

Pediyatrik Kalp Cerrahisinde Transkutanöz ve İntraarteriyel Kan Gazı Monitörizasyonun Karşılaştırılması

Comparison of Transcutaneous and Intra-Arterial Blood Gas Monitoring in Pediatric Cardiac Surgery

Muhammet AKYÜZ, Onur IŞIK, Engin KARAKUŞ, Mehmet Fatih AYIK, Yüksel ATAY

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, Çocuk Kalp ve Damar Cerrahisi Bilim Dalı, İzmir, Türkiye



ÖZ

Amaç: Çalışmada pediyatrik kalp cerrahisi geçiren hastalarda transkutanöz ve intraarteriyel kan gazı ölçümleri karşılaştırıldı.

Gereç ve Yöntemler: Haziran 2014 – Kasım 2015 yılları arasında konjenital kalp hastalıkları nedeniyle opere edilen toplam 150 pediyatrik hasta çalışmaya dahil edildi. Pediyatrik kalp cerrahisi geçiren pediyatrik hastalarda oksijen ve karbondioksit basınçlarını ölçmek için transkutanöz non-invazif cihazın etkinliği değerlendirildi. Yüz elli pediyatrik hastada eşzamanlı transkutanöz ve konvansiyonel arteriyel kan gazlarında parsiyel oksijen ve karbondioksit basınç değerleri ölçüldü.

Bulgular: Opere edilen hastaların ortalama yaş ve kiloları sırasıyla 3.7 ± 3.1 yıl (1 ay – 16 yaş) ve 11.7 ± 15.1 kg (3.5 – 55 kg) aralığındaydı. Ölçülen parsiyel oksijen ve karbondioksit basınç değerleri ortalama farkları sırasıyla 8 mmHg (dağılım, 3 - 20 mmHg), 12 mmHg (dağılım, 7 - 25 mmHg)'di ($p < 0.05$). Bu farklar istatistiksel olarak farklı olmakla birlikte sadece inotropik skoru 20'nin altında olan hastalar değerlendirildiğinde bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p > 0.05$). Bunun nedeni olarak da deri perfüzyonuna bağlı transkutanöz ölçümler nispeten normal kardiyovasküler fonksiyon gibi optimal şartlarda daha doğru ve güvenilir sonuçlar vermesi olarak gözlemlendi.

Sonuç: Transkutanöz ölçümlerin doğruluğunun invazif metottan daha az olmasına rağmen optimal şartların sağlanabildiği yoğun bakım ünitelerinde kullanımı invazif arteriyel girişim sayısını ve kan ile teması azaltması yanında devamlı monitörizasyon ile ventilasyon etkinliği değerlendirme olanağı sunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: İnvazif, Kan gazları, Konjenital kalp hastalıkları, Transkutanöz

ABSTRACT

Objective: We compared transcutaneous and intra-arterial blood gas measurements following pediatric cardiac surgery in this study.

Material and Methods: A total of 150 pediatric patients who underwent surgery for congenital cardiac disease between June 2014 and November 2015 were included in the study. The efficacy of a transcutaneous non-invasive device in measuring oxygen and carbon dioxide pressures was evaluated in pediatric patients who underwent cardiovascular surgery for congenital diseases. Simultaneous transcutaneous and conventional arterial blood gases, as well as partial oxygen and carbon dioxide pressure levels were measured in 150 pediatric patients.

Results: The mean age and weight of the patients were 3.7 ± 3.1 years (range, 1 month to 16 years) and 11.7 ± 15.1 kg (range 3.5 to 55 kg), respectively. The differences in the mean partial oxygen and carbon dioxide pressure levels were 8 mmHg (range, 3 to 20 mmHg) and 12 mmHg (range, 7 to 25 mmHg), respectively ($p < 0.05$). Although the differences were statistically significant, the difference in patients with an inotropic score of less than 20 was statistically insignificant ($p > 0.05$). This was due to the fact that transcutaneous measurements dependent on skin perfusion yielded more accurate and reliable results in optimal conditions, such as a relatively normal cardiovascular function.

Conclusion: Although transcutaneous measurements were less accurate than the invasive method in the present study, its use in intensive care units where optimal conditions are provided could decrease the number of invasive arterial interventions and contact with blood, while also allowing continuous monitoring and the evaluation of ventilation efficacy.

Key Words: Blood gases, Congenital heart disease, Invasive, Transcutaneous

GİRİŞ

Oksijen ve karbondioksit basıncı (pO_2 ve pCO_2) yoğun bakım ünitelerinde ventilasyonun değerlendirilmesinde önemli monitörizasyon parametrelerinden biridir. Kandaki pO_2 ve pCO_2 değerlerinin dar bir aralıkta tutulması konusundaki kısmi fikir birliği kan gazı değerlerinin aralıklı veya sürekli olarak belirlenmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (1). Bunun için kan gazlarının aralıklı konvansiyonel invazif olarak değerlendirmesine karşılık devamlı transkutanöz yol ile bu ölçümlerin yapılmasına olanak veren cihazların kullanımı da giderek artış göstermektedir. Arteriyel girişimin preterm ve infantlarda yaşattığı zorluklar, kateter kaynaklı komplikasyonlar, kan kayıpları ve devamlı ölçüm olanağının olmaması gibi olumsuz yönleri yoğun bakım ünitelerinde farklı tekniklerin kullanımı zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır (1).

Transkutanöz ve arteriyel kan gazı değerleri arasında iyi ve yüksek oranda uyum gösteren çalışmalar olması yanında, bu uyumun düşük olduğu çalışmalar da yayınlanmıştır (2-4). Çalışmamız kliniğimizde opere edilen pediatrik konjenital kalp cerrahisi olgularında postoperatif olarak uygulanan transkutanöz non-invazif ve arteriyel invazif kan gazı değerlerini karşılaştırmak üzere yapılmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 23/11/2013 tarih ve 13-11/95 numarası ile alınan izinden sonra, aydınlatılmış onam belgesi imzalatılmış Haziran 2014 – Kasım 2015 yılları arasında Kalp ve Damar Cerrahisi kliniğimizde konjenital kalp hastalığı nedeniyle opere edilen toplam 150 pediatrik hasta çalışmaya dahil edildi. Çalışmamızda, hastalar açık kalp cerrahisi (grup 1) ve kapalı kalp cerrahisi (grup 2) uygulanan hastalar olarak iki gruba ayrıldı. Hastaların postoperatif ilk gündeki oksijen basıncı, karbondioksit basıncı değerleri invazif olarak kan gazı laboratuvarında bekletilmeden kan gazı cihazı ile (Siemens Rapidlab 348) ölçülürken, transkutanöz yol ile non-invazif olarak da TCM4 cihazı (Radiometer, Kopenhag, Danimarka) ile ölçüldü. Her hasta için kullanım öncesi ayrı elektrot kullanıldı, kullanılmadan önce temizlendi ve kalibre edilerek yeni bir membran yerleştirildi. Üretici firma önerileri doğrultusunda elektrot çalışma sıcaklığı 43.5 °C olarak ayarlandı. Monitörizasyon bölgesi her dört saatte bir değiştirilerek olası termal hasar engellenmeye çalışıldı. Termal hasar şüphesi durumunda elektrot bölgesi her üç saatte bir değiştirildi. Her hasta için ölçülen değerlerin ortalaması alınarak arteriyel ve transkutanöz yöntem arasındaki farklar kaydedildi.

Her iki yöntem ayrıca hastaların postoperatif dönemdeki aldıkları inotropik destek skoruna göre de karşılaştırıldı. İnotropik skor Shore ve ark. (5) tarafından tanımlanmış olup inotropik skor = dopamin mcg/kg/min \times 1 + dobutamin mcg/kg/min \times 1 + milrinon mcg/kg/min \times 15 + epinefrin mcg/kg/min \times 100 olarak hesaplanmıştır.

İstatistiksel Yöntem

Sonuçlar istatistik programına (SPSS for Windows version 9.0) girilerek analiz edildi. Karşılaştırmalar için Paired T-Test kullanıldı. Bütün veriler ortalama \pm SS olarak hesaplandı. P değeri < 0.05 olduğunda anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR

Opere edilen hastaların ortalama yaş ve kiloları sırasıyla 3.7 \pm 3.1 yıl (1 ay – 16 yaş) ve 11.7 \pm 15.1 kg (3.5 – 55 kg) aralığındaydı. Hastaların 68'i erkek, 82'si kız'dı. Arteriyel ve transkutanöz pCO_2 ve pO_2 ortalama değerleri Tablo I ve II'de verilmiştir.

Tüm hastalar karşılaştırıldığında iki teknik arasındaki pCO_2 ve pO_2 değerleri farkı istatistiksel olarak anlamlı olup sırasıyla 13.9 \pm 8.5 (p=0.001) ve 22.3 \pm 6.2 (p<0.001) olarak saptandı. Alt grup analizi yapıldığında ise; açık kalp cerrahisi geçiren hastalarda aynı şekilde fark istatistiksel olarak anlamlı (10.5 \pm 5.5, p=0.02 ve 15.3 \pm 8.7, p=0.01) iken kapalı kalp cerrahisi geçiren hastalarda bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (4.1 \pm 3.9, p=0.3 ve 7.8 \pm 4.4, p=0.08). Yapılan cerrahinin açık veya kapalı olmasından bağımsız olarak inotrop skoruna göre değerlendirildiğinde ise inotrop skoru <20 olan hastalarda da bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (8.3 \pm 3.3, p=0.1 ve 10.2 \pm 3.8, p=0.06).

Araştırmaya dahil edilen hastaların hiçbirinin cildinde cihaz kaynaklı termal hasar gözlemlenmedi. Yoğun bakımdaki takipleri sırasında anemi nedeniyle kan transfüzyonu yapılması gereken hastaların transfüzyon öncesi ve sonrası pCO_2 ve pO_2 değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilemedi.

TARTIŞMA

Teknolojik gelişmeler ile birlikte transkutanöz oksijen basıncı ($tkPO_2$) ve transkutanöz karbondioksit basıncının ($tkPCO_2$) daha hızlı ölçülmesini sağlayan yeni cihazlar da geliştirilmiştir. Bu cihazların kullanım alanları giderek yaygınlaşmakta ve erişkin hastalar kadar pediatrik popülasyonu da içine alan çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda transkutanöz ve arteriyel oksijen (PaO_2) ve karbondioksit ($PaCO_2$) basınçları karşılaştırılmıştır (1,2,6,7). Biz de çalışmamızda, yeni cihazlardan olan TCM4 ile sık arteriyel kan gazı analizi gereksinimi olan konjenital kalp cerrahisi geçiren hastalarda $tkPO_2$ ve $tkPCO_2$ ölçümünü arteriyel kan gazı sonuçları ile karşılaştırarak cihazın kullanılabilirliği, negatif ve pozitif etkenlerini araştırdık.

Birçok çalışmada, erişkinlerde transkutanöz ve arteriyel kan gazı analizleri uyumlu olmasına rağmen pediatrik yaş grubunda bu uyum yeterli değildir (2,8). Transkutanöz gazların ölçümü deri perfüzyonuna bağlı olup deri perfüzyonun bozulmasına yol açan birçok faktör kan gazı analizinin sonuçlarını etkileyebilmektedir.

Tablo I: Pediyatrik kalp cerrahisi uygulanan hastaların non-invazif transkutanöz ve invazif geleneksel kan gazı ölçümü arasındaki fark.

	pO ₂ farkı	pCO ₂ farkı
Tüm hastalar	22.3±6.2 (11-30)	13.9±8.5 (6-25)
p değeri	<0.001	0.001
Açık kalp cerrahisi	15.3±8.7 (3-25)	10.5±5.5 (3-18)
p değeri	0.01	0.020
Kapalı kalp cerrahisi	7.8±4.4 (2-13)	4.1±3.9 (1-10)
p değeri	0.080	0.300

pO₂: oksijen basıncı; pCO₂: karbondioksit basıncı.

Tablo II: İnotrop skoruna göre hastaların non-invazif transkutanöz ve invazif geleneksel kan gazı ölçümü arasındaki fark.

	pO ₂ farkı	pCO ₂ farkı
İnotrop skoru < 20	10.2±3.8 (4-16)	8.3±3.3 (4-15)
p değeri	0.060	0.10
İnotrop skoru > 20	19.3±2.4 (10-24)	13.6±5.2 (6-20)
p değeri	<0.001	0.010

pO₂: oksijen basıncı; pCO₂: karbondioksit basıncı.

Çalışmamızda, özellikle kardiyopulmoner bypass (KPBP) multi-sistemik yan etkileri ve bu hastalarda cilt perfüzyon basıncında önemli değişikliklere yol açan etmenler (hipotermi, inotrop kullanımı gibi) nedeniyle sonuçlar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar ortaya çıkmıştır. Ancak çalışmamızdaki pediyatrik hastalarda özellikle nispeten KPBP ihtiyacı olmayan ve bununla ilişkili inotrop ihtiyacı az olan hastalarımızda bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Cilt perfüzyon basıncını değiştiren multifaktöriyel etmenler çok sayıdaki çalışmalar arasında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (9,10). Optimal şartların sağlanması ile bu farklılıklar minimal düzeye çekilerek transkutanöz ölçümdeki hata payı azaltılabilir. Dermatolojik çalışmalarda transkutanöz gaz akışının deri kalınlığı, derideki hasar varlığı, kan damarı reaktivitesi, kardiyovasküler fonksiyon, deri ve ortam sıcaklığı gibi birçok etmeden etkilendiğini göstermiştir (10-12).

Kan gazı analizinde invazif veya non-invazif her yöntemin avantajları ve dezavantajları ile tartışılmalıdır. Transkutanöz yaklaşım basit gibi görünmesine rağmen doğru ölçüm optimal şartları ve personel eğitimini gerektirmektedir. Bu metodolojinin sınırlılığı; elektrokimyasal ölçüm tekniğinin kullanılması, özellikle de periyodik olarak sensörün kalibre edilme ve membranlama ihtiyacı olması ile ilgilidir. Ama arteryel girişimin yarattığı travma, ağrı, sağlık personelinin kan ile temas riski gibi dezavantajları yanında kan gazını yüksek doğrulukla direkt yansıtmaya gibi avantajları vardır. Transkutanöz ölçüm uygulanabilirliği basit, fakat ölçümlerdeki sapma multifaktöriyel olmasından dolayı hata payı yükselebilmektedir. Klinik uygulamada eğer transkutanöz kan gazı değerlerinde herhangi bir şüphe varsa ve özellikle kan gazı değerleri normal aralık dışında ise arteryel kan gazı analizi ile bu değerler tekrar gözden geçirilmelidir.

Transkutanöz kan gazı analizinde düşük elektrod sıcaklığı deri yanığı riskini azaltmakla birlikte kan gazı ölçümünde yüksek sapma oranlarına sahiptir (2,13). Fakat yapılan çalışmalarda bu sapma 41°C'de bile ortalama 7.5 mmHg'dan daha azdır (12,13). Elektrod ile ilişkili termal hasar için güvenlik sınırı 43°C'de dört saat bir kural olarak kabul edilebilir bulunmasına rağmen, çalışmalarda 6-8 saat sonra bile 43-44°C'de deride yanık bildirilmemiştir (6). Çalışmamızda 43-44°C'de maksimum 3-4 saat süre uygulaması ile hiçbir yanık yaranması gözlenmemiştir. Yine de elektrod sıcaklığı termal hasar riski dışında ölçümdeki sapmaları azaltmak için mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.

Bu araştırma, amacına ulaşmış olsa da, kaçınılmaz bazı kısıtlamaları bulunmaktadır. Prospektif bir çalışma olmasına rağmen tek merkezli bir çalışmadır ve çalışmaya katılan hasta sayısı sınırlıdır. Çocuk kalp cerrahisinde örneklem büyüklüğü, genel sonuç çıkarılması için küçüktür. Bu sınırlamaları da göz önüne alarak, cihaz ile ilgili ölçüm teknikleri standardize edilmesi ile sonuçların güvenilirliğinin ve doğruluğunun artacağını düşünüyoruz.

Sonuç olarak, transkutanöz yaklaşım optimal şartlarda kan gazının devamlı ve non-invazif olarak değerlendirilmesini sağlayan güvenilir bir yöntemdir. Optimal şartın oluşmasında en önemli faktör normal kardiyovasküler fonksiyonun sağlanmış olmasıdır. Çalışmamızda olduğu gibi bozulmuş kardiyovasküler fonksiyon ve buna bağlı inotropik skorun yüksek olması bu hastalarda transkutanöz gaz değerlerinde önemli sapmaya neden olmaktadır. Normal kardiyovasküler fonksiyon gibi hasta kaynaklı faktörler ile birlikte cihaz ve kullanımı ile ilgili teknik detaylara uyum sonuçların güvenilirliğini ve doğruluğunu artıracaktır. Hipoksinin olumsuz etkilerinden korumak istediğimiz bu riskli çocuk kalp hastalarında transkutanöz tkPO₂ ve tkPCO₂ ölçümleri, arteriel kan gazı örnekleme gereksinimini de azaltabilir.

KAYNAKLAR

1. Takiwaki H, Nakanishi H, Shono Y, Arase S. The influence of cutaneous factors on the transcutaneous pO₂ and pCO₂ at various body sites. *Br J Dermatol* 1991;125:243-7.
2. Nishiyama T, Nakamura S, Yamashita K. Effects of the electrode temperature of a new monitor, TCM4, on the measurement of transcutaneous oxygen and carbon dioxide tension. *J Anesth* 2006;20:331-4.
3. Nosovitch MA, Johnson JO, Tobias JD. Noninvasive intraoperative monitoring of carbon dioxide in children: Endtidal versus transcutaneous techniques. *Paediatr Anaesth* 2002;12:48-52.
4. Wilson J, Russo P, Russo J, Tobias JD. Noninvasive monitoring of carbon dioxide in infants and children with congenital heart disease: End-tidal versus transcutaneous techniques. *J Intensive Care Med* 2005;20:291-5.
5. Shore S, Nelson D, Pearl J, Manning P, Wong H, Shanley T, et al. Usefulness of corticosteroid therapy in decreasing epinephrine requirements in critically ill infants with congenital heart disease. *Am J Cardiol* 2001;88:591-4.
6. Janssens JP, Perrin E, Bennani I, de Muralt B, Titelion V, Picaud C. Is continuous transcutaneous monitoring of PCO₂ (TcPCO₂) over 8 h reliable in adults? *Respir Med* 2001;95:331-5.
7. Pillsbury D, Hibbert G. An ambulatory system for long-term continuous monitoring of transcutaneous PCO₂. *Bull Eur Physiopathol Respir* 1987;23:9-13.
8. Herrell N, Martin RJ, Pultusker M, Lough M, Fanaroff A. Optimal temperature for the measurement of transcutaneous carbondioxide tension in the neonate. *J Pediatr* 1980;97:114-7.
9. Dawson S, Cave C, Pavord I, Potter CF. Transcutaneous monitoring of blood gases: Is it comparable with arterialized earlobe sampling? *Respiratory medicine* 1998;92:584-7.
10. Berardesa E, Maibach H. Transcutaneous CO₂ and O₂ diffusion. *Skin Pharmacology* 1993;6:3-9.
11. Franklin ML. Transcutaneous measurement of partial pressure of oxygen and carbon dioxide. *Respir Care Clin N Am* 1995;1:119-31.
12. Sorensen LC, Brage-Andersen L, Greisen G. Effects of the transcutaneous electrode temperature on the accuracy of transcutaneous carbon dioxide tension. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation* 2011;71:548-52.
13. Toffaletti JG, Rackley CR. Monitoring oxygen status. *Adv Clin Chem* 2016;77:103-24.