

## Valor Limitado da Capnometria em Cuidados Intensivos Neonatais

<sup>1</sup>, GUSTAVO ROCHA <sup>1</sup>, ALBERTO ROCHA <sup>1</sup>, FÁTIMA CLEMENTE <sup>1</sup>, MARGARIDA TAVARES <sup>2</sup>, BEATRIZ GUEDES <sup>1</sup>, HERCÍLIA GUIMARÃES

<sup>1</sup> Serviço de Neonatologia / Departamento de Pediatria, Hospital de São João (HSJ)

<sup>2</sup> Departamento de Epidemiologia, HSJ

### Resumo

**Introdução:** a monitorização não invasiva da pressão parcial arterial de dióxido de carbono em recém-nascidos submetidos a ventilação mecânica poderá ser útil na prevenção de complicações relacionadas com a hipocapnia e hipercapnia.

**Objectivo:** determinar a acuidade da monitorização da pressão parcial de dióxido de carbono do ar expirado (capnometria) em recém-nascidos submetidos a ventilação mecânica.

**Material e métodos:** registo de 117 pares de valores de pressão parcial de dióxido de carbono obtidos em simultâneo por capnometria e análise do sangue arterial, de um grupo de 26 recém-nascidos apresentando uma idade gestacional média de 32,4 semanas e um peso médio de 1780 g, submetidos a ventilação mecânica convencional. O índice a/A O<sub>2</sub> (razão tensão de oxigénio arterial/alveolar) foi usado como um índice indirecto da relação ventilação perfusão pulmonar (V/Q). Foram definidos três subgrupos com base no peso (<1500g; 1500-2500g; >2500g) e um subgrupo de doentes do foro cirúrgico sem patologia pulmonar (a/AO<sub>2</sub>≥0,3).

Foi utilizada a correlação de Pearson na avaliação da relação entre os valores de pressão parcial de dióxido de carbono obtidos por capnometria e análise do sangue arterial, quer para a amostra total, quer para subgrupos definidos por a/AO<sub>2</sub> e peso.

**Resultados:** foram encontrados os seguintes coeficientes de correlação (r): **amostra total** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,40 (p=0,005) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,49 (p<0,001); **peso<1500g** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,31 (p=0,295) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,27 (p=0,109); **peso 1500-2500g** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,68 (p=0,001) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,89 (p<0,001); **peso>2500g** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,34 (p=0,215) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,46 (p=0,040); **doentes cirúrgicos** - r = 0,65 (p=0,004).

**Conclusão:** este estudo mostra uma fraca correlação entre os valores de pressão parcial de dióxido de carbono obtidos por capnometria e análise do sangue arterial, pelo que esta técnica não deve ser utilizada isoladamente na monitorização da pressão parcial arterial de dióxido de carbono em neonatologia.

**Palavras chave:** capnometria; "end-tidal" CO<sub>2</sub>.

### Summary

#### Capnometry: Limited Value in Neonatal Intensive Care

**Introduction:** continuous noninvasive monitoring of arterial carbon dioxide in neonatal intensive care unit patients would help clinicians to avoid complications of hypocarbia and hypercapnia.

**Objective:** to determine the accuracy of end-tidal carbon dioxide monitoring (capnometry) in neonatal intensive care unit patients.

**Materials and methods:** recording of 117 simultaneous end-tidal and arterial carbon dioxide pairs from 26 newborn infants presenting with a mean gestational age of 32,4 weeks and mean weight of 1780 g, receiving mechanical ventilation. The a/AO<sub>2</sub> (arterial/alveolar oxygen tension ratio) was used as an indirect index of the ventilation/perfusion (V/Q) relationship. Three subgroups of weight (<1500g; 1500-2500g; >2500g) and a surgical subgroup including patients without lung disease (a/AO<sub>2</sub>≥0,3) were defined.

The relationship between carbon dioxide tension given by capnometry and arterial blood sample analysis was evaluated using Pearson correlation for the overall sample and for subgroups defined by a/AO<sub>2</sub> and weight.

**Results:** the following correlation coefficients (r) were found: **overall sample** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,40 (p=0,005) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,49 (p<0,001); **weigh<1500g** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,31 (p=0,295) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,27 (p=0,109); **weigh 1500-2500g** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,68 (p=0,001) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,89 (p<0,001); **weigh>2500g** - a/AO<sub>2</sub><0,3 r = 0,34 (p=0,215) / a/AO<sub>2</sub>≥0,3 r = 0,46 (p=0,040); **surgical patients** - r = 0,65 (p=0,004).

**Conclusions:** in this study, the degree of correlation found is not of such magnitude that allows the use of end tidal carbon dioxide monitoring as a surrogate of arterial carbon dioxide tension in a neonatal intensive care unit.

**Key words:** capnometry; end-tidal CO<sub>2</sub>.

### Abreviaturas

a/AO<sub>2</sub> - razão tensão de oxigénio arterial/alveolar;

CO<sub>2</sub> - dióxido de carbono;

O<sub>2</sub> - oxigénio;

PaO<sub>2</sub> - pressão parcial de O<sub>2</sub> arterial;

PaCO<sub>2</sub> - pressão parcial de CO<sub>2</sub> arterial;

PetCO<sub>2</sub> - capnometria / "end-tidal" CO<sub>2</sub>;

RN - recém-nascido;

Autor responsável: Gustavo Rocha

Serviço de Neonatologia / Departamento de Pediatria

Hospital de São João

Alameda Prof. Hernâni Monteiro

4202 - 451 PORTO

Telephone: 225095816

Fax: 225505919

E-mail: neonatologia@hsjoão.min-saude.pt

TcPCO<sub>2</sub> - monitorização transcutânea da pressão parcial de CO<sub>2</sub> ;

UCI - unidade de cuidados intensivos;

UCIN - unidade de cuidados intensivos neonatais.

### Introdução

A utilização de ventilação mecânica nas UCIN requer o uso de métodos fiáveis para a monitorização da pressão parcial dos gases sanguíneos. O método mais rigoroso de avaliação de uma ventilação adequada é a determinação no sangue arterial das pressões parciais de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, o que implica um procedimento invasivo e proporciona dados intermitentes.

A monitorização da PaO<sub>2</sub> foi conseguida com a introdução da oximetria de pulso, no entanto, um método de idêntica fiabilidade para a monitorização da PaCO<sub>2</sub>, tem sido difícil de conseguir.

Estudos recentes indicam que a manutenção duma PaCO<sub>2</sub> inferior a 34 mmHg em RN, nomeadamente prematuros, pode contribuir para o desenvolvimento de doença pulmonar crónica da prematuridade e leucomalácia periventricular<sup>(1,2)</sup>, enquanto a persistência de valores elevados (PaCO<sub>2</sub> superior a 54 mmHg) associa-se a aumento do fluxo sanguíneo cerebral e risco de hemorragia intraventricular<sup>(3,4)</sup>. Em certas situações, como com a utilização de surfactante exógeno, a melhoria da mecânica pulmonar nas primeiras 24 horas pode levar a hipocapnia e aumento do volutrauma se não reconhecido<sup>(5)</sup>.

Dois métodos não invasivos que têm sido utilizados para a monitorização da PaCO<sub>2</sub> são a TcPCO<sub>2</sub> e a capnometria (medição do CO<sub>2</sub> do ar expirado, "end tidal CO<sub>2</sub>", PetCO<sub>2</sub>). O primeiro é mal tolerado por prematuros devido à fragilidade cutânea e é afectado pela acidose e hipóxia<sup>(6)</sup>. O segundo, PetCO<sub>2</sub>, é um método quantitativo que mede o pico de concentração de CO<sub>2</sub> do ar expirado, que ocorre no final da expiração<sup>(7,8)</sup>.

Um método relacionado com a capnometria, a capnografia, permite a monitorização do CO<sub>2</sub> do ar expirado de modo quantitativo e qualitativo, isto é, representando a variação da pressão parcial de CO<sub>2</sub> no ar expirado durante o ciclo respiratório, e, não apenas no final da expiração<sup>(9)</sup>. Em doentes sem patologia pulmonar a curva do capnograma caracteriza-se pela sequência de três fases: fase I (CO<sub>2</sub> no espaço morto, anatómico e do aparelho); fase II (aumento do CO<sub>2</sub> traduzindo a expiração de ar alveolar e do espaço morto anatómico) e fase III ("plateau" alveolar traduzindo a eliminação do CO<sub>2</sub> alveolar e do espaço morto alveolar)<sup>(9,10)</sup>. A morfologia e área da curva obtida no capnógrafo variam na presença de patologia pulmonar ou falência no circuito ventilatório, permitindo detectar várias situações clínicas, nomeadamente: <sup>(1)</sup> diminuição da amplitude com prolongamento das fases II e III por incompleto

esvaziamento alveolar na doença obstrutiva; <sup>(2)</sup> encurtamento do "plateau" alveolar podendo traduzir doença pulmonar restritiva, embora neste caso o capnograma seja geralmente normal; <sup>(3)</sup> um aumento progressivo da curva nas situações de hipermetabolismo e hipoventilação; <sup>(4)</sup> diminuição do CO<sub>2</sub> expirado em situações de hipotermia, acidose metabólica e aumento do volume-minuto; <sup>(5)</sup> diminuição exponencial do CO<sub>2</sub> expirado na severa hipoperfusão pulmonar (embolismo); <sup>(6)</sup> diminuição súbita da curva por fuga no sistema ventilatório; <sup>(7)</sup> gradual aumento da curva por "re-breathing", <sup>(8)</sup> onda "dícota" no transplante pulmonar (indicando esvaziamento diferencial entre os dois pulmões) e na presença de tubo endotraqueal no brônquio principal direito.<sup>(10)</sup>

A capnometria tem sido utilizada em adultos e crianças sob anestesia e também em UCI<sup>(9,11,13)</sup>. Nas UCIN, esta técnica não parece ter despertado grande interesse, talvez em parte por limitações técnicas, mas também pelo facto da existência da patologia pulmonar poder tornar os resultados inadequados<sup>(9,13,14,15)</sup>.

Nos últimos anos foram criados monitores de PetCO<sub>2</sub> que se adaptam à extremidade distal do tubo endotraqueal, que apresentam baixo peso, aumentam pouco o espaço morto e oferecem baixa resistência ao circuito de ventilação, estando de certo modo mais adaptados às elevadas frequências respiratórias e baixos fluxos do RN. A análise do conteúdo do ar expirado é feita por espectroscopia de raios infravermelhos, cujo valor é proporcional à concentração de CO<sub>2</sub> no ar expirado<sup>(16,17)</sup>. Desde então, têm sido publicados alguns estudos, efectuados em RN submetidos a ventilação mecânica, referindo uma correlação entre os valores de PetCO<sub>2</sub> e a PaCO<sub>2</sub> suficiente para conferir interesse na utilização desta técnica em UCIN, quer na monitorização não invasiva da PaCO<sub>2</sub> em doentes sem patologia pulmonar e com frequências ventilatórias inferiores a 70 por minuto<sup>(9)</sup>, quer na detecção precoce de hipocarbica ou hipercapnia<sup>(16)</sup>, quer na detecção de variações significativas do valor tendencial de PetCO<sub>2</sub> podendo traduzir obstrução do tubo endotraqueal ou a presença de um pneumotórax de tensão<sup>(14)</sup>. Estes resultados contrastam com a baixa correlação encontrada noutros estudos, conferindo baixa fiabilidade a esta técnica<sup>(3,17)</sup>.

Este trabalho foi realizado com o objectivo de avaliar a fiabilidade da monitorização da PetCO<sub>2</sub>, como monitorização não invasiva da PaCO<sub>2</sub>, em RN de termo e pré-termo submetidos a ventilação mecânica.

### Material e Métodos

Foi feita a monitorização da PetCO<sub>2</sub> num grupo de 26 RN, 18 do sexo masculino, 8 do sexo feminino, com uma idade gestacional média de 32,4 semanas (min = 22; máx = 41) e um peso médio de 1780 g (min = 545; máx = 4000). A distribuição por peso durante o período de moni-

torização foi coincidente com o peso ao nascer: <1500g = 13; 1500-2500g = 6; >2500g = 7 (Quadro I).

**QUADRO I**  
Características da população (n=26).

Sexo	
Masculino	8
Feminino	8
Idade gestacional (semanas) (média)	32,4
Peso a nascer (g) (média)	1780
Grupos de peso:	
<1500 g	13
1500 - 2500 g	6
>2500 g	7
Determinações de a/A O <sub>2</sub> (n= 117):	
< 0,3	47
≥ 0,3	70

Todos os RN estavam submetidos a ventilação mecânica convencional, nas diferentes modalidades, por diferentes motivos e patologias pulmonares (Quadro II).

**QUADRO II**  
Características clínicas

Patologia pulmonar e / ou motivo de ventilação mecânica	
Doença das membranas hialinas	12
Sepsis + ateletasia	2
Sepsis + pneumonia	2
Hérnia diafragmática congénita	2
Tetralogia de Fallot	1
Transposição das grandes artérias	1
Pós operatório:	
gastrosquisis	2
atrésia duodenal	1
atrésia do esófago	1
quisto do pâncreas	1
interrupção do arco aórtico	1

Para a monitorização foi utilizado um transdutor de CO<sub>2</sub> Hewlett Packard (HP) M1460A, um adaptador à extremidade distal do tubo endotraqueal HP 14363 A e um monitor HP 71034. Este transdutor usa uma fonte de raios

infravermelhos e um detector que mede, directa e continuamente, a quantidade de raios infravermelhos que são absorvidos pelo CO<sub>2</sub> inspirado e expirado pelo doente. Este aparelho exige calibração periódica, efectuada, em média, duas vezes por semana na nossa UCIN.

As amostras de sangue arterial para estudo dos gases foram obtidas por punção da artéria radial ou por cateter arterial umbilical, com periodicidade variável, em função da gravidade do doente, e, os resultados foram confrontados com os da PetCO<sub>2</sub> obtido no momento imediatamente anterior à extracção de sangue.

O quociente a/A O<sub>2</sub> (relação oxigénio arterial-alvéolar), calculado no momento de cada determinação foi utilizado como indicador indirecto do grau de alteração da relação ventilação-perfusão (V/Q) do doente, segundo a fórmula:  $a/A O_2 = PaO_2 / [FiO_2 (P_b - 47) - PaCO_2 / R]$ , em que P<sub>b</sub> = pressão barométrica (760 mmHg ao nível do mar), 47 = pressão do vapor de água, R = quociente respiratório (convencionado =1 no RN) e considerando PaCO<sub>2</sub> = PCO<sub>2</sub> alvéolar<sup>(14)</sup>. Foi considerado a/A O<sub>2</sub> < 0,3 indicador de compromisso da V/Q e a/A O<sub>2</sub> ≥ 0,3 como indicador de uma V/Q próximo do normal<sup>(6)</sup>.

Foram analisados os resultados da monitorização da PetCO<sub>2</sub> em função da gravidade da patologia pulmonar (a/A O<sub>2</sub> < 0,3 e a/A O<sub>2</sub> ≥ 0,3) e em função do peso (P) do RN, apresentado durante o período de monitorização, tendo sido considerados três grupos: P <1500 g; P = 1500 - 2500 g; P >2500 g.

A monitorização da PetCO<sub>2</sub> incluiu um grupo de seis doentes do foro cirúrgico, sem patologia pulmonar e com um peso médio de 2392,5 g (min = 1000; máx = 4000) e uma idade gestacional média de 36,6 semanas (min = 34; máx = 40), submetidos a ventilação mecânica no pós-operatório por um período de tempo variável.

A relação entre PaCO<sub>2</sub> e PetCO<sub>2</sub> foi avaliada usando a correlação de Pearson, para o total das determinações e para subgrupos definidos com base no peso e a/AO<sub>2</sub>.

## Resultados

Foram obtidos 117 pares de determinações PaCO<sub>2</sub> - PetCO<sub>2</sub>, sendo o número médio por doente de 4,5 pares (mínimo = 1 e máximo = 20). Em 70 determinações a razão a/A O<sub>2</sub> foi ≥ 3,0 e em 47 foi < 3,0.

O coeficiente de correlação (r) entre PaCO<sub>2</sub> e PetCO<sub>2</sub> para as 117 determinações foi 0,40 (<0,001) (gráfico).

Os coeficientes de correlação entre PaCO<sub>2</sub> e PetCO<sub>2</sub> calculados em função do peso e da relação ventilação-perfusão encontram-se representados no Quadro III.

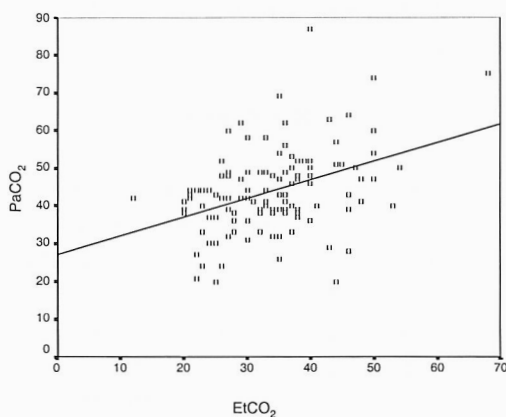
**QUADRO III**  
**Coefficientes de correlação determinados para o grupo estudado e para os subgrupos definidos em função do peso e a / AO<sub>2</sub>**

Grupo estudado (26 doentes, 117 determinações)	a / AO <sub>2</sub>	Coefficiente de correlação (Pearson)
Grupo total	<0,3	r = 0,40; p = 0,005
	≥0,3	r = 0,49; p < 0,001
Peso < 1500 g	<0,3	r = 0,31; p = 0,295
	≥0,3	r = 0,27; p = 0,109
Peso > 1500 - 2500 g	<0,3	r = 0,68; p = 0,001
	≥0,3	r = 0,89; p > 0,001
Peso > 2500 g	<0,3	r = 0,34; p = 0,215
	≥0,3	r = 0,46; p = 0,040
Doentes cirúrgicos (peso médio = 2392 g)	≥0,3	r = 0,65; p = 0,004

### Discussão

A capnometria é uma técnica com aspectos de grande interesse em neonatologia, nomeadamente a facilidade em detectar rapidamente alterações da PaCO<sub>2</sub> e a possibilidade de diminuir as colheitas de sangue.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram uma correlação estatisticamente significativa entre os valores encontrados de PetCO<sub>2</sub> e os valores da PaCO<sub>2</sub>, em crianças com peso >1500g. No entanto, a magnitude desta correlação não é suficiente para permitir utilizar a capnometria como substituto da avaliação dos gases arteriais em doentes ventilados. Os resultados também indicam que a fiabilidade da PetCO<sub>2</sub> como indicador da PaCO<sub>2</sub> é limitada pela existência de patologia pulmonar. Crianças com a/A O<sub>2</sub> < 0,3 apresentaram um coeficiente de correlação inferior ao verificado nos RN com a/A O<sub>2</sub> ≥ 0,3.



**FIG. 1** - Correlação de Pearson entre PaCO<sub>2</sub> (mmHg) e PetCO<sub>2</sub> (mmHg) para o total das determinações (n= 117, r = 0,40, p < 0,001).

Este aspecto da acuidade da monitorização da PaCO<sub>2</sub> através de capnometria ser afectado pela existência de patologia pulmonar, foi verificado por outros autores<sup>(9, 12, 16, 17)</sup>. Estes autores demonstraram que o maior determinante na relação entre PetCO<sub>2</sub> e PaCO<sub>2</sub> é a severidade da lesão pulmonar, provocando alteração da relação ventilação-perfusão (V/Q), tanto por fenómeno de shunt, como por fenómeno de espaço morto, indirectamente avaliada por a/A O<sub>2</sub> ou por AADO (gradiente oxigénio alvéolar-arterial)<sup>(15)</sup>. Também verificaram não existir uma correlação estatisticamente significativa quer entre o gradiente PaCO<sub>2</sub> - PetCO<sub>2</sub> e o volume corrente, quer entre o mesmo gradiente e o tempo inspiratório, tendo encontrado uma correlação débil com a frequência respiratória<sup>(9, 17)</sup>.

A capnometria também não se mostrou uma técnica de grande acuidade em prematuros com Doença das Membranas Hialinas após administração de surfactante exógeno<sup>(18)</sup>.

Segundo alguns autores, a capnometria poderá ter interesse na fase de "desmame" ventilatório, quando há evidência da melhoria progressiva da relação ventilação-perfusão, e também na monitorização durante anestesia<sup>(15,16)</sup>. No entanto, como os valores da PaCO<sub>2</sub> e os obtidos por capnografia não são na maioria das vezes sobreponíveis, a avaliação da PaCO<sub>2</sub> no sangue arterial deve ser feita sempre que os valores de PetCO<sub>2</sub> sejam inferiores a 28mmHg ou superiores a 45mmHg<sup>(19)</sup>.

Neste estudo, quando o monitor do PetCO<sub>2</sub> estava fora de limites determinados (< 28 e > 54 mmHg), a PaCO<sub>2</sub> encontrou-se fora destes limites em 7/36 (19%) vezes. Quando a PaCO<sub>2</sub> se encontrava fora destes limites a PetCO<sub>2</sub> foi coincidente em 7/19 (37%), i é, em 63% dos casos em que a PaCO<sub>2</sub> estava fora dos limites da normalidade as leituras do PetCO<sub>2</sub> encontravam-se entre os 28 e os 54 mmHg. Estes resultados conferem uma baixa acuidade quando apenas se pretende manter a PaCO<sub>2</sub> entre os 28 e os 54 mmHg.

Neste estudo, o peso inferior a 1500 gramas demonstrou ser um factor impeditivo da monitorização do PaCO<sub>2</sub> por capnometria, independentemente da relação ventilação-perfusão. Este aspecto da menor fiabilidade da capnometria em prematuros de muito baixo peso já foi mencionado na literatura, tendo sido relacionado com o facto destes apresentarem frequências respiratórias mais elevadas e fluxos mais baixos, mesmo quando se utilizam aparelhos de maior sensibilidade e que minimizam o espaço morto<sup>(16)</sup>.

Quando comparada com a oximetria de pulso (r = 0,99)<sup>(20)</sup>, utilizada para a monitorização não invasiva da PaO<sub>2</sub>, a capnometria mostra uma fiabilidade muito inferior, pelo que para a maioria das crianças internadas em UCIN esta técnica não pode ser recomendada.

### Conclusões

Este estudo mostra uma fraca correlação entre os valores de  $\text{PetCO}_2$  obtidos por capnometria e a  $\text{PaCO}_2$ , pelo que esta técnica não deve ser utilizada isoladamente na monitorização da  $\text{PaCO}_2$  em neonatologia.

Poderá ter interesse em RN com peso superior a 1500 g e com normal função pulmonar, quando associado a outros métodos, nomeadamente a  $\text{TcCO}_2$  ou durante anestesia.

Para a maioria dos recém-nascidos prematuros com patologia pulmonar esta técnica não pode ser recomendada.

### Agradecimentos

Os autores agradecem aos enfermeiros Teresa Maia e Francisco Mendes a assistência prestada na monitorização dos doentes.

### Bibliografia

1. Bhat R, Kim WD, Shukla A, Vidyasagar D. Simultaneous tissue pH and transcutaneous carbon dioxide monitoring in critically ill neonates. *Crit Care Med* 1981; 9: 744 - 9.
2. Bhavani-Shankar K, Moseley H, Kumar AY, Delph Y. Capnometry and anaesthesia. *Can J Anaesth* 1992; 39: 617 - 32.
3. Cantó EG, Laso AG, Mácian II, Péres AA, Sopena FM. Valor de la capnografia e del  $\text{CO}_2$  exhalado en las Unidades de Cuidados Intensivos Neonatales. *Anales Españoles Pediatría* 1997; 2: 177 - 80.
4. Courtney SE, Weber KR, Breakie LA. Capillary blood gases in the neonate: a reassessment and review of the literature. *Am J Dis Child* 1990; 144: 168-72.
5. Crouser RJ, Ferrara TB, Ebert J, Hoekstra RE, Fangman JJ. Effects of exogenous surfactant therapy on dynamic compliance during mechanical breathing in preterm infants with hyaline membrane disease. *J Pediatrics* 1990; 116: 119-24.
6. Cunningham MD. Assessing pulmonary function in neonate. In: Pomerance J, Richardson CJ, eds. *Neonatology for the Clinician*. 3th ed. Stamford, Connecticut: Appleton & Lange, 1993: 249 - 55.
7. Dziedzic K, Vidyasagar D. Pulse oximetry in neonatal intensive care. *Clin Perinatol* 1989; 16: 177-97.
8. Epstein MF, Cohen AR, Feldman HÁ, Raemer DB. Estimation of  $\text{PaCO}_2$  by two noninvasive methods in the critically ill newborn infants. *J Pediatr* 1985; 106: 282 - 6.
9. Kirpalani H, Kechagias S, Lerman J. Technical and clinical aspects of capnography in neonates. *J Med Engineer Technol* 1991; 15: 154-61.
10. Kodali, BS. Internet. [www.capnography.com](http://www.capnography.com).
11. Fujimoto S, Togari H, Yamaguchi N, Mizutani F, Suzuki S, Sobajima H. Hypocarbica and cystic periventricular leukomalacia in premature infants. *Arch Dis Child* 1994; 71: F107 - 10.
12. Garland JS, Buck RK, Allred EN, Leviton A. Hypocarbica before surfactant therapy appears to increase bronchopulmonary dysplasia risk in infants with distress syndrome. *Arch Pediatr Adolesc Med* 1995; 149: 617 - 22.
13. Hay WW, Brockway JM, Eyzaguirre M. Neonatal Pulse Oximetry: Accuracy and Reliability. *Pediatrics* 1989; 83: 717-22.
14. Hodson WA, Truog WE. Principles of Management of Respiratory Problems. In: Gordon B Avery, Mary Ann Fletcher, Mhaini G Mac Donald, eds. *Neonatology, Pathophysiology and Management of the Newborn*. 5th ed. Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins, 1999: 533-5.
15. Meredith KS, Monaco FJ. Evaluation of a mainstream capnometer and end-tidal carbon dioxide monitoring in mechanically ventilated infants. *Pediatr Pulmonol* 1990; 9: 254-9.
16. Morley TF, Giaimo J, Maroszan E. Use of capnography for assessment of the adequacy of alveolar ventilation during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993; 148: 339-49.
17. Rozycki HJ, Sysyn GD, Marshall MK, Malloy R, Wiswell TE. Mainstream End-tidal Carbon Dioxide Monitoring in the Neonatal Intensive Care Unit. *Pediatrics* 1998; 101: 648-53.
18. Wyatt JS, Edwards AD, Cope M. Response of cerebral blood volumes to changes in arterial dioxide tension in preterm and term infants. *Pediatr Res* 1991; 29: 553 - 7.
19. Watkins AMC, Weindling AM. Monitoring of end tidal  $\text{CO}_2$  in neonatal intensive care. *Arch Dis Child* 1987; 62: 837-9.
20. Van DeBor M, Van Bel F, Lineman R, Ruys JH. Perinatal factors and periventricular-intraventricular hemorrhage in preterm infants. *Am J Dis Child* 1986; 140: 1125 - 30.