

# Correlación entre la presión espirada (PetCO<sub>2</sub>) y la presión arterial de bióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>) en niños mexicanos bajo ventilación mecánica

DR. PEDRO GUTIÉRREZ CASTRELLÓN, DR. RICARDO A. ZALDO RODRÍGUEZ, DR. ERASMO C. HERNÁNDEZ VEGA, DR. MARIO A. ACOSTA BASTIDAS, DR. MIGUEL HERNÁNDEZ PANIAGUA

## RESUMEN

**Antecedentes:** La vigilancia de variables relacionadas con el intercambio gaseoso en sujetos bajo ventilación mecánica ha demostrado ser de utilidad en el seguimiento clínico. Se desconoce la correlación entre la PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> en niños.

**Objetivos:** 1) Determinar la correlación entre la PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> en niños bajo ventilación mecánica sin alteraciones cardiopulmonares o con trastornos de la relación entre el espacio muerto/volumen corriente (Vd/Vt) con cortocircuitos intrapulmonares en valores patológicos (Qsp/Qt) o ambos. 2) Evaluar el impacto de la edad y peso del niño como posibles factores de confusión.

**Material y métodos:** Estudio observacional, prospectivo, comparativo y transversal, efectuado en Urgencias del Instituto Nacional de Pediatría, del 01 de noviembre de 1996 al 31 de enero de 1998. Se incluyeron 108 niños bajo ventilación mecánica, de un mes a un máximo de 18 años [Mediana (Md) 10 meses], con hemoglobina entre 11 y 14 g. Se excluyeron niños con discrasias sanguíneas, metahemoglobinemia o leucocitos > 50,000/mm<sup>3</sup>. Se clasificó a los pacientes en cuatro grupos: 1) Qsp/Qt <20% y Vd/Vt <0.6; 2) Qsp/Qt >20% y Vd/Vt <0.6; 3) Qsp/Qt <20% y Vd/Vt >0.6 y 4) Qsp/Qt >20% y Vd/Vt >0.6. Se calculó la correlación entre PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> para la muestra global, dividida por porcentaje de Qsp/Qt, de acuerdo a los grupos referidos y por edad y peso mediante análisis de correlación de Pearson o de límites de Spearman.

**Resultados:** El valor de PaCO<sub>2</sub> y de PetCO<sub>2</sub> para la totalidad de pacientes fue de 33.9 ± 8.7 y 28.9 ± 6.1 mmHg con una correlación de 0.76 (r<sup>2</sup> 0.58, p 0.001). Esta correlación se mantuvo cuando se dividió la muestra en niños con Qsp/Qt < 20% (r 0.88, r<sup>2</sup> 0.77, p 0.0001) o Qsp/Qt ≥ 20% (r 0.74, r<sup>2</sup> de 0.55, p 0.0001); hubo una correlación menor en pacientes con Qsp/Qt y relación Vd/Vt en valores patológicos (r 0.72, r<sup>2</sup> 0.52, p 0.04). No se observaron cambios en relación con la edad y el peso del niño.

**Conclusiones:** Existe una adecuada correlación entre los valores de la PaCO<sub>2</sub> y de la PetCO<sub>2</sub>, por lo que independientemente de la edad y peso del niño puede utilizarse para una vigilancia continua del estado del intercambio gaseoso. Se debe tener precaución en pacientes con Qsp/Qt y/o con Vd/Vt en valores patológicos en quienes esta correlación puede ser significativamente menor.

**Palabras clave:** CO<sub>2</sub> arterial, CO<sub>2</sub> espirado, ventilación mecánica.

## ABSTRACT

**Background:** The monitoring of variables related to gaseous interchange in children under mechanical ventilation has proved useful in the clinical follow-up. The correlation between PetCO<sub>2</sub> and PaCO<sub>2</sub> is unknown.

**Objectives:** 1) To determine the correlation between PetCO<sub>2</sub> and PaCO<sub>2</sub> in children under mechanical ventilation without cardiac or pulmonary pathologies or alterations in death space/tidal volume (Vd/Vt) and/or intrapulmonary shunts in pathological values (Qsp/Qt). 2) To evaluate the impact of the age and weight.

**Methodology:** Observational, prospective, comparative and cross-sectional study, conducted in the Emergency Department at Instituto Nacional de Pediatría, from November 1<sup>st</sup>, 1996 to January 31, 1998. We included 108 children under mechanical ventilation, 1 month to less than 18 years, with hemoglobin between 11 and 14 g. Children with coagulopathies, methemoglobinemia and leukocytes >50,000/mm<sup>3</sup> were excluded. Patients were classified in 4 groups: 1) Qsp/Qt <20% and Vd/Vt < 0.6; 2) Qsp/Qt >20% and Vd/Vt <0.6; 3) Qsp/Qt <20% and Vd/Vt >0.6 and 4) Qsp/Qt >20% and Vd/Vt >0.6. A correlation between PaO<sub>2</sub> and PetO<sub>2</sub> for the global sample, divided by percentage of Qsp/Qt, according to the four groups and by age and weight was done by Pearson analysis or Spearman ranks.

**Results:** 108 children of 1 to 173 months [Median (Md) 10 months] were included. PaCO<sub>2</sub> and PetCO<sub>2</sub> results for the global sample were 33.9 ± 8.7 and 28.9 ± 6.1 mmHg with a correlation 0.76 (r<sup>2</sup> 0.58, p 0.001). This correlation was almost the same when the sample was divided in children with Qsp/Qt < 20% (r 0.88, r<sup>2</sup> 0.77, p 0.0001) or Qsp/Qt ≥ 20% (r 0.74, r<sup>2</sup> 0.55, p 0.0001). We observed a smaller correlation in patients with Qsp/Qt and Vd/Vt in pathological values (r 0.72, r<sup>2</sup> 0.52, p 0.04). There were no changes on correlations with relation to age and weight.

**Conclusions:** A suitable correlation between the values of the PaCO<sub>2</sub> and the PetCO<sub>2</sub> was observed; for this reason independently of age and weight it can be used for continuous monitoring of gaseous interchange. Caution must be observed in patients with Qsp/Qt and/or Vd/Vt in pathological values where this correlation can be significantly smaller.

**Key words:** Arterial CO<sub>2</sub>, End-tidal CO<sub>2</sub>, mechanical ventilation.

## INTRODUCCIÓN

La medición de diversos parámetros relacionados con el intercambio gaseoso en pacientes bajo ventilación mecánica es de gran utilidad para establecer la severidad del daño pulmonar y evaluar la respuesta al apoyo ventilatorio. La medición repetida de gases arteriales, el cálculo de los índices de oxigenación [gradiente alvéolo arterial o  $P(A-a)O_2$ ;  $PaO_2/FiO_2$  y  $PaO_2/PAO_2$ ], del porcentaje de cortocircuitos intrapulmonares ( $Qsp/Qt$ ) y la determinación de la relación entre el espacio muerto y el volumen corriente ( $Vd/Vt$ ) dan valiosa información sobre la eficacia del intercambio gaseoso<sup>1</sup>. Hace años existen informes sobre la utilización de la capnometría espirada de bióxido de carbono en las unidades de cuidados intensivos, que es una herramienta útil para vigilar pacientes graves, pues permite observar en forma continua la eficiencia de la ventilación y estimar de manera indirecta y no invasiva la  $PaCO_2$ <sup>2,3</sup>. La eliminación de  $CO_2$  por la respiración y por lo tanto la  $PetCO_2$ , depende de tres factores principales: La perfusión pulmonar, la ventilación alveolar y la relación ventilación/perfusión ( $Va/Q$ ). Por lo tanto, para que la  $PetCO_2$  refleje realmente los valores de  $PaCO_2$ , la perfusión debe ser adecuada, y si ésta falla, como en el paro cardiorrespiratorio o el estado de choque, la  $PetCO_2$  tendrá valores muy bajos a pesar de que exista incremento en la  $PaCO_2$ <sup>4</sup>. Igualmente, cuando existen alteraciones en la ventilación alveolar como en casos de apnea o hipoventilación se elevará la  $PetCO_2$ ; finalmente, cuando existen trastornos en  $Va/Q$  especialmente debidos a incremento en el  $Vd$ , disminuirán considerablemente sus valores<sup>5,6</sup>. Tanto en adultos como en niños sin compromiso cardiopulmonar, la  $PetCO_2$  se correlaciona de manera estrecha con la  $PaCO_2$ , con diferencias tan pequeñas como  $0.9 \pm 1.8$  mm Hg. Sin embargo, estas diferencias pueden aumentar en las en-

fermedades cardiopulmonares, debido a alteraciones en la relación en  $Vd/Vt$  (Valor mayor a 0.6) o a la presencia de  $Qsp/Qt$  en valores patológicos (Igual o mayor del 20%), lo que podría inducir a tomar decisiones clínicas erróneas si no se toman en cuenta estos factores y se asume que las diferencias mínimas, pueden cambiar proporcionalmente o cambiar en la misma dirección<sup>7-12</sup>. Además, pueden existir variaciones de relación entre la  $PaCO_2$  y la  $PetCO_2$  de acuerdo a la edad y el peso del paciente. Colo y cols. demostraron en 28 adultos críticamente enfermos, diferencias significativas cuando se efectuó un análisis estratificado por la edad y el peso del paciente<sup>13</sup>. El presente estudio tiene la finalidad de establecer el grado de correlación entre la  $PetCO_2$  y la  $PaCO_2$  en niños sin alteraciones cardiopulmonares bajo ventilación mecánica y en pacientes con trastornos de la relación  $Vd/Vt$ ,  $Qsp/Qt$  o de ambas, en valores patológicos y determinar los cambios en la relación entre la  $PetCO_2$  y la  $PaCO_2$  de acuerdo a la edad y el peso.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio observacional, prospectivo, comparativo y transversal, aprobado por los Comités de Ética e Investigación, efectuado en el Departamento de Urgencias del Instituto Nacional de Pediatría, del 01 de noviembre de 1996 al 31 de enero de 1998. Se estudiaron 108 niños bajo ventilación mecánica, seleccionados en forma aleatoria, con edades entre un mes y menos de 18 años y niveles de hemoglobina entre 11 y 14 g. Se excluyeron pacientes con patologías que contraindicaran efectuar una punción arterial; con datos clínicos y de laboratorio de metahemoglobinemia o hiperleucocitosis (leucocitos  $> 50,000$  leucocitos/ $mm^3$ ). Se tabularon edad (meses), peso (Kg), talla (cm), Hb (g/dL),  $PaO_2$  (U Torr),  $PaCO_2$  (U Torr) y se conectó al paciente a un capnómetro de análisis directo marca Hewlett Packard para determinar  $PetCO_2$ . Se calcularon el espacio muerto ( $Vd$ ) [ $Vd=(PaCO_2-PetCO_2)/PaCO_2$ ], relación  $Vd/Vt$  y porcentaje de  $Qsp/Qt$  [ $Qsp/Qt=(CcO_2-CvO_2)/(CcO_2-CvO_2)$ ]. Los pacientes se asignaron a alguno de los siguientes grupos: 1) Pacientes con  $Qsp/Qt$  menores del 20% y  $Vd/Vt$  menor a 0.6; 2) pacientes con  $Qsp/Qt$  mayores del 20% y  $Vd/Vt$  menor a 0.6; 3) pa-

Departamento de Urgencias, Instituto Nacional de Pediatría, Secretaría de Salud

Correspondencia: Dr. Pedro Gutiérrez Castellón. Departamento de Metodología de la Investigación. Instituto Nacional de Pediatría. Insurgentes Sur 3700-C, Col. Insurgentes Cuicuilco, CP 04530 México, D.F.

Recibido: agosto de 1999 Aceptado: septiembre, 2000

cientes con Qsp/Qt menores del 20% y Vd/Vt mayor a 0.6 y 4) pacientes con Qsp/Qt mayores del 20% y Vd/Vt mayor a 0.6. Se efectuó análisis estadístico con el programa SPSS versión 7.0 para Windows. Se describen los resultados mediante medidas de tendencia central y dispersión. Se calculó la correlación entre los valores de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> para la muestra global, dividida por porcentaje de Qsp/Qt, de acuerdo a los cuatro grupos referidos y por edad y peso mediante análisis de correlación de Pearson o de límites de Spearman, en caso de varianzas heterogéneas; se describió adicionalmente el coeficiente de determinación. Se consideró significativa una p < a 0.05.

## RESULTADOS

Hubo 58 niños y 50 niñas, con edades entre 1 y 173 meses (Md 10 meses). La mediana de peso fue de 9 Kg (3 a 12.5 Kg). Las causas para instalar ventilación mecánica, los parámetros ventilatorios, los valores gasométricos promedio, los índices de oxigenación y el porcentaje de cortocircuitos se describen en los cuadros 1, 2 y 3. Los valores de PaCO<sub>2</sub> y de PetCO<sub>2</sub> para el total de niños fueron en promedio 33.9 ± 8.7 y 28.9 ± 6.1 U Torr; se obtuvo una correlación de 0.76 (r<sup>2</sup> de 0.58, p 0.0001) (Gráfica 1). Cuando se dividió la muestra en niños con Qsp/Qt < 20 (n=71) y niños con Qsp/Qt ≥ 20 (n=37), se obtuvieron correlaciones de 0.74, (r<sup>2</sup> de 0.55, p de .0001) y 0.88 (r<sup>2</sup>=0.77, p .0001) respectivamente (Gráficas 2 y 3). El análisis de correlación entre la PaCO<sub>2</sub> y la PetCO<sub>2</sub> por grupos se describe en el cuadro 4. No hubo pérdida de la correlación entre la PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> cuando se efectuó análisis estratificado por edad y peso del niño (Cuadros 5 y 6).

**Cuadro 1.** Indicaciones de ventilación mecánica

Patología	No. pacientes	%
Trauma craneoencefálico severo	49	45.4
Insuficiencia cardíaca	23	21.3
Choque séptico	16	14.8
Bronconeumonía severa	10	9.2
Neuroinfección	4	3.7
Hemorragia intracraneana	3	2.8
Estado epiléptico	2	1.8
Síndrome de Guillain Barré	1	1.0

**Cuadro 2.** Parámetros ventilatorios y valores gasométricos

Parámetro	x ± d.e. n=108	Md n=108
Presión Inspiratoria Pico (mm Hg)	23.1 ± 7.5	22.0
Pres. Positiva Final Espiración (mm Hg)	2.4 ± 1.8	2.0
Fracc. Inspirada de Oxígeno (%)	49.1 ± 19	40.0
Presión arterial de Oxígeno (U Torr)	104.1 ± 30.7	96.5
Presión arterial de CO <sub>2</sub> (U Torr)	33.9 ± 8.7	33.0
Saturación arterial oxígeno (%)	96.7 ± 2.0	97.0
Presión CO <sub>2</sub> espirado (U Torr)	28.9 ± 6.1	29.0
Saturación oxímetro pulso (%)	96.0 ± 3.0	96.0

**Cuadro 3.** Índices de oxigenación y porcentaje de cortocircuito

Índice	x ± d.e. n=108	Md n=108
Presión alveolar de oxígeno (U Torr)	264.5 ± 109.3	217.4
Gradiente alveolo-arterial O <sub>2</sub> (U Torr)	160.4 ± 109.7	126.3
PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> (U Torr %)	238.9 ± 98.5	227.3
PaO <sub>2</sub> /Presión alveolar de O <sub>2</sub> (%)	44 ± 18.2	42.0
Contenido capilar de O <sub>2</sub> (Volúmenes)	16.5 ± 2.7	16.9
Cortocircuitos intrapulmonares (%)	21.7 ± 8.5	21.8

**Cuadro 4.** Análisis de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> por grupos

Grupo *	n	PaCO <sub>2</sub> (x ± d.e.)	PetCO <sub>2</sub> (x ± d.e.)	C. de Correlación r	r <sup>2</sup>
1	41	30.6 ± 7.9	26.8 ± 5.7	.99	.98
2	50	34.4 ± 7.4	30.4 ± 6.0	.72	.52
3	5	34.2 ± 8.1	28.2 ± 6.9	.88	.78 **
4	12	42.8 ± 11.0	29.5 ± 5.9	.82	.67 **

\* Grupo 1: Qsp/Qt < 20%, Vd/vt < 0.6; Grupo 2: Qsp/Qt > 20%, Vd/vt > 0.6

Grupo 3: Qsp/Qt < 20%, Vd/vt > 0.6; Grupo 4: Qsp/Qt > 20%, Vd/vt < 0.6

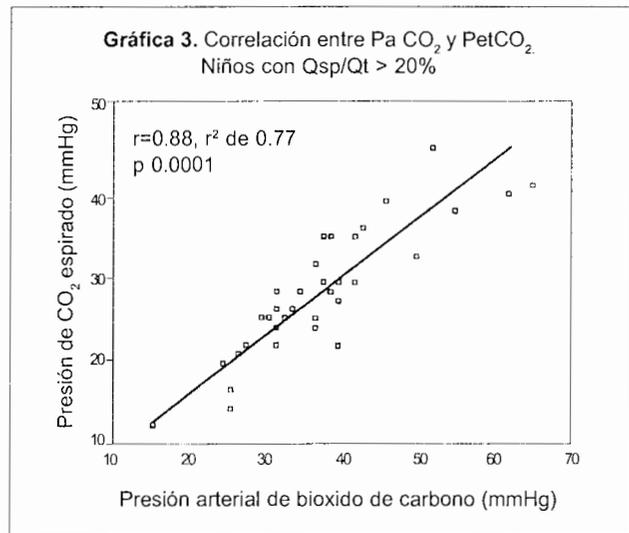
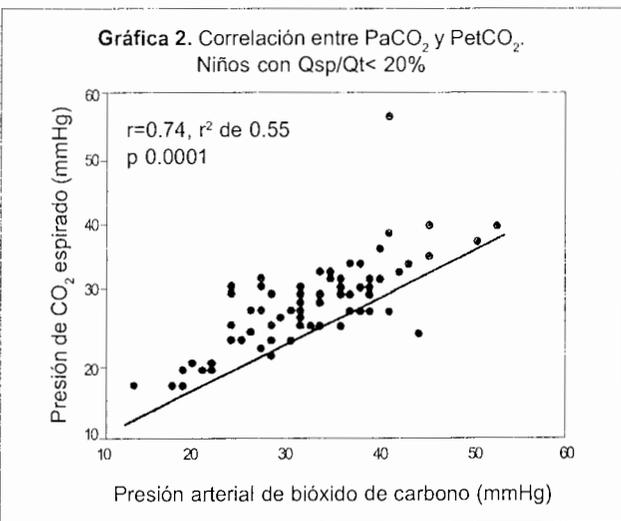
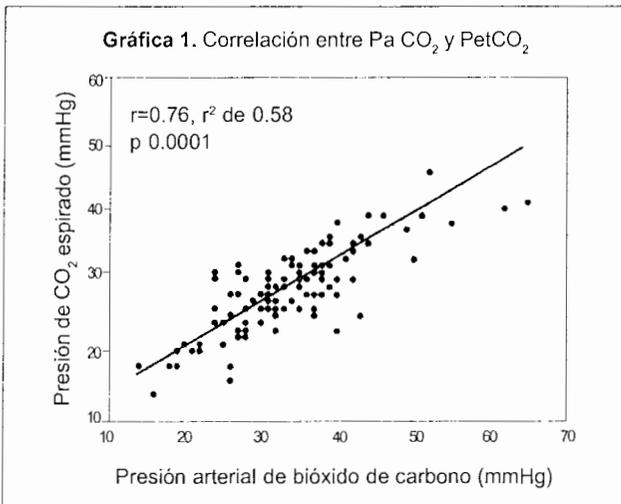
\*\* Coeficiente de correlación de límites de Spearman

**Cuadro 5.** Comparación de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> de acuerdo a la edad del paciente

Grupos	n	PaCO <sub>2</sub> (x ± d.e.)	PetCO <sub>2</sub> (x ± d.e.)	Coefficiente Correlación
1-12 meses	56	35.2 ± 9.2	29.7 ± 6.6	.71
13-60 meses	19	26.3 ± 6.8	24.2 ± 5.6	.78
> 60 meses	33	36.0 ± 6.4	30.1 ± 4.0	.73

**Cuadro 6.** Correlación de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> de acuerdo al peso del paciente

Grupos	n	PaCO <sub>2</sub> (x ± d.e.)	PetCO <sub>2</sub> (x ± d.e.)	Coefficiente Correlación
< 10 Kg	55	35.3 ± 9.3	29.8 ± 6.7	.71
10 a 20 Kg	20	26.5 ± 6.7	24.2 ± 5.5	.77
> 20 Kg	33	36.0 ± 6.3	30.1 ± 4.0	.73



**CONCLUSIONES**

Los resultados muestran en forma global una adecuada correlación entre los valores de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub>, con diferencia máxima de 5 U Torr y coeficiente de correlación superior al 70%. Sin embargo, tanto en niños con Qsp/Qt, relación Vd/Vt o ambos con valores patológicos, se debe tener precaución para aplicar estas conclusiones ya que las diferencias pueden llegar hasta 13 U Torr con índices de correlación considerablemente bajos; en dichos pacientes se recomienda la medición repetida de la PaCO<sub>2</sub>. A diferencia de lo publicado por otros autores, no parece existir en la población pediátrica, una diferencia clínicamente importante entre los niveles de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> cuando se efectúa el análisis estratificado por edad y peso, por lo que no se considera necesario ajustar esta relación por edad y peso.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Yamanaka MK, Darryl YS. Comparison of arterial to end tidal PCO<sub>2</sub> difference and dead space/tidal volume ratio in respiratory failure. *Chest* 1987;5:832-5.
2. Graybeal MJ CRTT, Rusell GB. Capnometry in the surgical ICU: An analysis of the arterial-to-end-tidal carbon dioxide difference. *Respiratory Care* 1993;38:923-8.
3. Burrows FA. Physiologic dead space, venous admixture and the arterial to end-tidal carbon dioxide difference in infants

- and children undergoing cardiac surgery. *Anesthesiology* 1989;70:219-25.
4. Niehoff J, DelGuercio C, Lamorte W. Efficacy of pulse oximetry and capnometry in postoperative ventilatory weaning. *Critical Care Med* 1988;16:701-5.
  5. Bakow DE. A limitation of capnography(Editorial). *Respiratory Care* 1982;27:167-8.
  6. Falk JL, Rackow EC, Weill MH. End-tidal dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation. *N Engl J Med* 1988;318:607-11.
  7. McNabb L, Globerson T, St Clair R, Wilson AF. The arterial-end-tidal CO<sub>2</sub> difference in patients on ventilators. *Chest* 1981;80:381.
  8. Kinasewitz GT. Use of end-tidal capnography during mechanical ventilation. *Respiratory Care* 1982;27:169-77.
  9. Badgwell JM, Heavner JE, May SW, Goldthorn JF, Lerman J. End-tidal PCO<sub>2</sub> monitoring in infants and children ventilated with either a partial rebreathing or a non-rebreathing circuit. *Anesthesiology* 1987;66:405-10.
  10. Lindahl SGE MD, Yates AP MBBS, Hatch DJ MBBS. Relationship between invasive and noninvasive measurements of gas exchange in anesthetized infants and children. *Anesthesiology* 1987;66:168-75.
  11. Fletcher R. Invasive an non invasive measurement of the respiratory dead space in anesthetized children with cardiac disease. *Anesth Analg* 1988;67:442-7.
  12. Schuller JL, Bovill JG, Nijveld A. End tidal carbon dioxide concentration as an indicator of pulmonary blood flow during closed heart surgery in children. *Br J Anaesth* 1985;57:1257-9.
  13. Colo F, Girardis M, Pasqualucci A, Da Broi U, Pasetto A. Effects of age, body weight and ventilatory pattern on the difference between arterial to end-tidal PCO<sub>2</sub>. *Minerva Anestesiol* 1994;60(7-8):367-74.
  14. Fait CD, Wetzel RC, Dean JM, Schleien CL, Gioia FR. Pulse oximetry in critically ill children. *J Clin Monit* 1985;1(4):232-5.
  15. Tahvanainen J, Meretoja O, Nikki P. Can central venous blood replace mixed venous blood samples?. *Critical Care Med* 1982;10(11):758-61.
  16. Hope DA, Willis JN, Maddock H, Mapleson WW. Non invasive estimation of venous admixture. Validation of a new formula. *Br J Anaesth* 1995;74:533-8.