□ 원 저 □

Oximetry를 이용한 산소투여방법의 평가에 관한 연구

—Oximetry를 이용한 SaO_2 치를 중심으로—

연세대학교 의과대학 내과학교실

전 평 · 장상호 · 이장훈 · 장 준 · 김성규

= Abstract =

Study on the Changes of SaO_2 According to the Different Type of Oxygen Suppliers

Pyung Chun, M.D., Sang Ho Chang, M.D., Chang Hoon Lee, M.D.

Joon Chang, M.D. and Sung Kyu Kim, M.D.

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

It is already established that low flow oxygen therapy is beneficial to the hypoxemic patients who need oxygen.

With development of non-invasive oxygen monitoring system such as pulse oximetry, variable oxygen monitoring studies were tried. One of those studies, we recently designed a modified oxygen cannula to improve oxygen effect with lower cost of oxygen therapy. We compared oxygen saturation using conventional nasal catheter (A), standard nasal cannula (B and C) and modified nasal cannula (D) at 1 through 3 L/min.

Under the same flow of oxygen, the level of SaO_2 by oximetry, are not significant in different type of oxygen supplier. With newly modified type D cannula there are significant changes of SaO_2 rather than type C cannula at flow of 2-3 L/min of oxygen ($P < 0.05$). The mean improvement in oxygen saturation using type D vs the type C was 1% at 2 L/min.

However, when the modified nasal cannula was compared with the conventional nasal cannula (type B) and the nasal catheter, SaO_2 levels were not significantly different at flow rates 1.0, 2.0 and 3.0 L/min.

There was a very good correlation between SaO_2 levels measured by ear oximeter and SaO_2 measured by ABG ($r = 0.97$).

서 론

호흡부전 환자에서 Barach와 Woodwell¹⁾이 산소투여의 효과를 보고한 이래, 저산소혈증 환자에 있어서 산소투여는 운동내성을 증가시키며^{2~4)} work of breathing³⁾ 및 기도저항을 감소시키고^{4,5)} 호흡곤란, 폐혈관 저항, 폐동맥고혈압, 적혈구증다증을 줄여 주며^{3~8)} 입원빈도를 감소시키는 효과가 있음^{4,6)}이 보고되었다.

종래에는 산소투여의 효과를 측정하기 위한 방법으로 arterial puncture를 통해 동맥혈을 직접 채취하여 동맥

혈 산소분압 및 포화도를 측정하였으나, 이는 관혈적인 방법이어서 환자에게 고통을 주며 비용이 많이 들고 연속적인 monitoring에 부적합하였다. 최근 ear oximeter를 이용하여 비관혈적으로 동맥혈 산소포화도를 측정할 수 있게 됨에 따라 환자에게 고통을 주지 않고 지속적인 monitoring이 가능하게 되었다⁹⁾. 그간의 여러가지 보고에 따르면 비관혈적으로 측정된 SaO_2 치는 동맥혈 가스분석으로 측정한 SaO_2 와 거의 일치하는 것으로 알려져 있다^{10~13)}.

한편 산소투여를 위해 사용되는 기구는 catheter, cannula, mask, oxygen tent 등이 있으나 어떤 기구를

Fig. 1. Various types of oxygen supplier.

Fig. 2. Comparison of arterial O₂ saturation (SaO₂) measured by ear oximeter and the SaO₂ calculated from the directly measured arterial PO₂ (PaO₂).

사용하는 산소투여의 목표는 동맥혈 산소분압을 60 mmHg, 산소포화도를 90% 정도로 유지하는 데 있다. 그러나 이러한 산소투여의 목표치를 유지하는 데 있어 사용되는 기구에 따른 산소투여의 효율성은 상당한 차이가 있다. 따라서 이를 사용하여 얻을 수 있는 산소투여의 효율성을 평가해 봄은 보다 나은 산소투여의 방법을 찾아 본다는 의미에서 중요하다 하겠다.

이에 저자는 연세대학교 부속 세브란스 병원에서 산소투여에 주로 사용되는 nasal catheter와 cannula를 통해 일정한 양으로 산소공급을 했을 때 어떤 종류의 기구

가 보다 효율적으로 SaO₂를 증가시키는지 또한 기존의 기구와 저자들이 고안한 cannula와의 효율성을 비교함으로써 가장 경제적인 산소투여 방법을 찾아보고 가능하면 기구의 개발에 응용하고자 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

본 연구에서는 산소투여를 위한 기구로서 nasal catheter(=이하 A형) 제조회사는 다르나 같은 형태의 두가지의 nasal cannulas 그리고 B형 및 C형과 다른 형태를 동일하나 nasal tip의 길이를 2배 정도 길게 만든 cannula(=이하 D형)를 사용하였다(Fig. 1).

SaO₂의 측정은 Ohmeda Biox pulse Oximeter를 사용하였으며 ABG와 oximeter로 측정된 SaO₂가 어느 정도 일치하는가를 보기 위해 36명의 환자를 대상으로 두 방법을 통해 SaO₂를 측정하여 비교하였다.

만성적인 저산소혈증으로 산소투여가 필요하거나, 산소를 투여 받고 있는 12명의 환자(남자 10명, 여자 2명)를 대상으로 하였으며 연령은 39세에서 76세 사이로서 평균연령은 58세였다.

산소투여의 효율성 측정을 위해, 측정하는 동안 환자는 의자에 편안한 자세로 앉아서 정상적인 호흡을 하도록 유도하였으며, 최소한 20분 정도 대기를 호흡한 상태에서 SaO₂의 기저치를 측정하고 그 후 A형 기구를 사용하여 11/min, 21/min, 31/min의 산소를 공급한 후 각각의 SaO₂를 측정하였다. 다시 대기로 호흡하게 하여

SaO₂가 처음 측정했던 기저치까지 떨어진 후 B형, C형, D형 기구를 사용하며 전과 동일한 방법으로 SaO₂를 측정하였다.

SaO₂ 측정시 정확한 기저치에 도달하도록 충분한 시간을 갖도록 하였으며 이에 소요되는 시간도 아울러 측정하였다.

측정된 결과에 대해서는 spss 1pc에 의한 paired t-test로 검정하였다.

결 과

먼저 Oximetry로서 측정한 SaO₂와 ABG를 통한 SaO₂를 비교하기 위하여 세브란스병원 폐기능검사실에서 36명을 대상으로 측정하였던 바 두 군간의 상관관계는 매우 유의한 일치도를 보였다($r=0.97 : P<0.001$) (Fig. 2).

기존의 상품화된 A형, B형, C형기구를 통해 11/min,

21/min, 31/min으로 산소를 공급하면서 SaO₂를 측정한 결과, A형기구를 사용한 경우 각각 평균 $89.8\pm5.4\%$, $92.8\pm4.6\%$, $94.8\pm2.6\%$, B형기구를 사용한 경우 평균 $90.1\pm5.3\%$, $92.8\pm4.2\%$, $94.8\pm2.6\%$, C형기구를 사용한 경우 평균 $89.9\pm4.9\%$, $92.5\pm3.9\%$, $94.2\pm2.3\%$ 였다. tip 길이를 길게 만든 D형기구를 사용한 경우 평균 $90.7\pm5.2\%$, $93.5\pm4.0\%$, $95.2\pm2.6\%$ 로서 (Fig. 3, Table 1) A형, B형, C형기구에 비해 각각 평균 $0.40\pm0.9\%$, $0.40\pm0.7\%$, $0.8\sim10\%$ 의 SaO₂가 더 증가된 결과를 보였다(Fig. 4).

D형기구를 사용한 경우 동일한 산소공급하에서 A형, B형기구에 비해 SaO₂에 유의한 차이가 없었으나, C형기구에 비해 21/min, 31/min의 산소공급하에서 SaO₂의 유의한 증가를 보였다($P<0.05$).

산소공급후 대기로 호흡하게 하여 기저치로 돌아오는 데 소요되는 시간은 5분에서 15분 30초의 분포를 보였다.

Fig. 3. Comparison of oxygen saturation at oxygen supply flows of 1.0, 2.0 and 3.0 l/min.

Table 1. SaO₂ Change during the Breathing of Oxygen at the Flow Rates of 1.0, 2.0 and 3.0 l/min

O ₂ flow rates	A	B	C	D
Room air	83.7±10.7	83.7±10.7	83.7±10.7	83.7±10.7
1 L/min	89.8±5.4	90.1±5.3	89.9±4.9	90.7±5.2
2 L/min	92.8±4.6	92.8±4.2	92.5±3.9*	93.5±4.0*
3 L/min	94.8±2.6	94.8±2.6	94.2±2.3*	95.2±2.6*

Values expressed as the mean ± 1 SD
 * P < 0.05

Fig. 4. Comparison of increasing oxygen saturation (ΔSaO_2) at each flow rate studied.

고 찰

만성적인 저산소혈증 환자에 있어서 산소공급은 저산소혈증을 교정하고, 호흡곤란, 폐혈관 저항 및 기도 저항을 감소시켜³⁻⁸⁾ 심근의 운동량과 work of breathing을 줄여 주는 것 외에 사회적, 심리적, 지적효과면에서도 중요하다^{3,14)}.

지속적 혹은 간헐적인 산소공급을 요하는 환자에 있어서 산소절감을 위해서는 가장 효율적인 기구를 사용하여 산소공급을 하는 것이 필요하다.

이에 저자들은 국내에서 흔히 사용되고 있는 nasal catheter(A형기구)와 nasal cannulas(B형, C형기구) 간에 산소공급의 효율성에 차이가 있는지를 규명하고, 이들 기구와 저자들이 다소 변형을 주어 만든 nasal cannula(D형기구)와의 차이를 비교함으로써 임상이용에 도움을 줄 수 있는가를 평가하고자 하였다.

ear oximeter로 SaO_2 를 측정하는 방법은 이미 1935년에 시작하였으나 적정한 표준치를 얻기 시작한 1970년 이후에서야 활발히 이용되기 시작하였으며, oximeter의 등장으로 SaO_2 를 ABG보다 비관혈적이며 간편한 oximeter로 측정이 가능하게 되었으며 oximetry로 측정한 SaO_2 치는 ABG로 측정한 SaO_2 치와 거의 일치한다고 한다¹⁰⁻¹³⁾. Auerbach등¹⁵⁾은 두 방법간의 차이가 평균 1% 정도라고 하였으며 Saunders등¹¹⁾과 Flick과 Block^{16,17)}도 비슷한 결과를 보고하였다. 저자들의 경우도 oximeter로 측정한 SaO_2 는 ABG로 측정한 SaO_2 와 거의 일치하는 결과를 보여 SaO_2 의 측정만을 위해서라

면 oximeter는 유용하게 ABG와 대치하여 사용할 수 있겠다.

Sherter등¹⁸⁾은 산소공급 중단 후 대기로 호흡하게 하여 SaO_2 가 기저치로 돌아오는 데 평균 20분이 소요되며 산소공급 후 SaO_2 가 안정된 값은 얻는데 Auerbach등¹⁵⁾은 평균 10분이 소요됨을 보고한 바 있으나, 대부분 20~30분 정도면 충분한 것으로 인정되고 있다¹⁸⁻²⁰⁾. 저자들의 경우 산소공급 중단후 기저치로 돌아오는 데 5분~15분 30초가 소요되었으나, 산소공급 혹은 중단 후 SaO_2 의 안정된 값을 얻기 위해서는 20분 정도의 시간적 여유를 두는 것이 바람직하다 하겠다.

Nasal cannula는 catheter에 비해 값은 비싸지만 착용시 비점막의 자극이 적고 외관상 보기가 좋으며 피부에 반창고로 인한 접촉성 피부염을 피할 수 있는 장점이 있으나 Gibson등²¹⁾은 두 기구를 통해 산소공급을 하면서 기관내의 산소농도를 측정하였을 때 별 다른 차이를 발견할 수 없다고 하였으며, 이는대기의 흡기로 인한 희석효과가 큰 때문이라 하였다. 본 실험에 있어서도 A형, B형, C형기구를 사용하여 산소공급을 하였을 때 각 기구간에 SaO_2 치의 차이가 없어 Gibson등²¹⁾과 같은 결과를 보였다.

장기적으로 산소공급이 필요한 환자에 있어서 산소절감은 경제적인면 뿐 아니라 환자의 활동범위를 넓힐 수 있으며 휴대용 산소용기의 무게를 가볍게 해 줄 수 있는 잇점이 있다.

그러나 nasal catheter와 cannula는 흡기시 뿐 아니라 호기시에도 계속적으로 산소가 공급되며 대기와의 희석효과로 인해 투여된 산소의 delivery가 적어 산소의 낭

비가 많은 단점이 있다. 따라서 산소낭비를 줄이기 위해 흡기시에만 작동되어 호기시에는 산소가 계속 공급되는 것을 막는 sensor가 부착되거나, reservoir를 부착하여 호기동안 산소가 reservoir 내에 저장되고 이 산소가 흡기 초기에 bolus로 공급됨으로써 산소 delivery를 원활하게 한 cannula가 개발되어 추천되고 있다.

Reservoir가 부착된 cannula를 사용한 경우 Moore-Gillon 등²²⁾은 기존의 nasal cannula에 비해 0.5~2.0l/min의 산소공급시 동일한 SaO_2 는 유지하는데 30~37.5%의 산소절감을 할 수 있다고 하였으며, Tipe 등²³⁾은 0.5l/min, 1l/min의 산소공급시 각각 2.9%, 2l/min의 산소공급시 2.6%의 SaO_2 를 더 증가시켜 상당한 산소절감을 할 수 있다고 보고하였다. 또한 흡기시에만 산소공급을 하도록 고안된 nasal cannula를 사용한 경우 Auerbach 등¹⁵⁾은 31%, Pflung 등²⁴⁾은 56%의 산소절감을 할 수 있다고 하였다.

저자들은 A형기구를 한쪽 비강내 2cm 정도에 위치시켜 사용하였으며, B형, C형기구는 tip의 길이가 1.1cm로서 양쪽 비강내 1.1cm 정도에 위치시켜 사용한 바 각 기구간에 산소투여의 효율성에 별 다른 차이가 없었다.

그 이유로서 B형, C형기구의 경우 tip의 길이가 너무 짧아 산소 delivery가 원활치 않았으리라는 점을 고려하여 tip의 길이를 2.4cm로 늘려 만든 D형기구를 제작하여 산소투여의 효율성을 비교하였다.

그 결과 A형, B형기구와는 차이가 없고 C형구에 비해 2l/min, 3l/min의 산소공급하에서 cannula의 유의한 증가를 보였으며 ($P<0.05$), 이는 sensor나 reservoir가 부착된 cannula에 비해서는 산소절감의 정도는 작으나 기존의 cannula에 간단한 조작만으로 산소절감의 효과는 얻을 수 있다는 데 의미가 있겠다.

그러나 C형기구 사용에 비해 D형기구 사용시 보인 SaO_2 의 증가를 비록 통계학적으로 유의하기는 하나, B형기구와 C형기구 간에 형태상의 차이가 없고 B형기구와 D형기구 사이에는 SaO_2 치에 유의한 차이가 없음을 고려할 때 대상 환자수를 더 늘려 비교해 볼 필요가 있으리라 생각된다.

C형기구에 비해 D형기구를 사용한 경우 2l/min 이상의 산소공급하에서 SaO_2 의 유의한 증가를 보였고, 이는 tip의 길이의 차이로 인한 효과임을 고려할 때 기존의 cannula의 tip의 길이를 좀 더 길게하여 사용함이 산소공급의 효율성을 높여줄 수 있을 것으로 생각되며 이를

위해서는 좀더 부드러운 cannula tip을 사용하여 비점막의 자극을 줄이는 노력이 필요하다 하겠다.

국내에서는 아직도 기초적인 nasal catheter와 cannula가 주로 사용되는 현실에서 장기간 산소공급을 요하는 환자에 있어서 효율적인 산소공급이 주는 여러가지 잇점을 고려할 때 reservoir가 부착된 cannula의 적극적인 활용과 아울러 보다 효과적인 기구의 개발에도 역점을 두어야 할 것으로 생각된다.

결 론

저자들은 기존의 상품화된 nasal catheter(A형), nasal cannulas(B형, C형)와 저자들이 다소 형태를 변형시킨 nasal cannula(D형)을 사용하에 각 기구간의 산소공급의 효율성을 비교 평가하였다.

- 1) Oximeter로 측정된 SaO_2 는 ABG로 측정된 SaO_2 와 거의 일치된 결과를 보였다($r=0.97$; $P<0.0001$).
- 2) A형기구와 B형, C형기구 사이에는 동량의 산소공급하에서 SaO_2 를 증가시킴에 있어 차이가 없었다.
- 3) 저자들이 고안한 D형기구는 A형, B형기구에 비해 SaO_2 를 증가시킴에 있어 차이가 없었으나, C형기구에 비해 2l/min, 3l/min의 산소공급하에서 SaO_2 의 유의한 증가를 보였다($P<0.05$).

REFERENCES

- 1) Barach AL, Woodwell MV: Studies in oxygen therapy. Arch Intern Med 28:421-425, 1921
- 2) Cotes JE, Gilson JC: Effect of oxygen on exercise ability in chronic respiratory insufficiency. Lancet 1: 872-879, 1956
- 3) Mays EE: Oxygen therapy in hypoxic chronic bronchitis. J Chronic Dis 22:421-430, 1969
- 4) Petty TL, Nett LM, Finigan MM, et al: A comprehensive care program for chronic airway obstruction. Ann Intern Med 70:1109-1120, 1969
- 5) Astin TW, Penman RWB: Airway obstruction due to hypoxemia with chronic lung disease. Am Rev Respir Dis 95:567-575, 1967
- 6) Stewart BN, Hood CI, Block AJ: Longterm results of continuous oxygen therapy at sea level. Chest 68: 486-492, 1975
- 7) Stark RD, Finnegan P, Bishop JM: Daily require-

- ment of oxygen to reverse pulmonary hypertension in patients with chronic bronchitis. *Br Med J* 3:724-728, 1972
- 8) Horsfield K, Segel N, Bishop JN: The pulmonary circulation in chronic bronchitis at rest and during exercise breathing air and 80% oxygen. *Clin Sci* 34: 473-483, 1968
 - 9) Burki NK, Albert RK: Noninvasive monitoring of arterial blood gases. *Chest* 83:666-670, 1983
 - 10) Yelderman M, New W Jr: Evaluation of pulse oximetry. *Anesthesiol* 59:349-352, 1983
 - 11) Saunders NA, Powles ACP, Rebuck AS: Ear oximetry: accuracy and practicability in the assessment of arterial oxygenation. *Am Rev Respir Dis* 113:745-749, 1976
 - 12) Scoggin C, Nett L, Petty TL: Clinical evaluation of a new ear oximeter. *Heart and Lung* 6:121-126, 1977
 - 13) Rebuck AS, Chapman KR, D'Urzo A: The accuracy and response characteristics of a simplified ear oximeter. *Chest* 83:666-670, 1983
 - 14) Krop HD, Blok AJ, Cohen E: Neuropsychologic effects of continuous oxygen therapy in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 64:317-322, 1973
 - 15) Auerbach D, Flick MR, Block AJ: A new oxygen cannula system using intermittent demand nasal flow. *Chest* 74:39-44, 1978
 - 16) Flick MR, Block AJ: Continuous in vivo monitoring of arterial oxygenation in chronic obstructive lung disease. *Ann Intern Med* 86:725-730, 1977
 - 17) Flick MR, Block AJ: Measurement of arterial oxygen saturation by oximetry. *Heart and Lung* 6:990-993, 1977
 - 18) Sherter CB, Jabbour SM, Kovnat DM, et al: Prolonged rate of decay of arterial PO₂ following oxygen breathing in chronic airway obstruction. *Chest* 67:259-261, 1962
 - 19) Massaro DJ, Katz S: Effect of various modes of oxygen administration on the arterial gas values in patients with respiratory acidosis. *Br Med J* 2:627-629, 1962
 - 20) Woolf CR: The diagnosis of emphysema: A physical sign, a roentgenographic sign and an oximeter test. *Am Rev Respir Dis* 80:705-715, 1959
 - 21) Gibson RL, Comer PB, Beckham RW, McGraw CP: Actual tracheal concentrations with commonly used oxygen equipment. *Anesthesiol* 44:71-73, 1976
 - 22) Moore-Gillon JC, George RJD, Geddes DM: An oxygen conserving nasal cannula. *Thorax* 40:817-819, 1985
 - 23) Tiep BL, Nicotra B, Carter R, Belman MJ, Mittman C: Evaluation of a low-flow oxygen-conserving nasal cannula. *Am Rev Respir Dis* 130:500-502, 1984
 - 24) Pflung AE, Cheney FW Jr, Butler J: Evaluation of an intermittent oxygen flow system. *Am Rev Respir Dis* 105:449-452, 1972