흡수 및 흡기 : 호기율로 판 조절을 하게 되어 있어 기관지경의 내경에 따른 일관성 있는 환기조절을 할 수 없었고 jet가 들어가는 관과 또다른 측관의 크기가 다양하여 환자에게 운반되는 산소의 정확한 농도를 알 수 없었으며 최대기도압력도 측정할 수 없었다. 또한 대다수 환자가 후두나 기관에 부종 및 협착이 있어 기관지경과의 사이에 여유가 없어 충분한 호기가 될 수 없었으며 환자들의 기관절개부위에 기왕에 삽입되어 있던 T-관을 교환해 주어야 하는 경우가 있어 이의 시술동안에 이산화탄소의 축적가능성이 많았다. 이러한 여러가지 이유로 기대한 만큼의 결과를 얻지는 못하였으나 적절한 대상을 고르고 기계조작 및 시술에 더 익숙해 진다면 유효한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

결 론

1983년 3월부터 9월까지의 사이에 진단 및 치료목적으로 기관지경정사를 시행한 10명의 환자에서 Karl Storz의 Freiburg model Injecttimer 8585 T를 사용하여 Venturi 원리를 이용한 고압산소로 환기시켜 다

음과 같은 결과를 얻었다.

1) 관찰대상은 2세에서 53세사이의 환자 10명으로써 남자가 8명, 여자가 2명이었다.

2) 진단별로는 성문하부종이 2명, 육아종과 폐기종이 각각 1명, 기도협착이 6명이었다. 기도협착 6명중 5명은 T-관이 삽입된 상태였다.

3) 기관지경의 내경은 3.0 mm에서 6.5 mm 사이로 다양하였으며 팽창압은 0.4 bar에서 1.0 bar 사이였고 흡기 : 호기율은 1 : 2 내지 1 : 3이었다.

4) 동맥혈가스분압의 측정결과 PaO_2 는 수술조작중이나 그후에도 높게 유지되었으나 PaCO_2 의 경우 2, 4, 5, 10에서 수술조작중 약간 증가하였고 전예에서도 평균적으로 약간 증가하였고 수술조작후에는 감소하여 정상범위를 나타내었다.

이상과 같은 결과로 보아 합당한 조건의 증례를 대상으로 선택하여 적절한 감시장치 및 최대기도압 측정을 병행하면서 이 Injecttimer를 이용한 기관지경술을 시행한다면 환자의 폐환기에 더욱 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Safar P: Ventilating bronchoscope. *Anesthesiology* 19:406, 1958
- 2) Sanders RD: Two ventilating attachments for Bronchoscopes. *Delaware Med J* 39:170, 1967
- 3) Carden E: A new and simple method for ventilating patients undergoing bronchoscopy. *Anesthesiology* 33:454, 1970
- 4) Muendrich K, Hoflehner G: Die Narkose-Beatmungs bronchoskopie. *Anesthetist* 21:121, 1953
- 5) Carden E: Positive-pressure ventilation during anesthesia for bronchoscopy; a laboratory evaluation of two recent advances. *Anesth Analg* 52:402, 1973
- 6) Spoerel WE: Ventilation through an open bronchoscope. *Canad Anaesth Soc J* 16:61, 1969
- 7) Morales GA, Ebstein BS, Cinco B, et al: Ventilation during general anesthesia for bronchoscopy. *J Thorac Cardiovas Surg* 57:873, 1969