

산소요법 (Oxygen Therapy)

연세대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

강 정 완

임상에서 생기는 응급 상태의 치료지침에는 어김 없이 산소 투여를 우선적으로 서술하고 있다. 또한 환자에게 치과치료에 대한 공포를 없애주고 정신적인 안정감을 주기 위해서 이용하는 진정요법 시에도 호흡 저하와 같은 부작용이 동반될 수 있으므로 이를 예방하기 위해서 산소를 투여하는 것이 좋은 것으로 알려져 있다. 그러나 산소 투여방법이나 양에 대한 자세한 서술은 없는 경우가 대부분이다. 산소를 투여하는 목적과 산소투여방법들의 종류와 그 차이점을 이해하는 것은 환자의 상태에 따라 효과적으로 산소를 투여하기 위해서 필요하다.

산소요법의 목적

현재 많은 환자들이 산소투여를 받고는 있으나 치료지침서는 거의 없으며 단지 American College of Chest Physicians and the National Heart, Lung, and Blood Institute 에서 발간한 산소치료의 적응증이 있다. 이에 의하면 “보조 산소투여는 일반적으로 조직 저산소증이 생긴다고 가정되는 동맥혈 가스분석 결과 동맥혈 산소 분압 60 mmHg 이하거나 동맥혈 산소포화도 90% 이하일 때 투여함이 적절하다”고 하였다.

적절한 산소 요법으로 얻을 수 있는 임상적 효과는 다음과 같다.

1. 저산소혈증 치료

폐포내 산소 분압 감소에 의한 동맥혈 저산소혈증의 경우, 흡입 산소농도를 21% 이상으로 증가시키면 폐포내 산소 분압이 증가하므로 저산소혈증이 매우 효과적으로 개선될 수 있다.

2. 호흡 작업량 감소

저산소혈증(hypoxemia)이나 저산소증(hypoxia)은 일반적으로 호흡 작업량의 증가를 초래하며, 충분한 산소공급은 폐포내 산소분압을 정상으로 유지시켜 주므로 환기량 증가가 필요 없어 호흡 작업량을 감소시킬 수 있다.

3. 심근 작업량 감소

저산소혈증이나 저산소증시 동맥혈 산소함량 감소에 대한 보상기전으로 심박출량이 증가하는데, 폐포내 산소분압이 증가하면 심박출량의 증가가 없이도 적절한 동맥혈 산소화를 유지할 수 있다.

산소의 투여

1. 흡입산소분율(Fraction of Inspired Oxygen; FiO₂)

산소요법의 적절함과 효과를 측정하기 위해서는 임상적인 관찰과 혈중 가스분석이 필요하며, 이는 산소 투여를 계속할 건지와 어느 정도 효과가 있는지를 결정하는 데 중요하다. 여기에서 산소 장비와 기술도 알아야 할 필요가 있다.

정상적인 환기와 폐혈류의 복잡한 분포가 폐포

책임저자 : 강정완, 서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 치과대학 구강악안면외과학교실
우편번호: 120-752
Tel: +82-2-2228-3131, Fax: +82-2-364-0992
E-mail: jeongwan@yuhs.ac

산소 농도를 측정하기 힘들게 만든다. 산소 농도의 심한 변화는 흡기와 호기 주기에 따라 일어나며, 언제 어디서 측정하는 것이 가장 낫다는 것은 정해지지 않았다. 기관에서 추출하는 것이 현재는 기술적으로 정확해졌으나 임상적으로는 이러한 침습적인 방법을 일반적으로 사용하기에는 어려움이 따른다. 이러한 이유로 흡입 산소의 농도 분율을 임상적인 산소 흡입 농도의 기준으로 삼는다.

2. 흡입산소분율의 임상적 정의

산소요법이 적절한가에 대한 궁극적인 판단은 동맥혈 가스분석과 임상적인 관찰에 의하므로 산소투여에 있어 중요한 점은 그 투여 농도가 지속적이고 조절이 가능하여야 한다. 논리적으로 측정이 가능하거나 계산이 가능한 환자에게 투여되는 산소의 농도를 산소 흡입 분율이라 하며, 예를 들어, 500 ml의 일회호흡량에서 250 ml의 산소가 포함되어 있다면 흡입산소분율을 0.5 (50%)라 한다. 여기서는 흡입가스가 기관-기관지와 폐 실질에 걸쳐 어떻게 분포되는 지에 대해서는 고려하지 않는다. 다만 흡입되는 공기에 산소가 50%라는 사실만 생각한다. 이렇게 함으로써 어떤 방법으로 산소를 투여하든 간에 일관적이고, 실질적이며 이해 가능한 용어로 사용될 수 있다.

산소투여 방법

산소가 폭발성이 없으며, 그리 비싸지 않고, 쉽게 이산화탄소의 재호흡을 피할 수 있기 때문에, 산소요법은 공급되는 산소가 재호흡되지 않는 전달방법을 이용한다.

이는 고유량 산소법과 저유량 산소법으로 나누어진다. 이런 분류는 환자의 호흡에 필요한 전체 가스유량의 공급여부에 근거를 두고 있으며 고유량 산소법은 환자의 흡기 시의 최고 유량에 필요한 전체 가스유량을 공급함으로써 지속적인 흡입 분율을 제공하지만, 저유량법은 그렇지 못하여 환자의 환기 요구량에 따라 흡입 가스의 일부를 실내공기로 채우게 되어 흡입 분율이 환자의 환기 양상에 따라 변한다.

또 하나 안타까운 오해는 많은 경우에 저농도 산소요법이 비 카놀라(cannula)를 통한 산소 유량을

표현하는 것처럼 혼동되어 사용된다. 다시 말해 저농도 산소요법이 저유량 산소요법과 같은 의미로 사용된다는 것이다. 그러나 산소요법에서 중요한 것은 흡입산소분율이므로 산소 유량은 전체 가스 유량으로만 비교되어야 하며, 주어진 산소 유량에서의 산소 농도는 산소공급기구와 환자의 환기 상태에 따라 결정된다.

1. 고유량 산소법

고유량 산소법의 특성은 환자의 호흡양상의 변화에 무관하게 정확하고 계속적으로 일정한 흡입산소분율을 제공하는 것이다. 환자는 산소공급기구에서 투여하는 가스로만 호흡한다. 고유량이란 말이 고농도를 의미하는 것이 아니므로, 고유량 산소법에서 산소 농도를 조절함으로써 고농도와 저농도의 산소를 투여할 수 있다.

대부분의 고유량 산소 투여 장치는 일정한 흡입산소분율과 적절한 유량을 제공하기 위해 대기의 유입을 사용한다. 전통적인 Venturi 장치는 Bernoulli의 원리를 응용한 것으로 좁은 구멍을 빠져나간 가스의 속도가 증가되어 대기압보다 낮은 측부 압력을 형성함으로써 대기가 주기류에 유입(entrainment)되는 원리이다.

벤투리(Venturi) 장치를 이용한 고유량 산소 투여 장치의 흡입산소 농도 조절은 산소 분출구의 구경과 대기가 유입되는 입구의 크기의 변화에 의해 결정되며, 제공되는 가스의 총량은 산소 유량 변화에 의해 결정된다(Table 1).

보통 0.24-0.40의 흡입산소분율로 산소를 투여하기 위해서는 벤투리 마스크가 사용되며, 흡입산소분율을 0.40 이상으로 투여할 때는 jet형 분무기(nebulizer)를 사용하고 있다.

일정한 흡입산소분율을 유지하기 위해서는 전체 가스유량은 환자의 최고 흡기유량(peak inspiratory flow)보다 커야 한다. 저장나도 중요하지만 그래도 가장 중요한 것은 전체가스유량이며, 이는 임상적으로 볼 때 환자의 분시 호흡량의 최소한 4배 이상이어야 한다.

고유량 산소법의 두 가지 큰 장점으로서는 역시 환자의 호흡 양상과는 무관하게 일정한 흡입산소분율을 유지할 수 있다는 것과 흡기 가스 모두를 제공하기 때문에 온도와 습도를 조절하기가 용이하다는

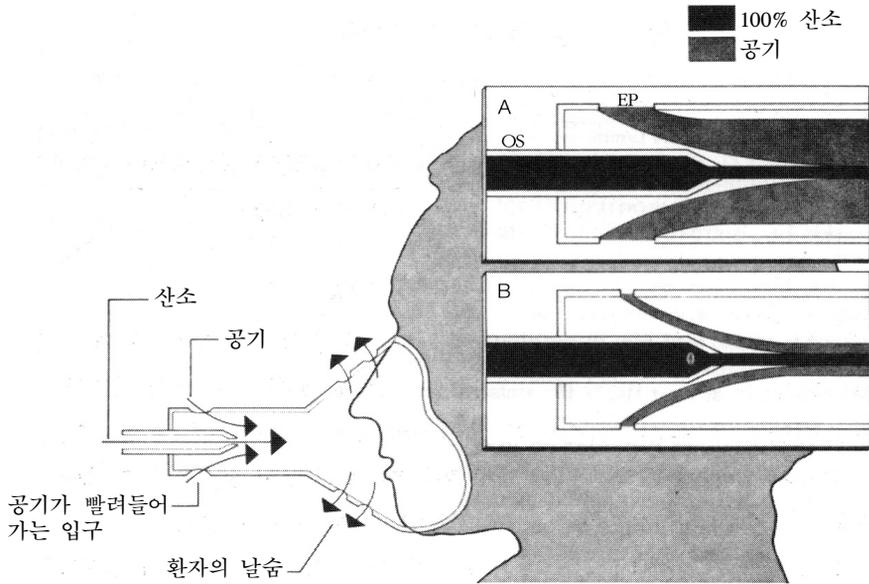


Fig. 1. 동통이 생체에 미치는 영향

Table 1. 벤투리 장치에서 공기가 유입되는 비율

산소/공기 유입비	최소 산소유량	총유량	F10 ₂
1 : 25	4	104	.24
1 : 10	4	44	.28
1 : 7	6	48	.31
1 : 5	7	48	.35
1 : 3	7	32	.40
1 : 1.7	12	32	.50
1 : 1.1	12	24	.60
1 : 0.6	12	19	.70

이것은 대기는 20.9% 산소농도 입을 가정한 것이다.

이다. 그러나 매우 중요한 아쉬운 점은 70% 이상의 고농도 산소를 투여하기는 힘들다는 것이다.

2. 저유량 산소법

저유량 산소법에서는 장치내의 가스유량이 총 흡입요구량을 충족시키지 못하므로, 일회호흡량의 일부를 실내공기로 채운다. 이 때 흡입산소분율은 산소저장량의 크기, 산소유량(L/min), 호흡 양상에 의해 좌우된다. 비록 흡입산소분율이 정확하거나 믿을 수 없었지만 전통적으로 쉽게 사용할 수 있고,

경제적이며, 환자의 편리함을 등의 이유로 널리 사용된다.

원리상으로는 저유량 산소법에서는 산소저장량의 유무와 실내공기에 의한 희석에 의해 흡입산소분율이 결정된다. 정상인에서 정상적인 호흡 양상이라는 전제 하에 저유량 산소법에서의 흡입산소분율을 예상해보면,

일회호흡량	500 ml
분당 호흡수	20회/분

Table 2. 저유량 산소 기구에서 예상 흡입산소분율에 대한 지표

투여장치	100% 산소유량(L/min)	흡입산소분율	
캐놀라 혹은 카테테르	1	0.24	
	2	.28	
	3	.32	
	4	.36	
	5	.40	
	6	.44	
산소마스크	단순	≥ 5	0.40-0.60
	부분재호흡	≥ 8	≥ 0.60
	비재호흡	≥ 10	≥ 0.80

흡기시간 1초
 호기시간 2초
 해부학적 저장낭 50 ml

해부학적 저장낭은 코, 비인두, 구인두로 구성된다. 일반적으로 해부학적 저장낭은 해부학적 사강의 1/3로 계산될 수 있으므로 $1/3 \times 150 \text{ ml} = 50 \text{ ml}$ 가 된다.

예를 들어 이러한 환자에게 비 카놀라를 이용하여 6 L/min (100 ml/sec)의 산소를 투여한다고 가정하면, 정상 환자에서 호기의 대부분은 호기시간의 75%에서 일어나므로, 마지막 0.5초에서 호기되는 양은 거의 없으므로, 이 시간 동안에 100%의 산소로 해부학적 저장낭을 완전히 채우게 된다.

이런 상황에서 환자가 흡기를 하게 되면 일회호흡량인 500 ml은 다음과 같이 구성된다.

해부학적 저장낭에서의 100% 산소 50 ml
 비 카놀라를 통한 100% 산소 100 ml
 실내 공기 20% 산소 350 ml

일회호흡량인 500 ml 중 100% 산소가 220 ml이므로, 흡입산소분율은 0.44 (44%)가 된다. 이 의미는 “정상적인 호흡 양상”을 가진 일회호흡량이 500 ml인 환자에서 비카놀라를 통하여 분당 6 L의 산소를 투여하면 흡입산소분율이 0.44가 된다는 것이다.

이 환자에서 산소 유량을 1 L에서 6 L까지 계산

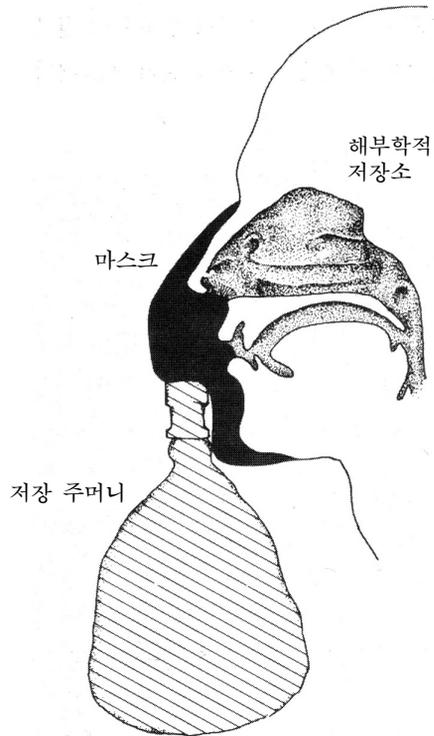


Fig. 2. 저유량 산소요법에서의 저장장치. 해부학적 저장낭은 코, 코인두, 입인두로 구성된다. 이 저장낭은 해부학적 사강의 약 1/3에 해당한다. 부착한 저장장치로는 (1) 마스크: 부착한 것에 따라 다르나 100-200 ml 정도의 산소를 저장, (2) 저장주머니: 600-1,000 ml까지 저장량을 늘릴 수 있다.

해 보면 1 L의 유량이 증가할 때마다 흡입산소분율이 0.04 (4%)만큼씩 증가함을 알 수 있다(Table 2).

① 경비 캐놀라나 카테테르

- a. 이론적으로 산소유량을 1 L/min 증가시킬 때마다 흡입산소분율은 0.04씩 증가한다.
- b. 경비 캐놀라는 카테테르에 비해 사용할 때 환자가 편한 장점이 있으나 환자가 코로 숨을 쉴 수 있어야 하며 입으로 숨을 쉴 때는 산소분율을 증가시킬 수 없다.
- c. 경비 카테테르는 캐놀라보다는 효율적으로 산소를 공급할 수 있으나 환자가 불편해한다. 카테테르의 끝은 여러 구멍(10개 이상)으로 구성되어 있으며 한 구멍에서 500 mL/L 이상의 가스유량이 나오면 환자가 더욱 불편해 한다.

d. 이 방법으로는 산소유량을 분당 6 L 이상으로 올려도 더 높은 산소농도를 얻기 힘들데 그 이유는 이미 그 유량에서는 해부학적 저장낭이 100% 산소로 채워지기 때문이다. 따라서 저유량 방법으로 높은 산소농도를 제공하려면 산소 저장낭을 크게 해야 한다(Fig. 2).

② 산소 마스크

- a. 유량을 분당 5 L 이상으로 유지해야 한다. 그 이하가 되면 호기가스가 마스크에 축적되어 재호흡이 일어난다.
- b. 분당 8 L 이상을 투여하여도 이미 저장낭이 100% 산소로 차 있으므로 흡입산소분율을 증가시킬 수는 없다.
- c. 흡입산소분율을 0.6 이상으로 투여하려면 저장낭을 부착한 마스크를 사용하여야 하며 흡입산소분율을 0.8 이상 투여하려면 저장낭에서 재호흡이 일어나지 않도록 일방향성 밸브를 장치하여 저장낭을 단지 산소 저장장치로만 사용하여야 하며, 흡기 시에 찌그러지지 않게 하여야 한다.

이로써 실제 임상에서 적용 가능한 저유량 산소법의 산소유량에 대한 기준은 정해졌지만, 저유량 산소법에서 환자의 분시 환기량이 증가하여 산소투여 유량을 초과하게 되면 실내 공기를 유입하게 되어 흡입산소분율은 감소하게 된다. 즉 저유량 산소법의 흡입산소분율은 환자의 일회호흡량과 호흡횟수, 분시환기량, 호흡 양상 등의 변화에 의해 심하게 달라진다는 것을 꼭 감안하여야 한다.

아래 표와 같이, 저유량 산소법에서 동일한 산소유량인 경우 환자의 분시환기량이 커지면 커질수록 흡입산소분율은 감소하고, 분시환기량이 적어질수록 흡입산소분율은 증가한다.

이 경우 환자의 분시환기량의 4배의 증가는 흡입산소분율의 47%의 감소를 보인다. 환자가 환기요구량이 큰 경우에는 저유량 환기법으로는 제대로 산소를 투여할 수 없다는 것을 보여준다.

O ₂ flow	VE	FiO ₂
6 L/min	5 L/min	0.60
6 L/min	10 L/min	0.44
6 L/min	20 L/min	0.32

③ 저장낭이 달린 산소 마스크(Fig. 2)

산소 마스크에 저장낭을 달면 산소를 600-1000 mL 정도 저장할 수 있게 된다. 저장낭이 충분해 있다면 환자는 저장낭 속의 가스만 흡입하게 된다. 여기에 두 가지 종류의 장치가 있다. 부분 재호흡 장치는 호기 초의 가스가 저장낭으로 들어가는 방식으로 호기가 진행됨에 따라 점차 호기 유량이 감소하여 산소 유량보다 낮아지면 더 이상 저장낭으로 들어가지 않는다. 호기 초의 공기에는 상기도에 속하는 해부학적 사강에 분포했던 가스이므로 인산화탄소는 거의 없으며 산소 농도가 높다. 이 장치로는 흡입산소분율을 70-80% 정도 제공할 수 있다. 재호흡이 없는 장치는 일방통행밸브를 달아서 호기 시의 가스가 저장낭으로 들어가지 않도록 고안되었다. 이는 순수 산소를 공급할 수 있다.

이와 같이 저장낭이 있는 산소 마스크는 흡입 가스의 조성을 조절하기 쉬우며 고농도의 산소를 제공할 수 있다.

3. 산소요법의 임상적 판단

환자가 산소요법을 필요로 하는 경우 어떤 방법이 적절한가 하는 것은 환자에게 정확하고, 예측가능하게 일정한 흡입산소분율을 제공할 수 있느냐에 따라 정할 수 있다. 저유량 산소법이 환자가 잘 견딜 수 있으며 사용하기에 간편하므로 환자의 호흡양상이 일정하여 저유량 방법으로 충분한 경우에는 저유량법을 사용하는 것이 좋다. 저유량 산소법이 적절한가에 대한 일반적인 기준은 Table 2와 같다. 일반적으로 환자가 정상적인 호흡 양상과 분시환기량을 보이며 임상적으로 안정적이라면 저유량법이 적절하다고 얘기할 수 있다, 성인에서 일회호흡량이 300-700 ml이고, 호흡회수가 분당 25회 미만이며, 호흡양상이 규칙적이고 일정하다면 저유량 산소법으로 적절하고 예측 가능한 흡입산소분율을 제공할 수 있다. 이들 중 하나라도 맞지 않으면 고유량 산소법을 사용하여야만 일정한 흡입산소분율을 제공할 수 있다.

산소요법은 심폐계의 일을 최소화하면서 조직의 산소화를 적절하게 하기 위한 것이므로 산소요법이 적절하고 효과적인 지를 판단하기 위해서는 심폐기능에 대한 이학적 검사로 간단히 할 수 있다.

심혈관계의 상태 파악은 혈압, 맥박수, 말초조직

관류 상태 등을 관찰하여 할 수 있다. 치료 전의 상태와 비교하는 것이 중요하며, 환자를 파악할 때는 항상 측정하여야 한다. 수축기혈압, 이완기 혈압, 맥박수, 부정맥 등을 관찰하여야 한다. 말초조직 관류 상태는 피부 색깔, 상태, 모세혈관 재충전을 관찰함으로써 쉽게 알 수 있으며, 피부가 따뜻하고 건조하다면 조직 관류가 충분하다고 할 수 있다. 소변량과 의식 상태는 전반적인 조직 관류를 짐작할 수 있게 한다. 감각 장애가 없는 환자는 뇌 관류가 충분하다고 할 수 있으며, 혼동이나 기면 상태를 보이는 환자는 대뇌 피질의 산소 부족을 의심하여야 한다.

환기 상태는 일회호흡량, 호흡회수, 호흡일(work of breathing)을 측정하여 판단한다. 일회호흡량은 단순한 관찰만으로는 알기 힘들다. 산소요법이 중요하다면 일회호흡량을 꼭 측정하여야 한다. 호흡회수는 1분 동안 측정하여야 하며, 그 주기와 일회호흡량이 불규칙하지 않은 지를 관찰한다. 호흡양상이 산소요법에 영향을 미치는 가장 중요한 요소이

다. 호흡일은 호흡근들의 움직임의 정도를 가늠하고 판단하며, 특히 호흡 보조근들이 활발히 움직이면 호흡일이 큰 것이다. 환자가 주관적으로 느끼는 호흡 곤란의 정도가 산소요법의 효과에 있어 가장 민감한 표지이므로 의식이 있는 환자에서는 호흡 곤란이 심해지는 지 나아지는 지에 대해 물어볼 수 있으며 이를 잘 판단하여야 한다.

참 고 문 헌

- 대한치과마취과학회 편저. 치과마취과학. 군자출판사. 2005
- 연세대학교 의과대학 마취과학교실 편. 마취통증 중환자학 길잡이. 아카데미아. 2002
- Guyton and Hall. The Textbook of Medical Physiology. 11th ed. Elsevier Saunders. 1991
- Marino PL. The ICU Book. 3rd ed. Philadelphia, LWW. 2007
- Shapiro BA. Clinical Application of Respiratory Care. 4th ed. St. Louis, Mosby. 1991