

Klinik Çalışma

Erişkin Açık Kalp Cerrahisinde Non İnvaziv Transkutan Karbondioksit Monitörizasyonu

Perihan UÇAR *, Gülçin GAZİOĞLU *, Özcan ERDEMLİ **, Ömer Faruk ÇİÇEK ***, Aslı DEMİR *

ÖZET

Amaç: Açık kalp cerrahisinde karbondioksit düzeyi takibi metabolik durumun izlenmesi ve yönetilmesi açısından önem taşır. Bu prospektif gözlemsel çalışmada erişkin açık kalp cerrahisinde end tidal CO₂ ve arteriyel CO₂ ile non-İnvaziv bir yöntem olan transkutan CO₂ monitörizasyonunu karşılaştırdık

Gereç ve Yöntem: Elektif açık kalp cerrahisi geçirecek, ASA II-III grubu, 30-80 yaş arası 22 hasta çalışmaya dâhil edildi. Demografik özellikler, ASA skorlaması ve rileri, yandaş hastalıklar kaydedildi. Kalp cerrahisinin rutin monitörizasyonuna ilaveten TeCO₂ cihazı probu deltoid kas üzerine yerleştirildi ve ölçümler indüksiyon öncesi, indüksiyon sonrası, kardiyopulmoner bypass dönemi ve KPB'tan çıktıktan sonraki dönemlerde yapıldı.

Bulgular: İndüksiyon öncesi ve sonrası dönemlerde her 3 CO₂ değerleri arasında fark bulunmazken, kardiyopulmoner bypass döneminde ve sonrasında transkutan CO₂ ölçümleri, arteriyel CO₂ ve end tidal CO₂ değerlerinden anlamlı şekilde düşük bulundu.

Sonuç: Kalp cerrahisinin KPB döneminde hipotermi, hemodilüsyon, düşük arteriyel kan basıncı gibi durumlar; cihazın uygun sıcaklığa erişme, yüksek kapiller perfüzyon, kalibrasyon gibi optimum ölçüm koşullarını tamamiyle etkilemektedir. Özellikle KPB döneminde ve ertesinde tespit edilen oldukça düşük TeCO₂ değerlerinin cihazla ilgili sözkonusu bu sorunlardan kaynaklandığı düşünüldü. Bu güçlüklerden dolayı non İnvaziv CO₂ ölçüm metodu yerine, zaten İnvaziv arter kateterizasyonu yapılan kalp cerrahisi anesteziinde arteriyel kan gazı örnekleriyle CO₂ takibinin daha uygun bir yöntem olacağını düşünmekteyiz.

Anahtar kelimeler: transkutanöz karbondioksit monitörizasyonu, kardiyopulmoner bypass, kardiyak anestezi, soluk sonu karbondioksit, arteriyel karbondioksit

SUMMARY

Non Invasive Transcutaneous Carbondioxide Monitoring in Adult Open Heart Surgery

Objective: Follow-up of CO₂ level during open heart surgery is crucial in terms of monitoring and management of the metabolic status. In this prospective observational study, measurement of end tidal CO₂ and arterial CO₂ levels in adult open heart surgery was compared with transcutaneous CO₂ monitoring which is a non-invasive method.

Material and Method: The study included 22 ASA II-III patients with an age range of 30-80 years, who will undergo elective open heart surgery. Demographic data, ASA scores, and comorbidities were recorded. Along with routine monitoring of heart surgery, TeCO₂ was placed on deltoid muscle and measurements were obtained pre- and post-induction, and during and following cardiopulmonary bypass (CPB).

Results: No difference was observed between pre- and post-induction terms in all three CO₂ values, however a significant decrease was observed during and after cardiopulmonary bypass period in transcutaneous CO₂, arterial CO₂ and end tidal CO₂ values.

Conclusion: During CPB period of heart surgery, conditions, such as hypothermia, hemodilution, and lower arterial blood pressure, may negatively affect the optimal measurement conditions, such as optimal temperature related issues, high capillary perfusions, and calibration issues. The lower TeCO₂ values obtained especially during and following KPB period were thought to be caused by issues related with the device. Because of such challenging issues, instead of non-invasive CO₂ measurement method, CO₂ monitoring by arterial blood gas samples, which are already obtained during heart surgery anesthesia with invasive artery catheterization, is thought to be a better option.

Key words: transcutaneous carbondioxide monitoring, cardiopulmonary bypass, cardiac anesthesia, end-tidal carbondioxide, arterial carbondioxide

Alındığı tarih: 06.08.2013

Kabul tarihi: 23.08.2013

* Türkiye Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi Anestezi Kliniği

** Acıbadem Üniversitesi Ankara Acıbadem Hastanesi Anestezi Kliniği

*** Türkiye Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kalp Cerrahisi Kliniği

Yazışma adresi: Doç. Dr. Aslı Demir, Türkiye Yüksek İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Kızılay Sokak No: 4 Sıhhiye 06100 Ankara
e-mail: zaslidem@yahoo.com

GİRİŞ

Açık kalp cerrahisinde karbondioksit düzeyi takibi metabolik durumun izlenmesi ve yönetilmesi açısından önem taşır. Bu amaçla invaziv arter monitörizasyonundan sonra periyodik olarak kan gazı analizi yapılır ve arteriyel karbondioksit basıncı, respiratuar - metabolik komponentlerle beraber değerlendirilir. Aynı zamanda soluk sonu karbondioksitin takibi ameliyat boyunca akciğer fonksiyonları hakkında değerli bilgiler verir. Kardiyopulmoner baypas (KPB) döneminde akciğerler kapatıldıktan sonra soluk sonu CO₂ ölçümü mümkün olmaz ve bu dönemde yalnız arteriyel CO₂ takibi yapılır.

Transkutan CO₂ ölçümü (TcCO₂) damar yatağından cilde perfüze olan oksijen ve karbondioksiti bir prob yardımıyla cilt yüzeyinden saptayan, pediatrik vakalarda olduğu kadar erişkindede güvenilir olduğu düşünülen noninvaziv bir yöntemdir ^(1,2). Cilt, prob tarafından ısıtılıp bölgesel hiperperfüzyon sağlanarak elektrokimyasal olarak CO₂ parsiyel basıncı sürekli ölçülür. End-tidal karbondioksit basıncına benzer şekilde TcCO₂ değeri, PaCO₂'den 5.2±1,5 mmHg farklı değere sahip olabilir. Kardiyopulmoner baypas döneminde EtCO₂ ölçülemezken, TcCO₂ sürekli değerlendirilebilir. Bu prospektif gözlemsel çalışmada erişkin açık kalp cerrahisinde end tidal CO₂ ve arteriyel CO₂ ile non-invaziv bir yöntem olan transkutan CO₂ monitörizasyonunu karşılaştırması amaçlandı.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışmaya Türkiye Yükses İhtisas Eğitim ve Araştırma Hastanesi Eğitim Planlama ve Koordinasyon Kurulu izni ve hastaların yazılı onayı alındıktan sonra, elektif açık kalp cerrahisi geçirecek, ASA II-III grubu, 30-80 yaş arası 22 hasta dâhil edildi. Cilt bütünlüğü bozulmuş, prob takılmasına olanak olmayan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Demografik özellikler, ASA skorlaması verileri, preoperatif değerlendirmede yandaş hastalıklar kaydedildi. Olgulara anestezi premedikasyonunda bir gece önce 5-10 mg oral diazepam, ameliyattan 30 dk. önce 0.1 mg kg⁻¹ Morfin HCl verildi. EKG, invaziv arteriyel kan basıncı, periferik oksijen saturasyonu, end-tidal CO₂, santral venöz basınç (internal juguler venden), nazofarengeal ve rektal ısıları monitörize edildi. TcCO₂ cihazı (Tcm Combi M radiometer medical Aps, Denmark) probu

deltoid kas üzerine yerleştirildi. Ölçümler induksiyon öncesi, induksiyon sonrası, kardiyopulmoner baypas dönemi ve KPB'tan çıktıktan sonraki dönemlerde yapıldı. Anestezi induksiyonunda Midazolam - Fentanil - Rokuronyum anestezi idamesinde % 50 O₂/hava ya ek olarak aynı ilaçlarla total intravenöz anestezi (TİVA) kullanıldı. Anestezi cihazı volum kontrollü mekanik ventilasyon moduna ayarlanarak PaCO₂ 30-40 mmHg olacak şekilde normokapni sağlandı. Hastanın ekspiryum havasındaki CO₂ miktarı, infrared spektroskopisi kullanılarak sürekli takip edildi. Monitörize edilecek gaz karışımının dalga boyu 1 mikrometreden daha uzun olan ışını absorbe eden miktarı, referans gaz karışımı ile karşılaştırılarak ölçüm anestezi cihazı tarafından otomatik olarak tanımlandı ve bir trase (kapnogram) şeklinde ekrana gönderildi. Asit baz dengesinin ve solunum dengelerinin tayini için arteriyel kanda oksijen (PaO₂) ile karbondioksit (PaCO₂) parsiyel basınçlarının, oksijen saturasyonunun (SaO₂), pH ve bikarbonat değerlerinin ölçümü arter kan gazı analizi ile yapıldı. KPB sırasında ortalama arter basıncı 50-70 mmHg'da tutuldu, kardiyak arrest amacıyla soğuk kristalloid antegrad/retrograd kardiyopleji (Plegisol solusyonu) verildi, sonrasında miyokardiyal koruma 20 dk.'lık aralıklarla verilen kan kardiyoplejisi ile sağlandı. Ameliyatın sonunda hastalar entübe olarak yoğun bakım ünitesine çıkarıldı.

İstatistiksel analiz

Elde edilen verilerin analizi Windows için SPSS (SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) 20.0 versiyon paket programında yapıldı. Tanımlayıcı istatistikler sürekli ölçümlü değişkenler için ortalama ± standart sapma olarak nominal değişkenler ise olgu sayısı (n) ve yüzde (%) olarak gösterildi. Gruplar arası kategorik verilerin karşılaştırılmasında ki-kare testi kullanıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uyup uymadıkları Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirildi. Normal dağılan değişkenlerde tek yönlü varyans analizi veya t-testi kullanıldı. Normal dağılmayan sayısal veriler 2'den fazla grup için Kruskal-Wallis, iki grup arasında karşılaştırma için Mann-Whitney U testi ile incelendi. Aynı grup içinde yineleyen ölçümlerde bazal değer ile diğer zamanların karşılaştırılmasında eşleştirilmiş t-testi veya Wilcoxon testi kullanıldı. Sonuçlar % 95'lik güven aralığında, anlamlılık p<0.05 düzeyinde değerlendirildi.

BULGULAR

Yaş ortalaması 58.6 ± 8 olan 21 hastanın 14'ü KABG, 3'ü MVR, 2'si AVR ve son 2'si kombine prosedür (AVR+MVR) için ameliyata alındı. Hastaların % 52'si hipertansif, % 28.6'sı diyabetikti (Tablo 1). Hemodinamik veriler ve vücut ısısı ölçümleri kardiyopulmoner baypasın gerektirdiği biçimde zamanlar arasında farklılık gösterdi (Tablo 2). İndüksiyon öncesi ve sonrası dönemlerde her 3 CO₂ değerleri arasında fark bulunmazken, kardiyopulmoner baypas döneminde ve sonrasındaki transkutan CO₂ ölçümleri (sırasıyla 24.9-27.6), arteriyel (sırasıyla 34.7-35.5) CO₂ ve end tidal CO₂ (sırasıyla 31.6-31.2) değerlerinden anlamlı şekilde düşük bulundu (Tablo 2-3, Şekil 1). Ayrıca pompa sonrası dönemdeki EtCO₂ (31.2) değeri, PaCO₂ (35.5) değerinden anlamlı olarak düşük bulundu (p=0.01).

TARTIŞMA

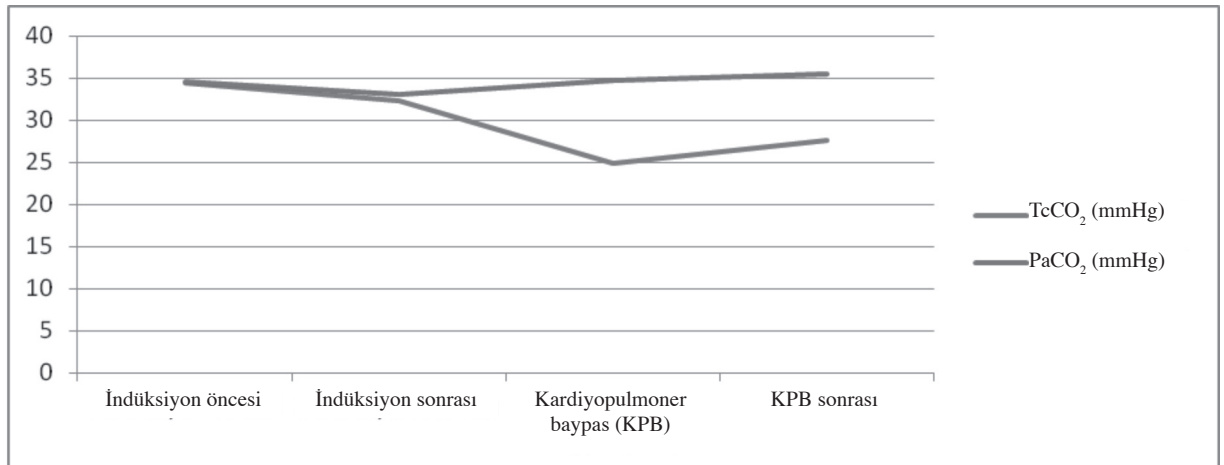
Bu çalışmada noninvaziv transkutanöz CO₂ değerleri kardiyopulmoner baypas döneminde end tidal ve arteriyel CO₂ değerlerinden daha düşük bulundu. Arteriyel ve end tidal CO₂ arasında KPB döneminde ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğuna bağlı gelişen fark 3-4 mmHg iken transkutanöz ölçümde bu fark yaklaşık 7-10 mmHg idi.

End-tidal karbondioksit (EtCO₂), PACO₂ (alveolar CO₂ parsiyel basıncı) ve dolayısıyla PaCO₂ ile yakın bir ilişki gösterir. Yaklaşık olarak EtCO₂ ile PaCO₂ arasındaki fark 5 mmHg'dır. Bu ilişki akciğer hastalığı olanlarda bozulur, ancak yine de ventilasyonun

Tablo 1. Hastaların demografik verileri.

Yaş	58.67±8.1
Ameliyat tipi	
KABG	14 (% 66.7)
MVR	3 (% 14.3)
AVR	2 (% 9.5)
AVR+MVR	2 (% 9.5)
ASA	
2	10 (% 47.6)
3	10 (% 47.6)
4	1 (% 4.8)
HT	11 (% 52.4)
DM	6 (% 28.6)
Guatr	2 (% 9.09)
Romatoid artrit	1 (% 4.54)
Geçirilmiş serebrovasküler olay (sekel yok)	3 (% 13.6)

yeterliliğinin denetlenmesinde uygun bir monitörizasyon yöntemidir. Ayrıca EtCO₂'de oluşacak ani değişiklikler yalnızca solunum sisteminden değil kardiyovasküler sistemden de kaynaklanabilir. Örneğin, kardiyak nedenli ya da pulmoner emboliye bağlı olarak oluşacak kardiyak debideki ani bir düşüş, fizyolojik ölü boşluk oranını arttıracığı için EtCO₂'de ani bir düşüşe de neden olacaktır. Ekspiryum havasındaki CO₂ miktarı kapnograf ile ölçülebilir. Kapnografi yalnızca respiratuar fonksiyonun değerlendirilmesi ile sınırlı kalmayıp diğer klinik bulguların yorumlanmasında da yararlıdır. Ekspire edilen CO₂ miktarı; CO₂ tüketimindeki, CO₂ transport ve eliminasyonundaki değişikliklerle ve sodyum bikarbonat tedavisiyle değişiklik gösterebilir. Ancak, KPB sırasında kros klemp döneminde akciğerlerin devre dışı kalmasına bağlı olarak EtCO₂ ölçümü mümkün olmaz. Bu aşamada arteriyel CO₂ değeri kan gazlarıyla devamlı takip edilir. Transkutanöz CO₂ ölçümü, genellikle pediatrik yoğun bakımlarda kullanılan, hiçbir kontrendikasyo-



Şekil 1. Arteriyel ve transkutanöz karbondioksit basınçları.

Tablo 2. Hemodinamik veriler ve ölçüm dönemleri arasındaki CO₂ değerleri.

	İndüksiyon öncesi	İndüksiyon sonrası	Kardiyopulmoner baypas (KPB)	KPB sonrası	P değeri
SAB	157.38±31.1	102.05±14.98	65.43±9.39	95.14±10.33	P<0.001
DAB	78.57±12.43	56.38±11.28	57.2±9.6	56.9±8	P<0.001
OAB	104.71±17.4	71.05±11.51	60.1±9.1	70±9.06	P<0.001
Kalp hızı	82.52±13.68	71.05±15.38	-	88.1±13.62	P<0.001
Cilt ısısı	29.89±1.62	29.68±1.84	30.54±2.38	32.95±1.88	P<0.001
NF ısısı	-	35.42±1.06	32.29±2.21	36.44±0.98	P<0.001
TcCO ₂	34.48±4.23	32.24±4.9	24.9±7.24	27.62±7.03	P<0.001
PaCO ₂	34.63±3.6	33.11±4.45	34.71±3.32	35.5±3.74	0.233
EtCO ₂	-	30.67±5.28	-	31.29±3.94	0.18

Tablo 3. Her 3 CO₂ ölçüm değerinin birbirleri ile kıyaslanması.

	TcCO ₂	PaCO ₂	EtCO ₂	P değeri
İndüksiyon öncesi	34.48±4.23	34.63±3.6	-	0.819
İndüksiyon sonrası	32.24±4.9	33.11±4.45	30.67±5.28	0.079
KPB	24.9±7.24	34.71±3.32	-	P<0.001
KPB sonrası	27.62±7.03	35.5±3.74	31.29±3.94	P<0.001

nu olmayan bir yöntemdir. Karbondioksit elektrodu yapısındaki sensor ve bir ısıtma elemanı deri yüzeyine yerleştirilerek ölçüm yapılır. Cilt ısıtılarak kapiller kan akımı ve CO₂ parsiyel basıncı artırılır ve cilt gaz difüzyonuna geçirgen hale getirilir. Elektrodun ölçtüğü doku CO₂ basıncıdır ve bu nedenle direkt olarak arteriyel CO₂ basıncını ölçmez. Transkutanöz CO₂ esas olarak ısıtılmış cildin kapiller kan akımındaki CO₂ basıncı ile cildin kan akımı ve cildin metabolik CO₂ üretimi arasındaki ilişkiyi yansıtır. Ancak, 37-45°C'ye ısınan ciltte metabolizma artacak ve TcCO₂ arteriyel CO₂'ye oranla daha yüksek çıkacaktır. Dolayısıyla genel vücut ısısı kullanılarak yaklaşık 10-20 dk süren kalibrasyon gereksinimi doğar^(3,4). Yine TcCO₂ ölçümü cilt kalınlığı ve bölgenin kapiller yoğunluğundan etkilenir. İnce cilt ve yoğun kapiller istenen özelliklerdir. Bu nedenle pediatrik kullanımda oldukça avantajlıyken erişkinde büyük bölgesel farklılıklar görülebilir. Bu çalışmada TcCO₂ probu üretici önerisi üzerine deltoid kas üzerine yerleştirildi. Kalp cerrahisinin KPB dönemi hipotermi, hemodilüsyon, düşük arteriyel kan basıncı gibi durumlarla cihazın yukarıda anlatılan optimum ölçüm koşullarını tamıyla etkilemektedir. Bu çalışmada kardiyopulmoner baypas sırasında uygulanan orta dereceli hipotermi ile cilt sıcaklığının 29-30 °C'ye düştüğü saptandı. Çalışma prensibine göre cildi 37-45°C'ye ısıtması gereken TcCO₂ probu büyük olasılıkla hipotermi nedeniyle bu ölçüm sıcaklığına erişemedi. Erişkinlerde probun yerleşim yerine göre büyük bölgesel farklı-

lıklar olduğu için kapiller kan akımının daha yoğun olduğu saçlı deri deltoid bölgesine tercih edilebilirdi, ancak kalp cerrahisinde cihaza ait intraoperatif deneyim daha önce olmadığından kullanım önerisine uyularak deltoid kas üstüne prob yerleştirildi. Ayrıca cildin ve tüm organların perfüzyonunu belirleyen ana etken olarak arteriyel kan basıncının kalp cerrahisinde dönemsel düşmeler göstermesinin de ölçüm kalitesini etkilediği düşünülürse KPB döneminde ve ertesinde oldukça düşük TcCO₂ değerleri saptanması cihazla ilgili söz konusu bu sorunlara bağlanabilir. Bu sınırlamalara karşın ameliyat sonrası dönemde artık entübe olmayan ve/veya invaziv kateterleri çekilmiş hastalarda, yine pediatrik hasta grubunda yoğun bakımda yineleyen arter kan gazı örneklemek güç olduğundan TcCO₂ takibi yararlı olabilir⁽⁵⁾. Normal respiratuar fonksiyonları olan çocuklarda EtCO₂ ve TcCO₂'nin eşit doğrulukta bilgi verdiği, şanti olan veya ventilasyon-perfüzyon uygunsuzluğu olanlarda ise TcCO₂'nin daha doğru olduğu gösterilmiştir⁽⁶⁾.

Erişkinlerde periferik vasküler hastalıklar⁽⁷⁾, kardiyopulmoner egzersiz testi⁽⁸⁾, uyku bozukluğu⁽⁹⁾, noninvaziv ventilasyon⁽¹⁰⁾, weaning periyodu, uzun dönem oksijen tedavisinin tirasyonu ve derlenme ünitesinde postoperatif hastanın ventilasyon yeterliğinin değerlendirilmesi⁽¹¹⁾ gibi durumlarda kullanılabilen bu non invaziv CO₂ ölçüm metodu yerine zaten invaziv arter kateterizasyonu yapılan kalp cerrahisi anesteziinde arteriyel kan gazı örnekleriyle CO₂ takibinin daha uygun bir yöntem olacağını düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

1. Goldman MD, Gribbin HR, Martin RJ. Transcutaneous pCO₂ in adults. *Anaesthesia* 1982;37:944-946. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2044.1982.tb01859.x> PMID:6812455
2. Binder N, Atherton H, Thorkelsson T, Hoath SB.

- Measurement of transcutaneous carbon dioxide in infants during the first two weeks of life. *Am J Perinatol* 1994;11:237-224.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-2008-1040754>
 PMid:8048993
3. **Gray BJ, Heaton RW, Henderson A, Hutchison DCS.** In vivo calibration of a transcutaneous oxygen electrode in adult patients. *Adv Exp Med Biol* 1987;200:75-77.
 4. **Sridhar MK, Carter R, Moran F, Banham SW.** Use of a combined oxygen and carbon dioxide transcutaneous electrode in the estimation of gas exchange during exercise. *Thorax* 1993;48:643-647.
<http://dx.doi.org/10.1136/thx.48.6.643>
 5. **Eberhard P.** The design, use, and results of transcutaneous carbon dioxide analysis: current and future directions. *Anesth Analg* 2007;105(6 Suppl):S48-52.
<http://dx.doi.org/10.1213/01.ane.0000278642.16117.f8>
 PMid:18048898
 6. **Tobias JD.** Transcutaneous carbon dioxide monitoring in infants and children. *Paediatr Anaesth* 2009;19(5):434-444.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1460-9592.2009.02930.x>
 PMid:19236597
 7. **Misuri A, Lucertini G, Nanni A, Viacava A, Belardi P.** Predictive value of transcutaneous oximetry for selection of the amputation level. *J Cardiovasc Surg* 2000;41:83-87.
 8. **Al-Rawas OA, Carter R, Richens D, et al.** Ventilatory and gas exchange abnormalities on exercise in chronic heart failure. *Eur Respir J* 1995;8:2022-2028.
<http://dx.doi.org/10.1183/09031936.95.08122022>
 9. **Janssens JP, Howarth-Frey C, Chevrolet JC, Abajo B, Rochat T.** Transcutaneous PCO₂ to monitor non-invasive mechanical ventilation in adults: assessment of a new transcutaneous PCO₂ device. *Chest* 1998;113:768-773.
 10. **Fauroux B, Lofaso F.** Randomised controlled trial of non-invasive ventilation (NIV) for nocturnal hypoventilation in neuromuscular and chest wall disease patients with daytime normocapnia. *Thorax* 2005;60:979-980.
<http://dx.doi.org/10.1136/thx.2005.040394>
 PMid:16299111 PMCid:PMC1747262
 11. **Rohling R, Biro P.** Clinical investigation of a new combined pulse oximetry and carbon dioxide tension sensor in adult anaesthesia. *J Clin Monit Comput* 1999;15:23-27.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1009950425204>