동맥혈 산소분압 예측지표로서의 aA ratio의 임상적 의의

경희대학교 의과대학 마취과학교실

박 원 일 · 김 동 수

= Abstract =

Clinical Significance of Arterial/Alveolar Oxygen Tension Ratio as an Index of Prediction of New Arterial Oxygen Tension

Won Il Park, M.D. and Dong Soo Kim, M.D.

Department of Anesthesiology, Kyung Hee University, School of Medicine, Seoul, Korea

To evaluate the sensitivity of the arterial/alveolar oxygen tension ratio as an index of rapid and simple method for predicting the new arterial oxygen tension at any fractional concentration of inspired oxygen, smallle reviewed the arterial blood gas data obtained before and after an inspired oxygen concentration change from 16 mechanically ventilated patients.

The results were as follows;

1) There was no statistically difference between the predicted arterial oxygen tension 95 ± 6 torr(mean $\pm$ S.D.) and the obtained(actual) arterial oxygen tension 94 ± 5 torr(mean $\pm$ S.D.) in the patient group with arterial/alveolar oxygen tension ratio change below 0.02 after the inspired oxygen concentration change($P > 0.01$).

2) There was statistically significant difference between the predicted arterial oxygen tension 105 ± 7 torr(mean $\pm$ S.D.) and the obtained(actual) arterial oxygen tension 91 ± 6 torr(mean $\pm$ S.D.) in the patient group with an arterial/alveolar oxygen tension ratio change above 0.06 after the inspired oxygen concentration change($P < 0.05$).

The analysis presented that the new arterial oxygen tension was acculately predicted by the equation if the arterial/alveolar oxygen tension ratio changed ≤ 0.02 after the inspired oxygen tension change and that poorly predicted if the arterial/alveolar oxygen tension ratio change ≥ 0.06 after the inspired oxygen tension change.

서 론

중환자관리에 있어서 호흡요법의 중요성이 크게 인식되어 이 분야에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 특히 폐를 통하여 섭취된 산소가 순환에 의하여 조직과 장기에 공급되어 mitochondria에서 일련의 대사과정을 거치는등 산소의 임상적 의의가 밝혀지므로해서 산소는 호흡부전증 및 여러 원인에 의한 저산소증의 치료에 필수적인 치료제가 되고 있다.

그러나 고농도 산소의 장시간 투여는 폐표면장력소의 감퇴와 폐의 渗出性 변화로 폐실질의 병변과 가스교환능력의 감소를 초래하는 한계성을 내포하고 있으므로 가급적 조직의 대사과정에 필요한 범위내에서 산소를 공급하려는 노력을 시도하고 있으며 여기에는 동맥혈 가스분석이 크게 뒷받침을 해주고 있다¹⁾.

그러나 동맥혈 산소분압(PaO_2)을 적정수준으로 유지하기 위해서는 빈번하게 동맥혈 가스분석을 시행하여 吸入氣 산소농도(FiO_2)를 조정하여야 하는 바 여기에는 경제적 부담뿐만 아니라 동맥천자에 따른 어려가

Table 1. Results of Arterial Blood Gases Data

Pat. no.	Old FiO ₂	Old PaO ₂ (torr)	Old PaCO ₂ (torr)	New FiO ₂	Predicted PaO ₂ (torr)	Obtained PaO ₂ (torr)
1	0.5	120	49	0.4	90	92
2	0.5	140	38	0.4	107	104
3	0.5	165	42	0.35	106	94
4	0.5	116	45	0.45	103	100
5	0.5	82	46	0.6	100	96
6	0.5	124	35	0.4	97	82
7	0.5	148	37	0.35	98	95
8	0.5	139	46	0.4	105	98
9	0.5	72	48	0.6	89	85
10	0.5	154	38	0.35	101	88
11	0.5	86	46	0.55	97	94
12	0.5	212	35	0.3	107	100
13	0.5	165	34	0.3	89	92
14	0.5	140	38	0.35	91	88
15	0.5	176	40	0.30	93	96
16	0.5	85	47	0.55	93	89

지 합병증들이 수반되는 문제점이 있다²⁾.

이에 저자는 적정 PaO₂를 유지하기 위하여 여러차례 동맥혈 가스분석을 실시하여 FiO₂를 조정하는 문제점을 보완하는 방법으로서 PaO₂와 폐포 산소분압(PAO₂)의 비율(PaO₂/PAO₂ ratio, 이하 aA ratio)은 FiO₂의 변화에 큰 관계없이 비교적 일정하다는 Gilbert와 Keighley³⁾의 실험적 사실에 근거하여 FiO₂변경후 aA ratio를 이용하여 算定한 PaO₂와 실제 PaO₂간의 차이에 대한 有意性을 검토하고 aA ratio가 PaO₂의 豫測指標로서 임상적 効用性이 있는지 究明하기 위하여 본 실험을 시도하였다.

관찰대상 및 방법

본원 중환자 관리실에서 호흡관리를 받고 있는 환자 16명을 대상으로 하였으며, 남자 10명, 여자 6명이었고, 연령분포는 18세부터 58세까지로 평균 39±4세이었다.

환자의 질환별로는 경추손상에 의한 호흡마비가 4예, Guillain-Barré 증후군이 3예, 다발성 조직손상이 3예, 뇌혈관 질환이 1예, 그리고 결핵성 뇌막염이 1예였으며 모든 예에서 기관절개를 시행하여 Bourns Bear I* Ventilator, Ohio* critical care Ventilator 또는

Puritan Bennet® 7200 a ventilator로 1회 환기량 10~15 ml/kg, 호흡수 10~13회/분으로 PaCO₂가 35~45 torr 범위를 유지하도록 하였다.

FiO₂는 모든 예에서 본 연구를 위하여 처음에 0.5를 선택하였고 약 20분후 동맥혈 가스분석을 하여 얻은 결과를 토대로 PAO₂와 aA ratio를 산정하였다.

이어서 환자의 PaO₂상태에 따라 FiO₂를 증가시키거나 혹은 감소시킨 다음 약 20분후 동맥혈 가스분석하여 그 결과를 토대로 PAO₂와 aA ratio를 얻었으며 또한 FiO₂변경전의 aA ratio와 FiO₂변경 후의 aA ratio간의 차이(aA ratio 변화)에 따른 예측 PaO₂와 실제 PaO₂간의 차이에 대하여 통계적 유의성을 검정하였다.

본 실험에서 FiO₂변경전의 PaCO₂와 변경후의 PaCO₂ 사이에는 차이가 거의 없다고 가정하였으며 동맥혈 가스분석은 Corning社 175 Blood gas analyzer를 이용하였고 PAO₂와 aA ratio 및 예측 PaO₂는 다음 공식에 의거하여 산정하였다.

FiO₂변경전의 PaO₂와 PAO₂를 편의상 old PaO₂ 및 PAO₂ 그리고 FiO₂변경후의 PaO₂와 PAO₂를 각각 new PaO₂ 및 PAO₂라고 하였다.

$$PAO_2 = (PB - PH_2O) \times FiO_2 - \frac{PaCO_2}{R} \quad \dots\dots ①$$

PB : 대기압(760 torr)

Table 2. Relationship of Predicted PaO₂ to Obtained PaO₂ in those with aA Ratio Changes Below 0.02

Pat. No.	Old aA ratio	New aA ratio	aA ratio change	Predicted PaO ₂ (torr)	Obtained PaO ₂ (torr)
1	0.40	0.41	0.01	90	92
2	0.45	0.44	0.01	107	104
4	0.39	0.38	0.01	103	100
5	0.27	0.26	0.01	100	96
7	0.48	0.47	0.01	98	95
9	0.24	0.23	0.01	89	85
11	0.29	0.27	0.02	97	94
13	0.52	0.54	0.02	89	92
14	0.45	0.43	0.02	91	88
15	0.57	0.58	0.01	93	96
16	0.29	0.27	0.02	93	89
Mean	0.39	0.38	0.01	95*	94
S.±D.	0.01	0.01	0.006	6	5

*P>0.01; as compared with obtained PaO₂
S.D.; Standard Deviation

Table 3. Relationship of Predicted PaO₂ to Obtained PaO₂ in those with aA Ratio Changes Above 0.06

Pat. No.	Old aA ratio	New aA ratio	aA ratio change	Predicted PaO ₂ (torr)	Obtained PaO ₂ (torr)
3	0.54	0.48	0.06	106	94
6	0.40	0.34	0.06	97	82
8	0.46	0.40	0.06	105	92
10	0.50	0.43	0.07	101	88
12	0.68	0.59	0.09	116	100
Mean	0.52	0.45	0.07	105*	91
S.±D.	0.10	0.09	0.01	7	6

*P<0.05; as compared with obtained PaO₂
S.D.; Standard Deviation

PH₂O : water vapor 분압(47 torr)

R : 호흡상수(0.8이라고 가정)

$$\frac{\text{old PaO}_2}{\text{old PAO}_2} = \frac{\text{new PaO}_2}{\text{new PAO}_2} \dots\dots\dots ②$$

$$\begin{aligned} \text{aA ratio} &= \frac{\text{old PaO}_2}{\text{old PAO}_2} \text{ 또는 } \text{aA ratio} \\ &= \frac{\text{new PaO}_2}{\text{new PAO}_2} \dots\dots\dots ③ \end{aligned}$$

공식 ③에 의하여

$$\begin{aligned} \text{new PaO}_2 &= \text{new PAO}_2 \times \text{aA ratio} \dots\dots\dots ④ \\ (\text{aA ratio는 Fio}_2\text{변경전의 것임}) \end{aligned}$$

결 과

1) aA ratio의 변화

16예에서 aA ratio의 변화는 최소 0.01부터 최고 0.09까지 분포하였는 바 그중 0.02이하인 11예의 aA ratio 변화는 평균 0.01±0.006이었으며 0.06이상인 5예의 aA ratio 변화는 평균 0.07±0.01이었다(Table 1).

2) aA ratio 변화에 따른 예측 PaO₂와 실제 PaO₂ 차의 유의성

(1) aA ratio 변화가 0.02이하인 그룹의 예측 PaO₂

는 평균 95 ± 6 torr였으며 실제 PaO_2 는 평균 94 ± 5 torr로 양 그룹사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > 0.01$)(Table 2).

(2) aA ratio 변화가 0.06이상인 그룹의 예측 PaO_2 는 평균 105 ± 7 torr였으며 실제 PaO_2 는 평균 91 ± 6 torr로 예측 PaO_2 는 실제 PaO_2 에 비하여 평균 14 torr 증가하였는 바 이것은 통계적으로 유의한 차이였다($p < 0.05$)(Table 3).

고 안

肺가 단순히 산소와 탄산가스의 교환을 주기능으로 하는 장기이기 보다는 산-염기상태 조절⁴⁾, 혈액의 심장환류량 조절⁵⁾, 각종 효소 및 호르몬조절⁶⁾ 그리고 혈액내의 고형성분을 여과하는등⁷⁾ 많은 작용을 하고 있음이 밝혀졌으며 특히 대사성 병변에 대한 호흡성 대상능력⁸⁾을 가지고 있다는 점에서 폐기능의 중요성이 강조되고 있다.

산소요법의 목표는 조직에서의 산소분압을 증가시켜 저산소증을 예방 및 치료하며 또한 저산소증환자에서 운동에 대한 耐性을 증가시켜 주고 호흡운동량(work of breathing)과 심근운동량(myocardial work)을 감소시키는 데에 있다고 할 수 있으며⁹⁾ 산소의 임상적 의의가 밝혀지고 그 측정방법이 개발되므로 해서 산소요법은 중환자관리면에서 큰 기여를 하고 있음은 周知의 사실이다.

일반적으로 조직의 산소화(oxygenation) 및 산소요법의 효과등을 평가하는 지표로서 PaO_2 를 측정하고 있으나 단순히 PaO_2 만으로는 폐기능 및 조직의 산소화등을 평가하는 데에 미흡하므로 좀더 세분화된 지표로서 폐포와 동맥혈간의 산소분압차(AaDO_2) 또는 동맥혈과 중심정맥혈간의 산소함량차(C(a-v)DO_2)등을 측정하여 폐의 산소화능력 또는 조직의 산소섭취력등을 평가하고 있다.

즉 폐포내 산소함량이 이상적일 지라도 동맥혈의 산소함량은 폐확산 장애, 호흡량과 혈류량의 比(Ventilation/perfusion ratio, V/Q ratio) 그리고 정맥혈의 混入(shunt)현상등에 의하여 폐포내 산소함량보다 감소하기 때문이다¹⁰⁾.

일반적으로 대기상태에서 정상인의 AaDO_2 는 약 15 torr 이하이며 FiO_2 가 1.0(100%)일 경우에는 50 torr 이하이나 단일 이 범위를 벗어날 경우에는 비정상적으로 shunt 등의 인자(들)가 단독 혹은 복합적으로 內在하고 있다고 생각할 수 있다¹¹⁾.

따라서 shunt 나 $\dot{V}/\dot{Q}$ 불균형등이 존재하는 경우에 AaDO_2 는 FiO_2 의 증감에 따라 일정하지 않고 크게 변화하므로 이것을 폐와 동맥혈간의 산소화능력을 평가하는 지표로 삼기에는 어려운 점이 있다는 지적이 나오고 있다.

1974년 Gilbert 와 Keighley¹²⁾는 aA ratio 는 AaDO_2 와는 달리 FiO_2 의 변화에 관계없이 비교적 일정하므로 폐의 산소화능력을 나타내는 지표가 될 수 있다고 하였으며 또한 이것을 이용하여 FiO_2 변경후의 PaO_2 를 예측할 수 있으므로 환자로 하여금 저산소증이나 과산소증에 노출되는 시간을 단축할 수 있으며 동맥혈 가스분석을 줄임으로서 경제적 부담뿐만 아니라 동맥천자에 따른 합병증을 감소시키는 잇점이 있다고 하였다.

정상인에서 aA ratio 는 FiO_2 에 관계없이 대략 0.75 이상이며 이 이하로 감소하게 되면 폐의 산소화능력은 감소되어 있다고 평가할 수 있다¹³⁾.

본 연구의 대상환자들에서 aA ratio 가 평균 0.38에서부터 0.52까지로 정상하한선(lower limit)인 0.75보다 감소되어 있는 것으로 보아 shunt, $\dot{V}/\dot{Q}$ 불균형 또는 확산장애 등에 의하여 폐와 동맥혈간의 산소화가 충분히 이루어지지 않고 있다고 생각된다.

aA ratio 의 一定性(constancy)은 shunt 을 및 호흡량과 혈류량의 불균형의 정도에 의해서 좌우된다고 한다.

Gilbert 등¹⁰⁾은 shunt 와 $\dot{V}/\dot{Q}$ 불균형이 FiO_2 변화에 따른 aA ratio 및 AaDO_2 에 미치는 영향을 관찰하였는 바 shunt 가 크게 증가한 환자그룹에서 aA ratio 는 가장 일정한 반면 AaDO_2 는 가장 변화가 심한 사실을 밝혀냈으며 또한 shunt 와 $\dot{V}/\dot{Q}$ 불균형이 복합적으로 존재하는 환자에서는 FiO_2 가 증가하면 aA ratio 도 따라서 변화한다고 하였다.

이것은 shunt 가 증가한 환자에서는 aA ratio 가 AaDO_2 에 비하여 폐포와 동맥혈간의 산소화능력을 평가하는 데에 있어서 신뢰도가 월등히 높음을 시사하며 아울러 shunt 와 $\dot{V}/\dot{Q}$ 불균형이 공존하는 경우에는 FiO_2 가 높지 않은 상태 즉 PaO_2 가 낮은 상태(100 torr 이하)에서 aA ratio 는 비교적 일정하다는 것을 알 수 있다.

따라서 PaO_2 100 torr 내의를 유지할 수 있는 FiO_2 는 임상적으로도 적절한 산소농도이므로 shunt 뿐만 아니라 $\dot{V}/\dot{Q}$ 불균형을 동반한 환자에서는 aA ratio 를 이용한 PaO_2 의 예측은 신뢰도가 높다고 할 수 있을 것이다.

본 실험에서 FiO_2 변경전의 PaCO_2 와 변경후의 PaCO_2

사이에는 차이가 거의 없다고 가정하였는 바 실제에서도 FiO_2 변경전의 PaCO_2 42 ± 5 과 FiO_2 변경후의 PaCO_2 41 ± 2 사이에서는 통계적으로 유의한 차이를 볼 수 없었다.

만일 호흡횟수와 FiO_2 가 다같이 변경된다면 저 혹은 간헐적 강제환기(IMV)를 낮은 횟수로 시행하고 있는 환자에서 自然呼吸양상(spontaneous breathing pattern)이 바뀌게 되면 PaCO_2 가 달라질 가능성이 있으며 이로 인하여 aA ratio의 변화가 일어나 PaO_2 예측지표로서의 aA ratio의 신뢰도는 떨어질 것이다.

Table 2에서 보는 바와같이 aA ratio 변화(FiO_2 변경전의 aA ratio와 변경후의 aA ratio의 차이)가 0.02이하인 환자그룹에서는 old PaO_2 와 new PaO_2 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 반면 0.06이상인 환자그룹에서는 old PaO_2 와 new PaO_2 사이에 통계적으로 유의한 차이를 볼 수 있었다.

이 결과로 미루어 보아 FiO_2 변경전후의 aA ratio 변화가 크면 클수록 PaO_2 예측지표로서의 aA ratio의 신뢰도는 감소하게 되며 따라서 이러한 환자에서는 신중하게 FiO_2 를 조정하는 것이 중요하다고 사려된다.

결 론

aA ratio의 동맥혈 산소분압 예측지표로서의 임상적 신뢰성을 구명하기 위하여 본 실험을 시도하였는 바 FiO_2 변경전의 aA ratio와 FiO_2 변경후의 aA ratio의 차이가 작으면 작을수록 동맥혈 산소분압 예측지표로서의 aA ratio의 신뢰도는 높은 반면 aA ratio 변화가 크면 클수록 그 신뢰도는 낮아진다고 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Bedford RF, Wollman H: *Complications of percutaneous radial artery cannulation; An*

objective prospective study in man. Anesthesiology 38:228-236, 1973

- 2) Bendixen HH, Egbert LD, Whyte JH, et al: *Respiratory care* p 43, St. Louis, The CV Mosby Company, 1974
- 3) Biebuyck JF: *Non-ventilatory functions of the lung; Influence on the cardiovascular system. ASA annual refresher courses lectures* 1981, p229
- 4) Crapo J, Tierney D: *Superoxide dismutase and pulmonary oxygen toxicity. Am J Physiol* 226:1401-1407, 1974
- 5) Fulton RL, Jones CE: *The cause of posttraumatic pulmonary insufficiency in man. Surg Gynecol Obstet* 140:179, 1975
- 6) Gilbert R, Auchincloss JH, Kuppinger M, Thomas MV: *Stability of the arterial/alveolar oxygen partial pressure ratio effects of low ventilation/perfusion regions. Crit Care Med* 7:267-272, 1979
- 7) Gilbert R, Keighley JF: *The arterial-alveolar oxygen tension ratio; An index of gas exchange applicable to varying inspired oxygen concentration. Am Rev Resp Dis* 109:142-145, 1974
- 8) Levesque PR: *Acid-base disorder. Anesth & analg* 54:299, 1975
- 9) Nunn JF: *Applied respiratory physiology. 2nd ed, London, Butterworths Co, 1977, p388*
- 10) Shapiro BA, Harrison RA, Kacmarek RM, Cane RD: *Clinical application of respiratory care. 3rd ed, p177, Chicago, Year Book Medical Publishers Inc, 1985*