

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Fundada en 1551

**FACULTAD DE MEDICINA HUMANA
UNIDAD DE POSTGRADO**



Tesis

Digitales UNMSM

**“COMPARACIÓN DE CO₂ AL FINAL DE LA ESPIRACIÓN Y PRESIÓN
ARTERIAL DE CO₂ EN PACIENTES PEDIÁTRICOS CON VENTILACIÓN
MECÁNICA”**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el Título de :

ESPECIALISTA EN MEDICINA INTENSIVA PEDIATRICA

AUTORA

MARÍA DEL ROSARIO BECERRA VELÁSQUEZ

**LIMA – PERÚ
2003**

INDICE

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEORICO	5
III. MATERIAL Y METODOS	7
IV. RESULTADOS	9
V. DISCUSIÓN	16
VI. CONCLUSIONES	21
VII. BIBLIOGRAFÍA	22
VIII. ANEXOS	26

RESUMEN

La capnografía, la cual mide el CO₂ espirado, es un método no invasivo para evaluar la ventilación. El CO₂ medido al final de la espiración (ETCO₂) es una alternativa para monitorizar la presión arterial de CO₂ (PaCO₂). Existen pocos estudios sobre la validez de este método en las unidades de cuidados intensivos pediátricos y neonatales. Los objetivos de este estudio fueron: 1) determinar si existe correlación entre la presión arterial de CO₂ y el ETCO₂ en pacientes pediátricos en ventilación mecánica y 2) determinar si la medida del CO₂ al final de la espiración, proporciona una estimación real de la ventilación.

Este fue un estudio prospectivo, no randomizado, longitudinal. La población del estudio estuvo constituida por 20 niños que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto de Salud del Niño, entre los meses de Abril y Mayo del 2003, los cuales se encontraban en ventilación mecánica y cumplían con los criterios de inclusión. Se tomaron las muestras de gases sanguíneos arteriales y en forma simultánea se registró el valor del ETCO₂ del capnógrafo. La relación entre ETCO₂ y PaCO₂ fue analizada usando regresión lineal: correlación de Pearson con un intervalo de confianza del 95%, un p menor de 0.05 fue considerado estadísticamente significativo.

Fueron recolectados 28 pares de datos de los 20 pacientes los que fueron sometidos a análisis. Las edades de los pacientes estuvieron comprendidas entre 1 mes y 12 años, con un promedio de 2.1 años. Los pacientes fueron ventilados usando ventiladores Sechrist y Horus Taema, con modo asistido controlado por volumen o presión.

El ETCO₂ se correlacionó fuertemente con la PaCO₂, la r de Pearson (correlación) fue de 0.837, p < 0.001. La línea de ecuación para el análisis de regresión de PaCO₂ fue igual a $ETCO_2 = -2.3 + 0.969 \times PaCO_2$. El ETCO₂ fue generalmente menor que la PaCO₂. El promedio de PaCO₂ fue 32.82 + / - 7.37 mmHg y el ETCO₂ de 29.42 + / - 8.53 mmHg. La diferencia entre ETCO₂ y PaCO₂ fue < = 5 en 20 / 28 pares de muestras, con un promedio de 4.55 mmHg.

En conclusión en el presente trabajo se encontró correlación entre el ETCO₂ y PaCO₂ y el ETCO₂ proporcionaría una estimación real de la ventilación en pacientes pediátricos.

Palabras clave: capnografía, presión arterial de CO₂, CO₂ al final de la espiración.

I.- INTRODUCCIÓN

La ventilación mecánica es una de las tecnologías de soporte de vida más comúnmente usadas en las unidades de cuidados intensivos pediátricas. En estos pacientes la medición frecuente de la oxigenación y ventilación son imprescindibles, por la necesidad de tener su vía aérea controlada y ventilación manejada de manera óptima (1).

Los gases sanguíneos arteriales continúan siendo el patrón de referencia para la evaluación del estado ácido base e intercambio gaseoso en pacientes pediátricos. Sin embargo, su medición no es continua, la punción arterial es dolorosa, demandan tiempo para ser procesados en el laboratorio, requieren del contacto con la sangre del paciente y es necesaria la extracción de sangre en volúmenes pequeños (2,3).

Los valores más importantes del monitoreo de la función pulmonar en pacientes en ventilación mecánica son la PaO₂ y el PaCO₂. El monitoreo continuo de gases sanguíneos arteriales permite reconocer cambios inmediatos en los gases sanguíneos y hacer ajustes oportunos en la terapia, sin necesidad de esperar el reporte de los gases sanguíneos por el laboratorio (4).

La oximetría de pulso es el método preferido para el monitoreo continuo de la oxigenación de sangre arterial debido a su fácil uso, ausencia de efectos adversos y precisión reportada (5,6,7,8,9,10)

La medida más directa del estado ventilatorio es la presión parcial de CO₂ en sangre arterial (PaCO₂), pero ésta requiere punción arterial, es costosa y los datos no son continuos (1).

La capnografía, la cual mide el CO₂ espirado, es un método no invasivo para evaluar la ventilación (1). El CO₂ medido al final de la espiración (ETCO₂) es una alternativa no invasiva para monitorizar las presiones de CO₂ sanguíneo. La composición del aire al final de la espiración refleja estrechamente la composición de aire alveolar sin el efecto del espacio muerto, por lo que el ETCO₂ puede ser usado como una medida continua, indirecta de PaCO₂ (1). En condiciones normales, el ETCO₂ es de 1 a 2 mmHg (hasta 5 mmHg) menor que la PaCO₂ (9,10).

II.- MARCO TEÓRICO

Las funciones primarias del sistema cardiorrespiratorio son proporcionar adecuado oxígeno a los tejidos y eliminar el CO₂ producido por ellos. En los pulmones, el CO₂ difunde desde los capilares pulmonares a los alveolos, donde la ventilación alveolar minuto remueve el CO₂ del alveolo (1,11,12).

Las enfermedades cardiorrespiratorias en infantes y niños se asocian con frecuencia a anormalidades en la oxigenación y la eliminación de CO₂, requiriendo estas de un monitoreo adecuado(11,12).

Es importante el control de CO₂ debido a que datos recientes indican que bajas presiones de CO₂ pueden contribuir al desarrollo de enfermedad pulmonar crónica y leucomalacia periventricular, mientras que niveles altos pueden incrementar el flujo sanguíneo cerebral e incrementar el riesgo de hemorragia intraventricular (13,14,15,16,17).

El PaCO₂ es la presión parcial de CO₂ en la sangre arterial y refleja la eficacia del pulmón como ventilador. El PaCO₂ arterial requiere de una muestra sanguínea arterial a través de punción o a través de catéter arterial (2).

La capnometría es la medida del CO₂ espirado y proporciona una medida numérica de la presión de CO₂ en mmHg. El CO₂ al final de la espiración (ETCO₂) es una tecnología nueva que tiene muchas aplicaciones potenciales. Además de ser útil en verificar la posición del tubo endotraqueal, es una herramienta útil en el monitoreo no invasivo durante la reanimación cardiopulmonar, en el shock, convulsiones, asma y sedación (18, 19, 20, 21, 22, 23, 24). En un trabajo realizado por Garnet AR, et al, los cambios en el ETCO₂ fueron frecuentemente el primer indicador clínico del retorno de la circulación espontánea en pacientes con paro cardiorrespiratorio (22).

Trabajos previos han mostrado la validez de la capnometría en pacientes adultos (11, 19, 25, 26, 27). Sin embargo existen pocos estudios sobre este método en las unidades de cuidados intensivos pediátricos y neonatales (13, 28).

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) determinar si existe correlación entre la presión arterial de CO₂ y el ETCO₂ en pacientes pediátricos en ventilación mecánica y 2) determinar si la medida del CO₂ al final de la espiración, proporciona una estimación real de la ventilación en pacientes pediátricos con ventilación mecánica.

III.- MATERIAL Y METODOS

Diseño de investigación: Este fue un estudio prospectivo, no randomizado, longitudinal

Población del estudio: estuvo constituida por 20 niños que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto de Salud del Niño, entre los meses de Abril y Mayo del 2003, los cuales se encontraban en ventilación mecánica en el momento del estudio y cumplían con los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión: Pacientes menores de 18 años de edad, pacientes con o sin patología pulmonar.

Criterios de exclusión: Pacientes hemodinámicamente inestables, pacientes con cardiopatía congénita y pacientes con coagulopatía conocida.

Variable independiente: Presión parcial de dióxido de carbono en sangre arterial obtenida por gases arteriales (PaCO₂).

Variable dependiente: dióxido de carbono al final de la espiración (ETCO₂) obtenida por capnografía.

Operacionalización de variables: La presión parcial de CO₂ (PaCO₂) en mmHg estuvo determinada por la máquina analizadora de gases arteriales Nova, cuya exactitud tiene una DS de 0.3 mM/L. El CO₂ al final de la espiración (ETCO₂) estuvo determinado por un capnógrafo Nihon Kohden BSM- 8301K, serie 02995- 6, de flujo central.

Técnica y método de trabajo: Se tomaron las muestras de gases sanguíneos arteriales por indicación clínica y en forma simultánea se registró el valor del

ETCO₂ del capnógrafo. Las muestras fueron analizadas inmediatamente en un analizador de gases sanguíneos.

En una hoja de recolección de datos se registró además del valor del ETCO₂ y PaCO₂, la edad, diagnósticos, funciones vitales, score de riesgo de mortalidad pediátrico, informe de radiografía de tórax y parámetros del ventilador.

Procesamiento y análisis de datos: la relación entre ETCO₂ y PaCO₂ fue analizada usando regresión lineal: correlación de Pearson con un intervalo de confianza del 95%, determinándose como hipótesis nula que no existe correlación entre ambas variables, lo cual se aceptó si la significancia era mayor de 0.05 y se rechazó si era menor de 0.05. Un p menor de 0.05 fue considerado estadísticamente significativo.

IV.- RESULTADOS

Participaron en el estudio un total de 20 pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos del Instituto de Salud del Niño durante los meses de Abril y Mayo del 2003. Fueron recolectados 28 pares de datos de los 20 pacientes los que fueron sometidos a análisis.

El 50% de pacientes fueron varones, las edades de los pacientes estuvieron comprendidas entre 16 días y 12 años, promedio de 2.1 años, DE 1.7 años. El promedio de score de riesgo de mortalidad pediátrico (PRISM) fue de 17.05 (DE: 9.36) (Tabla 1).

En la tabla 1 se describen la edad, diagnósticos, servicio de procedencia, score de riesgo pediátrico de mortalidad y diagnóstico radiológico de cada paciente.

Los pacientes fueron ventilados usando ventiladores Sechrist y Horus Taema, con modo asistido controlado por volumen o presión; controlado por presión: 23/28 (82%) y controlado por volumen: 5/28 (18%).

El ETCO₂ se correlacionó fuertemente con la PaCO₂. La r de Pearson (correlación) fue de 0.837, p < 0.001 (Fig 1).

La línea de ecuación para el análisis de regresión de PaCO₂ fue igual a:

$$\text{ETCO}_2 = -2.3 + 0.969 \times \text{PaCO}_2$$

El ETCO₂ fue generalmente menor que la PaCO₂. El promedio de PaCO₂ fue de 32.82 +/- 7.37 mmHg y el de ETCO₂ fue de 29.42 +/- 8.53 mmHg.

De los 28 pares de muestras; el PaCO₂ fue mayor que el ETCO₂ en 21/28 (75%) (mínimo: 1 mmHg, máximo: 10.9 mmHg, promedio 5.2 mmHg); en 1/28 (5%) pacientes fue igual y en 6/28 (20%) el PaCO₂ fue menor (mínimo - 1.5 mmHg, máximo: -4.7 mmHg, promedio: 2.7 mmHg).

La diferencia entre ETCO₂ y PaCO₂ fue ≤ 5 en 20 / 28 pares de muestras, con un promedio de 4.55 mmHg (DE 3.5 mmHg).

Presentaron patología pulmonar 14 de 20 pacientes; los diagnósticos radiológicos fueron: Síndrome de distress respiratorio agudo (ARDS) (2/14), atelectasia (2/14) y bronconeumonía (10/14). De los 28 pares de muestras 6 fueron con radiografías normales y 22 con radiografías anormales.

En los pacientes con radiografías normales el promedio de la diferencia entre PaCO₂ y ETCO₂ fue de 3.71 mmHg (DE: 3.43), y en los pacientes con radiografías anormales el promedio fue de 4.83 mmHg (DE: 3.57). No hubo diferencia estadísticamente significativa entre estos grupos ($t = -0.739$, $p > 0.05$).

En las siguientes tablas se describe además los resultados de parámetros de ventilador y gases sanguíneos arteriales de cada paciente así como el promedio y desviación estándar de cada uno de estos valores.

Tabla 1. CARACTERISTICAS DE LOS PACIENTES DURANTE OBTENCION DE MUESTRAS

ID	EDAD (meses)	DIAGNOSTICOS DE INGRESO	SERVICIO	PRISM	DIAGNOSTICO RADIOLOGICO	
1	7	DOM / ARDS / P.O. Obstrucción intest.	SOP	23	Anormal	ARDS
2	12	Sepsis / Síndrome convulsivo	Infectología	15	Anormal	Bronconeumonía
3	2	Axfixia Neonatal / Sind Post PCR	Neonatología	39	Normal	
4	5	Sepsis / Neumonía Intra Hosp. / ITU	Neumología	11	Anormal	Atelectasia Der.
5	1	Insuficiencia Renal / ITU	Emergencia	17	Normal	
6	24	Quemadura III - Shock Séptico	Quemados	38	Anormal	Bronconeumonía
7	1	Sepsis / Bronconeumonía	Emergencia	3	Anormal	Bronconeumonía
8	9	DOM / ARDS	Infectología	17	Anormal	ARDS
9	1	PostOpe.Hernia Diafragmática.	SOP	8	Normal	
10	14	TEC grave / P.O.Hematoma cerebral	SOP	15	Normal	
11	3	PostOpe.Eventración Diafragma Der.	SOP	10	Normal	
12	12	Neumonía Intra.Hospit./Atelectasia	Neumología	8	Anormal	Atelectasia Sup Der.
13	72	sepsis por estafilococo/Bronconeumonía	Emergencia	22	Anormal	Bronconeumonía
14	16	Shock Hipovolemico/Hiponatremia	Emergencia	21	Anormal	Bronconeumonía
15	144	Shock séptico / Post.Ope.Peritonitis	SOP	13	Anormal	Bronconeumonía
16	9	Sepsis/neum.intra hospitalaria (NIH)	Cardiología	20	Anormal	Bronconeumonía
17	2	Shock séptico/bronconeumonía	Emergencia	18	Anormal	Bronconeumonía
18	30	Politraumatizado/TEC grave	Emergencia	15	Normal	
19	20	Shock séptico/Neum. IH/miocarditis	Medicina	23	Anormal	Bronconeumonía
20	122	Exéresis MAV/evacuación hematoma	SOP	5	Normal	

Tabla 2. PARAMETROS DE VENTILADOR

PARAMETROS DEL VENTILADOR						
MODO	FIO ₂	FR	PIP	PEEP	TI	I/E (%)
DE VENTILACION						
Cont. Pres.	0.8	50	38	14	0.6	1:1
Cont. Pres.	0.8	50	34	14	0.6	1:1
Cont. Pres.	0.8	50	34	14	0.6	1:1
Cont. Pres.	0.8	50	34	14	0.6	1:1
Cont. Pres.	0.6	50	33	12	0.6	1:1
Cont. volumen	0.4	46	21	6	0.6	31%
Cont. Pres.	0.5	28	20	5	0.5	1:3
Cont. Pres.	0.4	20	21	5	0.5	1:5
Cont. Pres.	0.4	40	21	3	0.5	1:2
Cont. Pres.	0.6	30	30	6	0.85	1:1.4
Cont. Pres.	0.35	26	25	7	0.5	1:3.6
Cont. Pres.	0.4	60	23	9	0.5	1:1
Cont. Pres.	0.3	24	14	3	0.6	1:3.3
Cont. Pres.	0.4	30	20	4	0.6	1:2.3
Cont. Pres.	0.4	40	20	4	0.6	1:1.5
Cont. Pres.	0.35	10	8	3	0.8	1:8
Cont. Volumen	0.55	22	28	6	1	35%
Cont. Volumen	0.4	27	23	4.5	1.4	23%
Cont. Volumen	0.41	24	16	5	0.4	35%
Cont. Pres.	0.47	15	20.5	5	1.3	20%
Cont. Pres.	0.47	15	20	4	1.3	20%
cont.pres	0.47	24	16	6.5	1.3	20%
Cont.pres	0.46	25	31	8	1.3	20%
Cont.Pres.	0.8	23	20	6	0.6	1:3.3
Cont.Pres.	0.4	16	21	6	0.6	1:5.2
Cont.Pres.	0.3	16	20	3	0.6	1:5.3
Cont.Pres.	0.46	30	25	6	0.7	1:1.8
Cont.Volumen.	0.3	10	20	5	1	1:2

TABLA 3. GASES SANGUINEOS ARTERIALES Y VALORES DE ETCO₂

AGA						ETCO ₂
PH	PO ₂	PCO ₂	HCO ₃	EB	SAT(%)	
7.41	48	30	19	-3.8	84.0	28
7.38	55	34	20.2	-4.8	87.0	29
7.39	51	39	20.4	-3.5	85.0	29
7.39	120	29.6	17.9	-5.4	98.0	26
7.44	75	32	21.3	-1.7	97.4	30
7.29	139	23	11.1	-13.1	98.6	20
7.28	84.7	37	17.1	-8.7	94.3	35
7.41	120	36.2	22.7	-1.2	98.7	32
7.32	142	33.2	16.9	-7.9	98.8	31
7.33	131	26.6	13.9	-10	98.6	23
7.36	62.8	37.4	20.8	-4.6	91.5	27
7.5	87.7	23.2	18.4	-4.5	97.0	13
7.4	106	35.9	25	1.7	98.0	25
7.29	182	21	10	-14.1	99.3	20
7.42	55.6	32	20.5	-2.9	88.9	27
7.35	111	36.3	19.6	-5.1	97.9	41
7.45	119	48.8	33.1	7.7	98.0	41
7.4	118	39	25.6	1.4	98.4	41
7.35	141.9	23.3	12.7	-12.8	98.8	22
7.37	186	45.2	25.6	0.4	99.2	44
7.4	170	44	26.9	2.2	99.2	46
7.38	104	38	26.9	2.2	99.0	38
7.42	97.6	34.7	22.4	-2	97.6	30
7.44	153	30.9	20.6	-3.5	99.1	20
7.43	103.9	27.3	18	-6.2	99.0	17
7.38	107.1	27.6	16.1	-8.9	97.9	31
7.51	149.6	18.4	15.1	-7.6	99.2	21
7.43	167	35.5	23.2	-1.1	99.2	37

Tabla 4. RESUMEN DE PARAMETROS DE VENTILADOR

	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN STANDARD
FR	10	60	30.39	14.10
PIP	8	38	23.44	6.98
PEEP	3	14	6.71	3.58
TI	0.40	1.40	0.75	0.30
FIO ₂	0.30	0.80	0.49	0.16

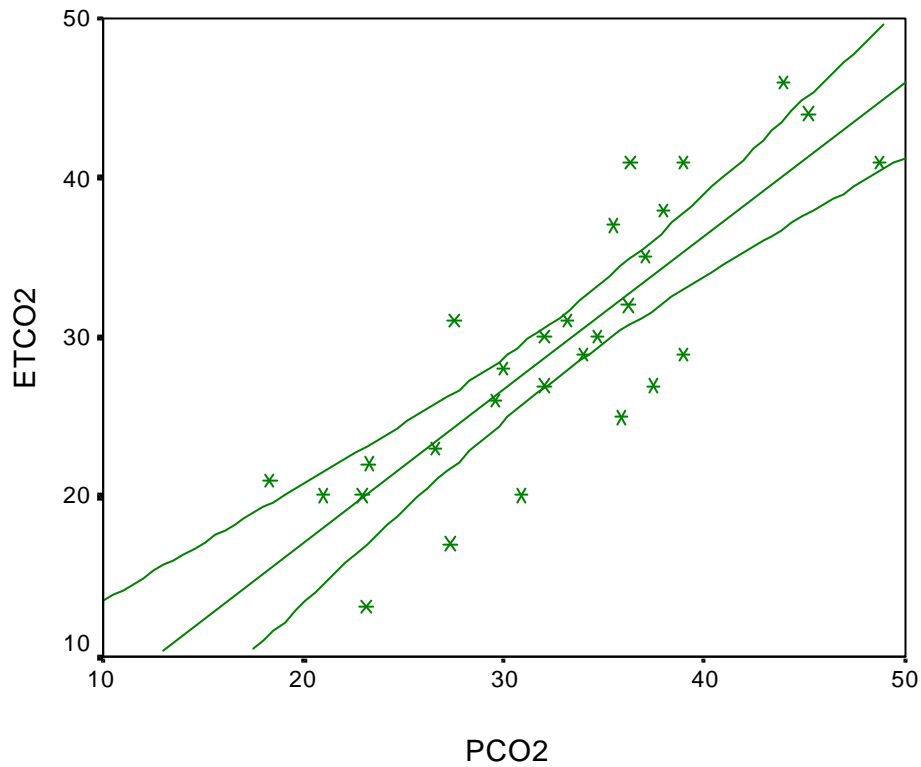
Tabla 5. RESUMEN DE GASES SANGUINEOS

	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	DESVIACIÓN STANDARD
Ph	7.28	7.51	7.39	5.66
PaO ₂	48	186	113.85	39.73
PaCO ₂	18.40	48.8	32.82	7.37
HCO ₃	10	33.10	20.03	5.16
EB	-14.1	7.7	-4.2	5.10
Sat.O ₂ %	84	99.3	96.34	4.56

Tabla 6. DIFERENCIA DE PaCO₂ – ETCO₂

	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	DESVIACION STANDARD
PaCO ₂	18.4	48.8	32.82	7.37
ETCO ₂	13	46	29.42	8.53
PaCO ₂ - ETCO ₂	0	10.9	4.55	3.51

Grafico 1. RELACION ENTRE PaCO₂ Y ETCO₂



Correlación de Pearson:

$r = 0.837$
 $p < 0.001$

V.- DISCUSIÓN

La capnografía, la cual mide el CO₂ espirado, es un método no invasivo para evaluar la ventilación y ha empezado a ser un método estándar en la sala de operaciones, sin embargo su uso en unidades de cuidados intensivos pediátricos aun no está estandarizado(1,4).

La capnografía es útil para detectar inmediatamente problemas clínicos como intubación esofágica, extubación accidental, obstrucción del tubo endotraqueal, mal funcionamiento del ventilador o desconexión de este (1, 11, 12).

El ETCO₂ determinado por la capnografía, mide el CO₂ al final de la espiración. La composición del aire espirado refleja cercanamente la composición de aire alveolar sin el efecto del espacio muerto, por lo que el ETCO₂ puede ser usado como una medida continua, indirecta de PaCO₂ (1).

Una relación óptima entre los valores de PaCO₂ y ETCO₂ existe cuando hay una relación normal de la ventilación / perfusión (V / Q). En pacientes críticos la relación (V / Q) es generalmente anormal. Así en estos pacientes el ETCO₂ probablemente no reflejaría el valor de PaCO₂; sin embargo estudios han demostrado correlación entre el ETCO₂ y PaCO₂ en pacientes adultos y niños.

Nuestros datos muestran que existe buena correlación entre la presión arterial de CO₂ (PaCO₂) y el ETCO₂ en pacientes pediátricos en ventilación mecánica ($r = 0.837$, $p < 0.001$). Hallazgos similares a los encontrados en los trabajos realizados en niños por Rozicky, Mc Donald, Meredith y Chi-Hua Wu (13,28,29,30).

En el estudio realizado por Mc Donald MJ, et al, en 129 niños con ventilación mecánica, la diferencia entre ETCO₂ y PaCO₂ fue de 4.7 +/- 8.2 mmHg, el ETCO₂ se correlacionó fuertemente con la PaCO₂ ($r = 0.72$ y $p < 0.01$) (28).

En otro estudio realizado por Meredith et al (29), reportó buena correlación ($r = 0.79$) entre el ETCO₂ y la PaCO₂. Dicho estudio fue realizado en 16 neonatos con enfermedad pulmonar en ventilación mecánica, se encontró correlación entre la ETCO₂ y la PaCO₂ ($n = 132$; $r = 0.79$) y la diferencia entre PaCO₂-ETCO₂ fue 4.7 +/- 4.7 mmHg.

Asimismo, Rozycki et al (13), en un estudio realizado en 45 neonatos, el coeficiente de correlación fue de 0.833 y la diferencia de PaCO₂ y ETCO₂ fue de 6.9 mmHg + / - 11.5. Los resultados no difirieron marcadamente en los neonatos de muy bajo peso.

Resultados similares se encontraron en otro estudio realizado por Chia- Hua Wu et al (30), en donde se evaluaron 61 neonatos (20 a término y 42 pre término) con el objetivo de determinar la precisión de ETCO₂ para predecir la PaCO₂, se encontró una

Estudios realizados en población de adultos han mostrado buena correlación como en el de Weigner et al (31), realizado en 25 pacientes sometidos a cardiotoromía, quienes se encontraban en destete de ventilación mecánica. Hallaron un coeficiente de correlación de 0.786 ($p < 0.001$), diferencia de 4.24 +/- 4.42 ($p < 0.01$), los autores concluyeron que el monitoreo del ETCO₂, independientemente del patrón respiratorio, proporciona un indicador clínicamente útil de PaCO₂ en pacientes post cardiotoromía.

En otro estudio realizado en pacientes adultos por Morley et al (32) durante el destete de pacientes en ventilación mecánica; 16 pacientes no tenían patología pulmonar, 22 pacientes con enfermedad parenquimal y 13 pacientes con enfisema pulmonar. Los autores concluyeron que la capnografía ofrece una estimación razonable de la PaCO₂ durante el destete de la ventilación mecánica en pacientes sin patología pulmonar, sin embargo es menos sensible en pacientes con patología pulmonar especialmente en pacientes con enfisema.

Asimismo, en un estudio realizado por Kerr, et al(27), reportaron que ETCO₂ y PaCO₂ se correlacionó bien ($r = 0.77$) en pacientes adultos con TEC quienes no tenían enfermedad pulmonar, pero no se correlacionó en pacientes con injuria pulmonar o ARDS.

Se han realizado estudios para comparar el ETCO₂ y el CO₂ transcutáneo (33,34). Tobias, et al (33), en un estudio realizado en 25 niños quienes requirieron intubación y ventilación mecánica por insuficiencia respiratoria, encontraron una diferencia entre el CO₂ transcutáneo y PaCO₂ de 2.3 ± 1.3 y la diferencia entre ETCO₂ y PaCO₂ de 6.8 ± 5.1 mmHg, concluyendo que tanto el CO₂ transcutáneo como el ETCO₂ son efectivos para medir PaCO₂.

Estudios realizados en población adulta han mostrado pobre correlación, Russel GB, et al (35), en un estudio realizado en pacientes politraumatizados con ventilación mecánica, solo encontró una correlación lineal en 40% de los casos. La correlación positiva entre PaCO₂ (44 ± 10 mm-Hg) y ETCO₂ (30 ± 10 mmHg) ($r=0.64$, $p < 0.001$) indicaron significancia estadística, pero solo 40% de los cambios reflejó una relación lineal. Asimismo en otro estudio realizado por Christensen MA, et al (36) en pacientes neuroquirúrgicos sometidos a hiperventilación la correlación entre el ETCO₂ y la PaCO₂ no fue buena.

El CO₂ es producido durante el metabolismo celular y es transportado por el sistema venoso al lado derecho del corazón, luego es bombeado dentro los pulmones por el ventrículo derecho. El CO₂ difunde entonces dentro del aire exhalado, en donde este puede ser medido por la capnometría. La capnometría proporciona una medida no invasiva del metabolismo, gasto cardiaco, perfusión (Q) y ventilación pulmonar (V). La diferencia entre la PaCO₂ y ETCO₂ es influenciada por alteraciones de la ventilación y perfusión pulmonar (1, 4).

Se observa un incremento de ETCO₂ en el caso de aumento de metabolismo, aumento de perfusión, depresión del sistema nervioso central, obstrucción mecánica, patología respiratoria obstructiva y una disminución del ETCO₂ en el caso de disminución de metabolismo, disminución de perfusión, hiperventilación, aumento de espacio muerto y embolia pulmonar. Por otro lado se puede encontrar ausencia de ETCO₂ en paro cardiaco, desconexión de ventilador, intubación esofágica y falla del capnógrafo (1).

Domsy M, et al (37), en un estudio realizado en pacientes críticos con mortalidad de 41%, encontró que los pacientes que presentaban bajos valores de ETCO₂ y pobre correlación entre PaCO₂ y ETCO₂ tuvieron alta mortalidad asociada a hipotermia y bajo gasto cardiaco.

En el presente trabajo se encontró en promedio una diferencia de 4.54 mmHg en el total de pacientes de los cuales 14/20 presentaban patología pulmonar, en los pacientes con patología pulmonar la diferencia fue de 4.83 mmHg (DE: 3.57) y en los pacientes sin patología pulmonar la diferencia fue de 3.71 mmHg (DE: 3.43), sin embargo no se encontró diferencia estadística entre ambos grupos ($t = -0.739$, $p > 0.05$). El 70% (20/28) de pacientes presentaron valores menores o iguales a 5 mmHg. Valores descritos para pacientes sin patología pulmonar y sin anormalidades en la relación ventilación perfusión (V/Q), en

los cuales el ETCO₂ se aproxima al PaCO₂, usualmente 2 a 5 mmHg menos que la PaCO₂.

La relación ETCO₂ y PaCO₂ es afectada por factores como gasto cardiaco disminuido, hipotermia, volumen tidal y enfermedad pulmonar (especialmente si hay incremento en el espacio muerto). En algunos estudios se ha encontrado pobre correlación en pacientes con patología pulmonar (27, 32); como en el estudio realizado por Kerr et al (27), en el cual no se encontró correlación de ETCO₂ y PaCO₂ en pacientes adultos con TEC quienes tenían enfermedad pulmonar como ARDS. Morley et al en un trabajo realizado en pacientes adultos en ventilación mecánica encontraron pobre correlación en el grupo de pacientes con enfermedad pulmonar parenquimal y enfisema.

Por otro lado, Rozycki et al(13), en un estudio realizado en 45 neonatos, encontraron que el grado de enfermedad pulmonar, índice ventilatorio e índice oxigenatorio no tuvieron influencia sobre la diferencia entre ETCO₂ y PaCO₂.

En el trabajo realizado por McDonald et al (28), se encontró que solamente el índice PaO₂ / FiO₂ e Índice Ventilatorio afectaron negativamente la relación PaCO₂ – ETCO₂; en dicho estudio no alteraron dicha diferencia factores como hipotermia, hipotensión, motivo de intubación endotraqueal, fuga de aire alrededor del tubo endotraqueal, proximidad de succión de secreciones traqueales y uso de broncodilatadores. En el presente trabajo no se consideró como objetivos determinar los factores que afectarían esta relación; serían necesarios trabajos posteriores en donde se evalúen estas variables.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La capnografía puede ser útil para disminuir la necesidad de repetidas, costosas y a veces dolorosas punciones arteriales requeridas para muestras de gases sanguíneos y la continuidad de la evaluación facilitaría los cambios dinámicos necesarios en el manejo de la ventilación mecánica.

En conclusión en el presente trabajo se encontró correlación entre el ETCO₂ y PaCO₂ y el ETCO₂ proporcionaría una estimación de la ventilación en pacientes pediátricos.

El ETCO₂ puede ser usado para estimar el CO₂ arterial en los niños con ventilación mecánica de unidades críticas.

VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Bhende M. Capnography in the pediatric emergency department. *Pediatric Emergency Care* 1999; 15 (1): 64- 69.
- 2.- Shapiro BA. Evaluation of blood gas monitors: performance criteria, clinical impact, and cost benefit. *Crit Care Med* 1994; 22: 546- 548.
- 3.- Zimmerman JE. Evaluating laboratory usage in the intensive care unit: patient and institutional characteristics that influence frequency of blood sampling. *Crit Care Med* 1997; 25: 737- 748.
- 4.- Wess IK, Fink S. Clinical use of continuous arterial blood gas monitoring in the pediatric intensive care unit. *Pediatrics* 1999; 103 (82): 440 – 445.
- 5.- Thilo EH, Andersen D. Saturation by pulse oxymetry: comparison of the results obtained by instruments of different brands. *J Pediatr* 1993; 122 (4): 620 – 625.
- 6.- Durand M, Ramanathan R. Pulse oximetry for continuous oxygen monitoring in sick newborn infants. *J Pediatr* 1986; 109 (6): 1052- 1056.
- 7.- Carter B, Carlin JB. Accuracy of two pulse oximeters at low arterial hemoglobin- oxygen saturation. *Crit Care Med* 1998; 26 (6): 1128- 1133.
- 8.- Grieve SH, Laing A. Comparison of two different pulse oximeters in monitoring preterm infants. *Crit Care Med* 1997; 25 (12): 2051- 2054.
- 9.- Hay WW, Rodden DJ. Reliability of conventional and new Pulse Oximetry in Neonatal Patients. *Journal of Perinatology* 2002; 22 (5) : 360 – 365.
- 10.- Koppel R, Druschel C. Effectiveness of Pulse Oximetry Screening for Congenital Heart Disease in asymptomatic newborns. 2003; 111(3): 451 – 455.
- 11.- Jubran A. advances in respiratory monitoring during mechanical ventilation. *Chest* 1999; 116 (5): 1416- 1425.
- 12.- Jubran A. Monitoring during mechanical ventilation. *Clin chest med* 1996; 20: 363- 372.

- 13.- Rozycki HJ, Sysyn GD. Mainstream end tidal carbon dioxide monitoring in the neonatal intensive care unit. *Pediatrics* 1998; 101 (4): 648- 652.
- 14.- Fujimoto S. Hypocarbica and cystic periventricular leukomalacia in premature infants. *Arch Dis Child* 1994; 71: F107- F110.
- 15.- Wiswell TE. Effects of hipocarbica on the development of cystic periventricular leukomalacia in premature infants treated with high frequency jet ventilation. *Pediatrics* 1996; 98: 918- 924.
- 16.- Okumura A, Hayakawa F. Hypocarbica in preterm infants with periventricular leukomalacia: the relation between hypocarbica and mechanical ventilation. *Pediatrics* 2001; 107(3): 469 – 475.
- 17.- Shohat M, Reisner SH. Retinopathy of prematurity: incidence and risk factors. *Pediatrics* 1983; 72(2): 159 – 163.
- 18.- Roberts WA. The use of capnography for recognition of esophageal intubation in the neonatal intensive care unit. *Pediatric pulm* 1995; 19: 262-268.
- 19.- Prause G, Hertz H. A comparison of the end tidal CO₂ documented by capnometry and the PaCO₂ in emergency patients. *Resuscitation* 1997; 35: 145- 148.
- 20.- Harrison MA, Lynch JM, Dean JM. Comparison of simultaneously obtained arterial and capillary blood gases in pediatric intensive care unit patients. *Crit Care Med* 1997; 25 (11): 1904- 1908.
- 21.- Paky F, Koeck CM. Pulse oximetry in ventilated preterm newborns: reliability of detection of hyperoxaemia and hypoxaemia, and feasibility of alarm settings. *Acta Paediatr* 1995; 84: 613 – 6.
- 22.- Garnet AR, Oranto JP, Gonzalez ER, et al. End tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 1987; 257: 512- 515.
- 23.- Sanders AB, KERN KB, Otto CW, et al. End tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation. *JAMA* 1989; 262: 1347-1351.
- 24.- Grmec T. Comparison of three different methods to confirm trácela tube placement in the emergency intubation. *Intensive care Medicine* 2002; 28(6): 701 – 704.

- 25.- Szaflarski NL, Cohen NH. Use of capnography in critically ill adults. *Heart Lung* 1991; 20: 363- 372.
- 26.- Saura P, Blanch L. Use of capnography to detect hypercapnic episodes during weaning from mechanical ventilation. *Intensive Care Med* 1996; 22: 374- 381.
- 27.- Kerr ME, Zempsky J. Relationship between arterial carbon dioxide and end tidal carbon dioxide in mechanically ventilated adults with severe head trauma. *Crit Care Med* 1996; 24: 785- 790.
- 28.- McDonald MJ, Montgomery VL. Comparison of end tidal CO₂ and PaCO₂ in children receiving mechanical ventilation. *Pediatr Crit Care Med* 2002; 3(3): 244- 248.
- 29.- Meredith KS, Monaco FJ. Evaluation of a mainstream capnometer and end- tidal carbon dioxide monitoring in mechanically ventilated infants. *Pediatr Pulmonol* 1990; 9: 254- 259.
- 30.- Chia-Hua Wu; Hung- Chieh Chow. Good estimation of arterial carbon dioxide by end tidal carbon dioxide monitoring in the neonatal intensive care unit. *Pediatric Pulmonology* 2003; 35: 292-295.
- 31.- Weigner MB, Brimm JE. End tidal carbon dioxide as a measure of arterial carbon dioxide during intermittent mandatory ventilation. *J Clin Monit* 1987; 3: 73-79.
- 32.- Morley TF, Giaimo J, Maroszan E, et al: Use of capnography for assesment of the adequacy of alveolar ventilation during weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1993; 85: 55- 58.
- 33.- Tobias JD, Wilson WR. Transcutaneous monitoring of carbon dioxide tension after cardiothoracic surgery in infants and children. *Anaesth Analg* 1999; 88: 531.
- 34.- Tobias JD, Meyer DJ. Noninvasive monitoring of carbon dioxide during respiratory failure in toddlers and infants: End- tidal versus transcutaneous carbon dioxide. *Anaesth Analg* 1997; 85: 55- 58.
- 35.- Russell GB, Graybeal JM. Reliability of the arterial to end- tidal carbon dióxide gradient in mechanically ventilated patients with multisistem trauma. *J Trauma* 1994; 36: 317- 322.

36.- Christensen MA, Bloom J, Sutton KR. Comparing arterial and end –tidal carbon dioxide values en hyperventilated nerosurgical patients. Am J Crit Care 1995; 4: 116 – 121.

37.- Domsy M, Wilson RF, Heins J. Intraoperative end tidal carbon dioxide values and derived calculations correlated with outcome: prognosis and capnography.
Crit care med 1995; 23: 1497- 1503.

VIII.- ANEXOS

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS:

PaCO₂: presión arterial de dióxido de carbono.

CAPNOMETRÍA: medida de CO₂ espirado, proporciona un valor numérico de la presión de CO₂ en mmHg.

CAPNOGRAFÍA: representación gráfica de CO₂ espirado en el tiempo.

CAPNÓGRAFO: instrumento para medir el CO₂ espirado.

CAPNOGRAMA: la forma en el monitor dibujada por el capnógrafo.

CO₂ al final de la espiración (ETCO₂): definida como la presión parcial de CO₂ al final de la espiración.



FICHA DE RECOLECCION DE DATOS

Fecha de ingreso:

Nombre:

Dirección:

Edad: **Fecha de nacimiento:**

Diagnósticos:

Servicio de procedencia:

Score de riesgo de mortalidad pediátrico (PRISM):

Radiografía de tórax:

Normal: **Anormal:**

FUNCIONES VITALES:

FR: **FC:** **PA:** **T:**

Fecha y hora de toma de muestra:

AGA: pH:, pO₂:, pCO₂:, HCO₃:, EB:, Sat:

ETCO₂:

PARÁMETROS DE VENTILADOR:

Modo de ventilación:

Flujo: **FiO₂:** **FR:** **PIP:** **PEEP:**

PAM: **TI:** **I/E:**