

신생아에서 모세혈 가스분석 검사의 유용성

방지거병원 소아과

정종태 · 윤수영 · 이 란 · 현재호 · 정귀영

Availability of Capillary Blood Gas Analysis in Neonate

Jong Tae Jeong, M.D., Su Young Yun, M.D., Ran Lee, M.D.
Jae Ho Hyun, M.D. and Gyu Young Jung, M.D.

Department of Pediatrics, St. Francisco's Hospital, Seoul, Korea

Purpose : Arterial blood gas analysis is frequently performed in neonatal intensive care unit (NICU) to evaluate ventilation and the metabolic state of critically ill infants. In occasions when umbilical arterial catheterization is not available, frequent arterial puncture is mandatory. This requires some technical skill and may occasionally have side effects. So we studied the validity of capillary blood gas analysis which can be performed conveniently compared with arterial blood.

Methods : Twenty-four neonates admitted to NICU during April to Aug. 2001 were studied. They were more than two weeks old without indwelling arterial catheters. Thirty-six times, simultaneous arterial, and capillary blood gases were drawn by puncture and the pH, pCO₂ and pO₂ of each sample was measured. Blood pressure and body temperature was checked before sampling to rule out impaired peripheral circulation. Capillary blood was collected from warmed heels.

Results : There was a strong correlation between capillary and arterial pH(r=0.91, P<0.05). The absolute value of the difference between arterial and capillary pH was less than 0.05. Also capillary pCO₂ showed correlation with arterial pCO₂(r=0.77, P<0.05). Despite a statistically significant correlation between capillary and arterial pO₂(r=0.68, P<0.05), the absolute value of the difference was more than 10 mmHg in 92% of cases.

Conclusion : Capillary blood gases accurately reflected arterial pH and pCO₂ and showed a relative correlation with pO₂. Capillary blood gas analysis can be a useful alternative to arterial blood when continuation of the umbilical arterial catheter is no longer available. (J Korean Pediatr Soc 2002;45:449-453)

Key Words : Capillary blood gas analysis, Neonates, Correlation

서 론

혈액 가스 분석 검사는 신생아 집중 치료실에서 입원치료를 받고 있는 신생아에서 산, 염기 상태와 가스 교환을 평가하기 위해 빈번히 시행하는 검사이다. 경

피 산소분압과 이산화탄소분압 측정, 맥박산소계측기(pulse oximeter)를 이용한 산소 포화도 측정 등의 비침습적 방법의 이용이 증가하고 있으나 동맥혈 가스 분석은 여전히 필수적인 검사로 남아있다. 대개는 제대 동맥 카테테르를 이용하여 동맥혈을 채혈하는 것이 일반적이며 가장 정확한 방법이나 제대 동맥을 이용할 수 없는 경우에는 동맥 천자를 반복해야 하는데 신생아의 경우에는 동맥 천자가 어려운 경우가 많고 또 동맥 천자를 반복할 경우 출혈, 혈전 등의 부작용이나

접수 : 2001년 10월 30일, 승인 : 2001년 11월 16일
책임저자 : 정종태, 방지거병원 소아과
Tel : 02)450-0234 Fax : 02)450-0002
E-mail : jeong256@netian.com

합병증이 발생할 수 있다¹⁾. 모세혈 가스 측정은 동맥혈 대신으로 자주 이용되는데 집중 치료실의 신생아들을 대상으로 모세혈과 동맥혈 가스 측정치를 비교한 여러 연구가 있었으나 모세혈이 동맥혈 가스를 정확히 반영하는지에 대해서는 견해가 일치하고 있지 않다. 이에 저자들은 제대 동맥을 이용할 수 없는 2주 이상 된 신생아들을 대상으로 모세혈 pH, pCO₂ 및 pO₂의 임상적 유용성 여부를 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

대상 및 방법

2001년 4월부터 8월까지 방지거병원 신생아 집중 치료실에 입원한 환자 중 출생 후 2주 이상된 신생아로 동맥혈 채혈을 위한 제대 동맥 카테터를 삽입하기 어려워 동맥 천자를 시행한 환아를 대상으로 하였다. 혈압과 액와 체온을 검사 전에 측정하여 이들 중 수축기 혈압이 65 mmHg 이하이거나 체온이 36℃ 이하인 경우에는 대상에서 제외하였다. 또 말초 혈액 관류를 평가하기 위해 모세혈관 재충혈 시간(capillary refill time)을 측정하여 3초 이내인 경우에 정상으로 간주하였다. 모세혈은 채혈하기 전에 40℃ 정도의 온수를 비닐 백에 넣어 한쪽 발을 5분간 가온한 뒤 발 뒤꿈치를 천자하여 흐르는 혈액을 헤파린이 들어있는 모세관에 받았다. 이 때 압박을 가하지 않도록 주의하였고 천자 침의 깊이는 2.5 mm 이상을 넘지 않았다. 모세혈을 채혈한 후 곧이어 바로 동맥혈을 채혈하였다. 동맥혈은 요골 동맥이나 대퇴 동맥을 천자하였고 두 채혈간의 시간 간격은 10분 이내였다. 채혈한 혈액은 공기 방울을 제거한 뒤 신속히 검사실로 보내어 가스 분석 검사를 실시하였다. 조사된 24명의 환아에게서 총 36번의 모세혈과 동맥혈 채혈이 시행되었고 각각의 pH, pCO₂ 및 pO₂의 측정치를 비교하였다. 통계 처리는 T-test를 이용하였으며 P<0.05인 경우 통계학적으로 유의성이 있다고 판정하였다.

결 과

1. 대상군의 임상적 특성

조사된 환아의 평균 연령은 3.8(2-5.4)주로 이 중 13명의 환아가 인공 호흡기 치료를 받고 있었다. 조사 대상군의 제대 연령은 32-41주 사이이었고 미숙아가

11명이었다. 임상적 진단은 호흡 곤란 증후군과 만성 폐질환이 8명, 폐렴이 6명이었으며 그 외 폐혈증, 경련성 질환 등의 환아이었다(Table 1). 환아들의 평균 체온은 36.7℃(36.4-37.1)이었고 수축기 혈압은 70-85 mmHg 사이였다. 모든 환아들의 모세혈관 재충혈 시간은 정상이었다. 환아들은 집중 치료를 받고 있었지만 임상적으로는 안정된 상태이었다.

2. 모세혈과 동맥혈 가스의 상관 관계

동맥혈과 모세혈의 pH 측정치는 높은 상관 관계를 보였다(r=0.91, P<0.05). 모세혈 pH의 표준 편차는 0.017이었으며 모세혈과 동맥혈 pH 측정치의 절대값 차이는 0.05 이하이었다(Fig. 1). 동맥혈 pH가 7.35 이하인 산증의 경우 한변을 제외하고는 모세혈에서도 산증을 나타내었다. 동맥혈과 모세혈 가스의 pCO₂도 상당히 높은 상관 관계가 있었다(r=0.77, P<0.05). 모세혈 pCO₂의 표준 편차는 3.35 mmHg이었으며 모세혈과 동맥혈 pCO₂의 절대값 차이는 7 mmHg 이하이었다(Fig. 2). 동맥혈 pCO₂가 50 mmHg 이상인 고탄산혈증의 경우 모세혈에서도 모두 고탄산혈증을 보였

Table 1. Clinical Diagnosis

Diagnosis	No.	%
RDS* and BPD†	8	33
Pneumonia	6	25
Sepsis	4	17
Seizure	2	8
Others	4	17

*RDS : Respiratory distress syndrome
†BPD : Bronchopulmonary dysplasia

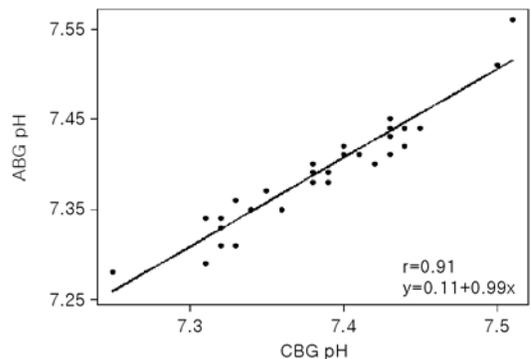


Fig. 1. Arterial blood gas(ABG) pH values compared with capillary blood gas(CBG).

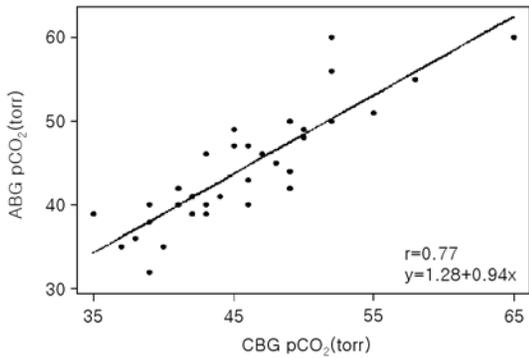


Fig. 2. Arterial blood gas(ABG) pCO₂ values compared with capillary blood gas(CBG).

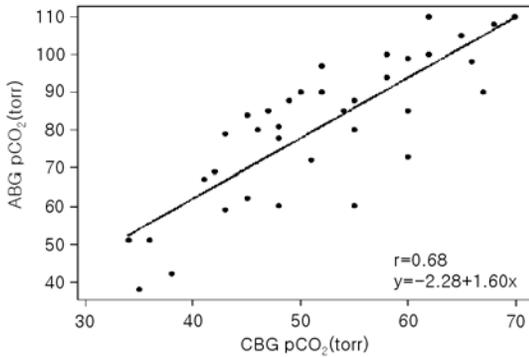


Fig. 3. Arterial blood gas(ABG) pO₂ values compared with capillary blood gas(CBG).

다. 동맥혈과 모세혈의 pO₂는 어느 정도의 상관 관계를 보여주었으나(r=0.68, P<0.05), 모세혈과 동맥혈 pO₂의 절대값의 차이는 92%에서 10 mmHg 이상이 었다(Fig. 3).

고 찰

중대한 질환을 앓고있는 신생아 환아에게 있어 동맥혈 가스 분석은 산, 염기 상태와 가스 교환 상태를 평가하기 위해 필수적인 검사이다. 검사 결과에 따라 즉각적이고 중요한 처치가 이루어지게 된다. 동맥혈을 얻기 위해서는 동맥 카테터를 삽관하거나 동맥 천자를 시행하게 되는데 이는 어느 정도의 기술이 필요하며 또한 위험성이 뒤따른다. 또 동맥 카테터 유지가 어려울 경우에는 동맥 천자를 반복하여야 되는데 신생아의 경우에는 동맥 천자가 다른 연령층에 비해 어려우며 출혈, 혈전증, 동맥류, 감염 등의 합병증을

일으킬 수 있다¹⁾. 반면에 모세혈은 덜 숙련된 의료인도 채혈이 가능하며 반복 채혈 시에도 상대적으로 합병증이 적어 만일 동맥혈 가스를 잘 반영한다면 혈액 가스 분석을 빈번히 시행해야 하는 신생아에게 유용한 대체 수단이 될 수 있다.

신생아에서 모세혈 채혈은 주로 발뒤꿈치에서 하지만 귓볼이나 손가락에서 할 수도 있다. 발뒤꿈치에서 모세혈을 채혈할 때 합병증이 흔하지는 않지만 천자침이 근골(calcaneus)을 관통했을 경우 괴사성 연골염을 유발할 수 있는데 발뒤꿈치의 가장 내측이나 외측 부위에서 깊이가 2.4 mm를 넘지 않게 천자하면 위험성을 피할 수 있다²⁾.

채혈 방법에 따라 모세혈의 가스 측정치는 많은 차이를 보인다. 채혈 부위를 가온하면 혈액 순환을 증가시켜 동맥혈에 가깝게 할 수 있는데 Gandy 등³⁾은 모세혈을 가온하지 않았을 경우 동맥혈과 매우 큰 차이를 보인다고 하였다. 따라서 모세혈을 채혈시 40℃ 정도의 물주머니나 가열 램프로 채혈 부위를 가온한 뒤 검사하는 것이 좀더 동맥혈과 가깝게 된다.

그 외에도 모세혈을 동맥혈과 비슷하게 하기 위한 여러 가지 방법이 시도되었는데 Lanlands 등⁴⁾이 손가락이나 귓볼을 니코틴산 연고를 바른 후 문질러 모세혈관을 확장시켜 동맥혈화 된 모세혈을 채혈하는 방법을 기술한 이후로 여러 연구에서 이 방법이 비교적 정확한 결과를 나타내는 것을 보고하였다^{5, 6)}. 특히 Pitkin 등⁷⁾은 귓볼에서 동맥혈화된 모세혈로 가스 분석을 시행한 결과 pH와 pCO₂ 뿐만 아니라 pO₂도 밀접한 상관 관계를 보여 주었고 따라서 모든 호흡기 질환 환자에게 있어 아주 유용한 검사 방법이 될 수 있다고 결론을 내렸다.

Winquist 등⁸⁾은 히스타민 이온 삼투 요법(histamine iontophoresis)을 이용하여 동맥혈화 시킨 모세혈을 가스 분석한 결과 pH와 pCO₂는 서로 잘 일치하며 pO₂도 환아가 5일 이상된 신생아일 경우 비교적 정확하다고 하였다. 이 방법은 히스타민 연고를 피부에 바른 후 1.5 mA 전류를 주어 흡수를 촉진시켜 혈관 확장을 유발시키는 것인데 시간이 많이 걸리고 복잡하며 전극 밑의 피부에 발진 반응을 일으킬 수도 있다. 그리고 Hunt 등⁹⁾의 연구에 의하면 히스타민 이온 삼투 요법을 이용한 모세혈 채혈 방법은 복잡하고 걸리는 시간이 많은데 비하여 정확도는 그리 높지 않아 일반적인 채혈 방법에 비해 장점이 없다고 하였다.

채혈 방법 외에 환아 연령도 모세혈의 가스 측정치에 영향을 미치는데 신생아보다는 성인에게서 더 정확히 측정된다. 성인에게 있어서 순환 장애가 없는 경우에는 모세혈의 pH와 pCO₂는 동맥혈과 잘 일치하며 동맥혈화 된 모세혈을 이용할 경우에 pO₂ 역시 만족할 만한 상관 관계를 보인다. 신생아 시기에는 모세혈과 동맥혈 가스가 잘 일치하지 않는데 Koch 등¹⁰⁾은 생후 2일 전의 신생아에게서는 pH와 pCO₂가 차이를 보이며 pO₂는 전 신생아기에 걸쳐 더 큰 차이가 난다고 하였다. 이는 아마도 급방 태어난 신생아는 태아 순환이 신생아 순환으로 전환하는 과도 순환기 중의 과정에 있기 때문에 말초 혈액 순환이 원활하지 못하는 것에 기인하는 것 같으며 체온 하강으로 인한 혈관 수축에도 일부 원인인 있을 것이다. 특히 신생아 호흡 곤란증과 같은 폐 고혈압증을 보이는 질환의 환아 들은 동맥관을 통한 우-좌 단락으로 정맥혈이 섞이게 되어 제대 동맥과 다른 동맥 사이에도 pO₂의 차이를 나타내게 된다. 또 모세혈 천자 과정 중의 통증이 환아의 울음과 빈호흡 또는 혈떡임 등을 유발하여 저산소증을 일으켜 가스 측정치의 변화를 가져오는 경우가 많다¹¹⁾. 따라서 더욱 정확한 검사 결과를 얻기 위하여서는 국소적인 진통제 등을 사용하여 환아의 통증을 줄이는 것이 좋다.

Courtney 등¹²⁾은 모세혈과 동맥혈 가스를 비교한 연구 논문들을 분석한 결과 pO₂ 뿐만 아니라 pH와 pCO₂도 모세혈은 동맥혈 가스와 큰 편차를 보이며 특히 신생아기에 모세혈 가스 검사치를 기준으로 어떤 처치의 결정을 내리는 것은 문제를 일으킬 수 있다고 하였다. 반면에 Karna 등¹³⁾은 신생아 환아 들을 대상으로 손가락을 가온하여 얻은 모세혈과 천자하여 얻은 동맥혈 사이에는 저혈압이 없는 한 pO₂도 좋은 상관 관계를 보이므로 제대 동맥 카테테르 대신으로 모세혈이 대체 수단이 될 수 있다고 하였다.

이상과 같이 여러 연구에서 신생아의 모세혈과 동맥혈의 pCO₂와 pH의 상관 관계에 대해서는 유의성이 있다고 비교적 견해가 일치하고 있으나 pO₂에 대해서는 상이한 결과를 보이고 있다. 저자들에 따라 서로 다른 결과를 보이는 이유를 정확히 알 수는 없으나 연구 방법과 대상 조사군의 선정 등의 차이에서 기인하는 것으로 보인다.

최근에는 여러 가지의 비침습적인 장비가 임상에서 많이 활용되고 있다. 그 중 맥박산소측정기는 신생아

에서 산소 포화도를 감시하는데 있어 널리 사용되고 있는 비침습적 장비이나 pCO₂와 pH를 측정하지 못하는 단점이 있고 환아의 움직임, 측정 부위 혈류의 감소로 인한 오차가 발생하기도 한다¹⁴⁾. 경피용 산소 및 이산화탄소 분압 측정기는 조직 관류 저하나 피부 부종시 측정치가 영향을 받으며 피부 손상을 일으킬 수 있다¹⁵⁾. 따라서 동맥 카테테르가 유지되지 않은 상태에서는 여전히 모세혈 가스 분석이 환아의 임상적 평가나 어떤 처치의 결정을 내리는데 이용되고 있다. 그러므로 모세혈 채혈 방법이나 측정치의 해석 등에 대한 기준이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에 있어서는 대상을 제대 동맥 카테테르 삽입이 어려운 2주 이상된 신생아로 대상을 제한하였으나 대부분의 안정된 집중 치료실의 환아에게 있어 채혈 부위를 가온하여 얻은 모세혈 가스는 동맥혈의 pH 및 pCO₂를 잘 반영하였다. pO₂는 표준 편차가 커서 동맥혈의 절대치를 추정하기는 어려우나 적어도 저산소혈증을 선별할 수 있을 것으로 생각된다. 특히 모세혈 가스 분석을 맥박 산소 계측기와 함께 이용한다면 동맥 카테테르 삽입이나 동맥 천자에 따르는 위험성 없이 환아의 대사나 호흡 상태를 평가할 수 있으며 응급 상태가 아닌 환아의 산증이나 고탄산혈증을 선별 검사하는데 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

목적 : 동맥혈 가스 분석은 신생아 집중 치료실에서 환아의 상태를 평가하기 위해 자주 시행하는 검사이나 제대 동맥 카테테르를 이용할 수 없는 경우에는 동맥 천자를 반복해야 되는데 기술적인 어려움과 위험성이 따르게 된다. 이에 저자들은 간편히 시행할 수 있는 모세혈 가스 분석 검사로 동맥혈 가스치를 추정하는 것이 타당성을 가지는지 조사하기 위해 이 연구를 시행하였다.

방법 : 2001년 4월부터 8월까지 방지거병원 신생아 집중 치료실에 입원하여 치료받은 환아 중 2주 이상된 신생아로서 동맥내 카테테르를 삽입하지 않은 상태에서 환기와 대사 상태 평가를 위해 혈액 가스 검사를 시행한 환아를 대상으로 하였다. 대상아들은 발뒤꿈치를 가온한 뒤 모세혈을 채혈하였고 곧 이어 동맥 천자를 시행하여 얻은 동맥혈과 함께 바로 검사

실로 보내어 가스 분석하여 각 수치를 비교하였다.

결 과 :

- 1) 조사된 24명의 신생아의 재태 연령은 32-41주로 채혈은 모두 생후 2주일 이후에 시행되었다.
- 2) 모세혈과 동맥혈의 pCO₂, pH 사이에는 높은 상관 관계가 있었다(P<0.05).
- 3) 모세혈과 동맥혈의 pO₂ 사이에도 유의한 상관관계를 보였으나(P<0.05), 절대값의 차이는 92%에서 10 mmHg 이상이었다.
- 4) 모세혈과 동맥혈 가스의 상관 관계는 pH, pCO₂, pO₂의 순으로 유의하였다.

결 론 : 이상의 결과로 보아 동맥혈화된 말초혈액을 이용한 모세혈 가스 분석은 동맥혈 채혈이 어려운 경우에 유용한 대체 수단이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Mortensen JD. Clinical sequelae from arterial needle puncture, cannulation and incision. *Circulation* 1967;35:1118-23.
- 2) Blumenfeld TA, Turi GK, Blanc WA. Recommended site and depth of newborn heel and skin punctures based on anatomical measurements and histopathology. *Lancet* 1979;1:230-3.
- 3) Gandy G, Grann L, Cunningham N, Adamsons K, James LS. The validity of pH and pCO₂ measurements in capillary samples in sick and healthy newborn infants. *Pediatrics* 1964;34:192-7.
- 4) Langlands JH, Wallace WF. Small blood samples from earlobe punctures: a substitute for arterial puncture. *Lancet* 1965;iii:315-7.
- 5) Spiro SG, Dowdeswell IRG. Arterialized earlobe blood samples for blood gas tensions. *Br J Dis*

- Chest* 1976;70:263-8.
- 6) Christoforides C, Miller JM. Clinical use and limitations of arterialized capillary blood for PO₂ determination. *Am Rev Respir Dis* 1968;98:653-7.
- 7) Pitkin AD, Roberts CM, Wedzicha JA. Arterialized blood gas analysis: an underused technique. *Thorax* 1994;49:364-6.
- 8) Winquist RA, Stamm SJ. Arterialized capillary sampling using histamine iontophoresis. *J Pediatr* 1970;45:134-8.
- 9) Hunt CE. Capillary blood sampling in the infant: usefulness and limitations of two methods of sampling, compared with arterial blood. *Pediatrics* 1973;51:501-6.
- 10) Koch G, Wendel H. Comparison of pH, carbon dioxide tension, standard bicarbonate and oxygen tension in capillary blood and in arterial blood during the neonatal period. *Acta Paediatr Scand.* 1967;56:10-6.
- 11) Wong D, Baker C. Pain in children: Comparison of assessment scales. *Pediatric Nursing* 1988;14:9-17.
- 12) Courtney SE, Weber KR, Breakie LA, Malin SW, Bender CV, Siervogel RM, et al. Capillary blood gases in the neonate: A reassessment and review of the literature. *Am J Dis Child* 1990;144:168-72.
- 13) Karna P, Poland R. Monitoring critically ill newborn infants with digital capillary blood samples: an alternative. *J Pediatr* 1978;92:270-3.
- 14) Durand M, Ramanathan R. Pulse oximetry for continuous oxygen monitoring in sick newborn infants. *J Pediatr* 1986;109:1052-6.
- 15) Pasnick M, Lucey JF. Practical use of continuous transcutaneous oxygen monitoring. *Pediatr Rev* 1983;4:25-32.