

11237  
2ej  
112



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA  
División de Estudios de Posgrado  
e Investigación  
Secretaría de Salud  
Instituto Nacional de Pediatría

Correlación de la Presión Espirada y la Presión Arterial  
de Bioxido de Carbono en niños bajo ventilación  
mecánica y su utilidad para el cálculo  
no invasivo de Cortos Circuitos.

TRABAJO DE INVESTIGACION

Q u e p r e s e n t a n

Dr. Erasmo Carlos Hernández Vega

Dr. Ulises Leal Quiroga

Para obtener el Diploma de

ESPECIALISTA EN PEDIATRIA



México, D. F.

1998

262677

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



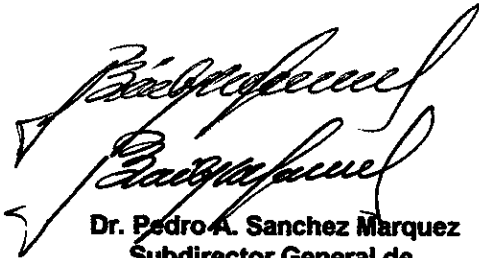
**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

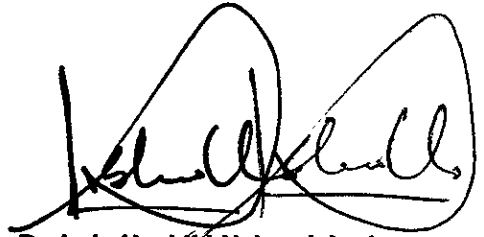
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

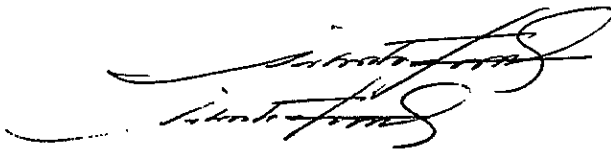
**CORRELACION DE LA PRESION ESPIRADA Y LA PRESION ARTERIAL DE  
BIOXIDO DE CARBONO EN NIÑOS BAJO VENTILACION MECANICA Y SU  
UTILIDAD PARA EL CALCULO NO INVASIVO DE CORTOS CIRCUITOS.**



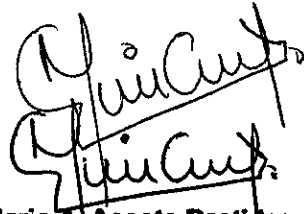
**Dr. Pedro A. Sanchez Marquez**  
Subdirector General de  
Enseñanza



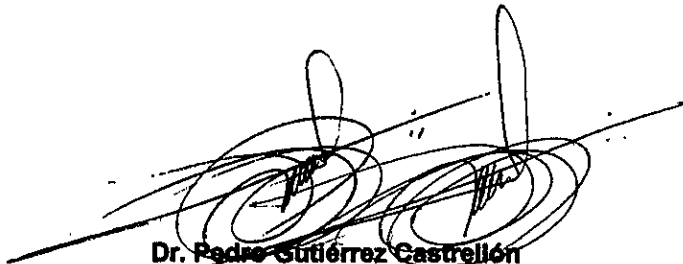
**Dr. Luis Heshiki Nakandakari**  
Jefe del Departamento de  
Enseñanza de Pre y Posgrado



**Dr. Silvestre Frenk Freund**  
Profesor Titular del Curso  
de Pediatría



**Dr. Mario A. Acosta Bastidas**  
Jefe del Departamento  
de Urgencias



**Dr. Pedro Gutiérrez Castellón**  
Tutor del Trabajo de Investigación



## RESUMEN

**Antecedentes:** La vigilancia de diversas variables fisiológicas relacionadas con el intercambio gaseoso en pacientes bajo ventilación mecánica ha demostrado ser de gran utilidad para establecer el grado de severidad del daño pulmonar, evaluar la respuesta al tratamiento establecido y dar seguimiento al curso de la enfermedad. Desde hace algunos años se ha intentado establecer la utilidad de la presión espirada de bioxido de carbono para el seguimiento de la función respiratoria en niños bajo ventilación mecánica.

**Objetivos:** 1) Determinar la correlación entre la medición de la  $P_{et}CO_2$  y la  $P_{a}CO_2$  en pacientes pediátricos bajo ventilación mecánica sin alteraciones cardiopulmonares y en pacientes con trastornos de  $V_d/V_t$  y/o  $Q_{sp}/Q_t$ . 2) Determinar los cambios observados en la relación entre la  $P_{et}CO_2$  y la  $P_{a}CO_2$  de acuerdo a la edad y el peso del paciente. 3) Evaluar la utilidad de la  $P_{et}CO_2$  para calcular en forma no invasiva el porcentaje de cortos circuitos intrapulmonares.

**Resultados:** Se incluyeron 108 determinaciones, efectuadas en niños con edades entre 1 y 173 meses (Md 10 meses, RIQ 4 a 127 meses). El valor de  $P_{a}CO_2$  y de  $P_{et}CO_2$  para el global de la muestra fue de  $33.9 \pm 8.7$  U Torr y  $28.9 \pm 6.1$  respectivamente con valor de  $p$  de .001, observándose un coeficiente de correlación para la muestra total de 0.76 con  $r^2$  de .58.

Al dividir la muestra en pacientes con  $Q_{sp}/Q_t < 20$  y  $\geq 20$  los niveles de  $P_{a}CO_2$  y  $P_{et}CO_2$  el primer grupo fueron de  $31.4 \pm 8$  y  $27.6 \pm 6.9$  respectivamente con  $p$  de .0001 con coeficiente de correlación de .79 y  $r^2$  de .62; mientras que para el segundo grupo ( $Q_{sp}/Q_t \geq 20$ ) fueron de  $36 \pm 8$  y  $29.9$  respectivamente con  $p$  .0001,  $r = .73$  y  $r^2 = .53$ . El análisis de la  $P_{a}CO_2$  y de  $P_{et}CO_2$  de acuerdo a los 4 grupos considerados inicialmente en el estudio se describe en la tabla 4.

Se efectuó posteriormente el cálculo de los cortos circuitos en forma habitual y en forma no invasiva obteniéndose para el global de la muestra un porcentaje de  $Q_{sp}/Q_t$  de  $16.55 \pm 6.6$  y  $17.9 \pm 7.0$  respectivamente,  $p$  0.06. Posteriormente se dividió la muestra en pacientes con  $Q_{sp}/Q_t < 20$  y  $\geq 20\%$  observándose en el primer grupo  $Q_{sp}/Q_t$  de  $13.7 \pm 4.3$  y  $16.6 \pm 6.3$  respectivamente,  $p$  de 0.0001 y para el segundo grupo de  $25.6 \pm 3.8$  y  $21.8 \pm 8$ ,  $p$  .03 respectivamente. Finalmente en relación con este apartado se clasificó el total de la muestra en los 4 grupos descritos de acuerdo a los  $Q_{sp}/Q_t$  y  $V_d/V_t$  respectivamente y se comparó el  $Q_{sp}/Q_t$  medido en forma habitual con la forma no invasiva (Tabla 5). Se comparó finalmente la  $P_{a}CO_2$  y la  $P_{et}CO_2$  de acuerdo a la edad y el peso del paciente (Tablas 6).

**Conclusiones:** La medición de la  $P_{et}CO_2$  representa un parámetro confiable y útil altamente correlacionado con los niveles de  $P_{a}CO_2$  que en forma general permite predecir los niveles de  $P_{a}CO_2$  y calcular en forma segura y no invasiva el porcentaje de cortos circuitos. Atención especial debe hacerse con los pacientes con alteraciones tanto de la relación de  $V_d/V_t$  y con  $Q_{sp}/Q_t > 20\%$  en quienes las diferencias entre  $P_{et}CO_2$  y  $P_{a}CO_2$  pueden ser muy importantes.

## **ANTECEDENTES**

La vigilancia de diversas variables fisiológicas relacionadas con el intercambio gaseoso en pacientes bajo ventilación mecánica ha demostrado ser de gran utilidad para establecer el grado de severidad del daño pulmonar, evaluar la respuesta al tratamiento establecido y dar seguimiento al curso de la enfermedad. Así la determinación de gases sanguíneos arteriales ha brindado información importante acerca de la efectividad de la oxigenación y ventilación, mientras que algunas variables derivadas, tales como la diferencia entre la presión alveolar y arterial de oxígeno ( $P(A-a)O_2$ ), la relación entre la presión arterial de oxígeno ( $PaO_2$ ) y la fracción inspirada de oxígeno ( $FiO_2$ ) ( $PaO_2/FiO_2$ ), la relación entre la  $PaO_2$  y la presión alveolar de oxígeno ( $PAO_2$ ) ( $PaO_2/PAO_2$ ) y la relación entre el espacio muerto y el volumen corriente ( $V_d/V_t$ ) han proporcionado valiosa información sobre la eficiencia del intercambio gaseoso (1).

Desde hace algunos años se han publicado diversos reportes en la literatura sobre la utilización en las unidades de cuidados intensivos de la capnometría (Medición de la presión espirada de bióxido de carbono ( $P_{et}CO_2$ )), proponiéndose como una herramienta de gran utilidad para la vigilancia de los pacientes críticamente enfermos, ya que posee la ventaja de vigilar de manera continua la eficiencia de la ventilación y en términos generales permite estimar de manera indirecta la presión arterial de bióxido de carbono ( $PaCO_2$ ) (2,3).

Esta medición puede realizarse mediante espectrometro de masa o capnómetros de absorción infrarroja. La medición mediante espectrometro de masa posee la ventaja de que permite efectuar de manera simultánea la medición de otros constituyentes de la mezcla de gases, sin embargo se trata de sistemas de costo muy elevado. Los capnómetros de absorción infrarroja pueden ser de análisis lateral o de análisis directo. En el caso de los sistemas de análisis lateral, el analizador aspira la muestra de gas a través de un pequeño tubo lateral introducido en la cánula endotraqueal del paciente lo que lo hace atractivo al ser

un aditamento de poco peso y que adiciona poco espacio muerto. Posee la desventaja de que puede ser fácilmente obstruido por moco o exceso de humedad. Los sistemas de análisis directo, miden el CO<sub>2</sub> directamente en la vía aérea del paciente, por lo que la posibilidad de obstrucción por moco o humedad es prácticamente nula. Su principal desventaja es su peso y la adición de espacio muerto (4-6).

Clínicamente la eliminación de CO<sub>2</sub> y por lo tanto la PetCO<sub>2</sub> depende de tres factores principales: La perfusión pulmonar, la ventilación alveolar y la relación entre ventilación/perfusión (Va/Q). Así para que la PetCO<sub>2</sub> refleje los valores de PaCO<sub>2</sub> la perfusión pulmonar (La cual transporta el CO<sub>2</sub> hacia los pulmonares para su excreción) debe ser adecuada, por lo que si esta falla como en los casos de paro cardio-respiratorio o estado de choque, la PetCO<sub>2</sub> se encontrara en valores muy bajos a pesar de que exista incremento en la PaCO<sub>2</sub> (7). Igualmente cuando existen alteraciones en la ventilación alveolar como en casos de apnea o hipoventilación se observara elevación en la PetCo<sub>2</sub> y finalmente cuando existen trastornos en Va/Q especialmente debidos a incremento en el Vd se observara disminución importante en sus valores (8,9).

Tanto en pacientes adultos como en pediátricos, sin compromiso cardiopulmonar, se ha demostrado que la PetCO<sub>2</sub> correlaciona de manera estrecha con la PaCO<sub>2</sub>, observándose diferencias tan pequeñas como  $0.9 \pm 1.8$  mm Hg, sin embargo se ha descrito que estas diferencias pueden incrementarse en pacientes con patológicas cardio-pulmonares, debido como ya se mencionó, a alteraciones en la relación en Vd/Vt (Valor mayor a 0.6) o a la presencia de cortos circuitos intrapulmonares (Qsp/Qt) en valores patológicos (mayor del 20%), lo que podría llevar a la toma de decisiones clínicas erróneas si no se toma en cuenta este factor y se asume que los valores siempre pueden ser similares, pueden cambiar proporcionalmente o aun cambiar en la misma dirección (10-15).

Recientemente se ha descrito que pueden existir ciertas variaciones entre la PaCO<sub>2</sub> y la PetCo<sub>2</sub> si se toman en cuenta factores como la edad y el peso del paciente. Así Colo y colaboradores, trabajando con pacientes adultos,

demonstraron algunas diferencias significativas cuando se efectuó un análisis estratificado por la edad y el peso del paciente, en la relación entre la PaCO<sub>2</sub> y la PetCO<sub>2</sub> en 28 pacientes críticamente enfermos con diferentes modalidades ventilatorias (16).

Por otro lado es universalmente aceptado, que la medición del corto circuito intrapulmonar (Qsp/Qt), actualmente denominada mezcla venosa es el estándar de oro en la medición del intercambio gaseoso a nivel pulmonar. Dado que en condiciones ideales el porcentaje de Qsp/Qt debe ser medido por medio de muestras pareadas de gases sanguíneos tomados a nivel arterial y de la arteria pulmonar, esto representa ciertos problemas relacionados con la invasividad del método, sus complicaciones inherentes y los aspectos económicos relacionados. En 1973 Benatar y Hewlett mostraron como un este corto circuito podría ser estimado a partir de la concentración de oxígeno inspirado (FiO<sub>2</sub>) y de la presión arterial de oxígeno (PaO<sub>2</sub>). La disponibilidad actual de oxímetros de pulso, y capnógrafos ha permitido demostrar una adecuada correlación entre la saturación arterial de oxígeno medida en forma directa a través de una muestra de sangre arterial y a través de la oximetría de pulso (17), e igualmente identificar una correlación adecuada entre los cortos circuitos medidos a través de una muestra venosa tomada de la arteria pulmonar en comparación con una muestra de la aurícula derecha (18), lo que ha permitido extender la técnica de Benatar y estimar los cortos circuitos a través de métodos no invasivos entre los que se incluyen la PetCO<sub>2</sub>, FiO<sub>2</sub>, Saturación arterial de oxígeno medida a través de la oximetría de pulso y de la concentración de hemoglobina. Así en 1995 Hope y colaboradores efectuaron esta medición en un total de 101 muestras tomadas de 29 pacientes, encontrando correlaciones adecuadas entre la determinación por métodos invasivos y no invasivos con diferencias promedio de  $\pm 11\%$  (19)

## **JUSTIFICACION**

La medición de la PaCO<sub>2</sub> es un procedimiento invasivo, necesario en la vigilancia de la función respiratoria de pacientes críticamente enfermos bajo ventilación mecánica. Como la mayoría de procedimientos invasivos, no se encuentra exento de riesgos para el paciente además de que dada la necesidad de su medición periódica incrementa los costos de la atención en las unidades de tratamiento intensivo.

Por lo anterior, aunado a los antecedentes ya descritos se propone la medición de la PetCO<sub>2</sub> como una medida alternativa para la vigilancia de la suficiencia ventilatoria en pacientes bajo ventilación mecánica, además de que no existen reportes en la literatura nacional que correlacionen la PetCO<sub>2</sub> con la PaCO<sub>2</sub> en pacientes pediátricos bajo ventilación mecánica sin compromiso cardiopulmonar o con alteraciones en Vd/Vt o Qsp/Qt.

Igualmente dada la invasividad de los métodos actuales para la determinación del porcentaje de Qsp/Qt es útil evaluar la utilidad del cálculo no invasivo de este parámetro a través de la PetCO<sub>2</sub>.

## **OBJETIVOS**

1. Determinar la correlación entre la medición de la PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> en pacientes pediátricos bajo ventilación mecánica sin alteraciones cardiopulmonares y en pacientes con trastornos de Vd/Vt y/o Qsp/Qt.
2. Determinar los cambios observados en la relación entre la PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> de acuerdo a la edad y el peso del paciente.
3. Evaluar la utilidad de la PetCO<sub>2</sub> para calcular en forma no invasiva el porcentaje de cortos circuitos intrapulmonares.



## **HIPOTESIS**

1. Existe una correlación significativa entre el PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> en pacientes pediátricos bajo ventilación mecánica.
2. Existen diferencias significativas entre la PetCO<sub>2</sub> y la PaCO<sub>2</sub> de acuerdo a la edad y peso del paciente.
3. No existen diferencias significativas entre el porcentaje de Q<sub>sp</sub>/Q<sub>t</sub> calculados mediante las fórmulas habituales y los determinados en forma no invasiva a través de la PetCo<sub>2</sub>.

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Tipo de investigación.**

Estudio observacional, prolectivo, comparativo y transversal.

### **Criterios de inclusión.**

Se incluyeron en el estudio aquellos pacientes quienes debido a las condiciones clínicas (Apnea; Incapacidad para mantener permeable la vía aérea mediante elevación del mentón, tracción de la mandíbula y aspiración de secreciones; Silverman Andersen mayor de 5; Trauma craneo-encefálico severo; Deterioro neurológico progresivo con descenso de más de 2 puntos en la escala de coma de Glasgow, Cianosis importante y/o quemaduras faciales severas) o gasométrica (PaCO<sub>2</sub> mayor de 45 mmHg o PaO<sub>2</sub> menor de 50 mmHg bajo apoyo con FiO<sub>2</sub> mayor de 40% ) observadas a su ingreso al área de prehospitalización u hospitalización de urgencias, requirieron apoyo ventilatorio con ventilación mecánica convencional y que reunieron los siguientes criterios:

1. Edad mayor de 1 mes y menor de 18 años.
2. Hemoglobina mayor de 10gr y menor de 15gr al momento de su ingreso.

### **Criterios de exclusión.**

Se excluyeron del estudio pacientes con:

1. Contraindicación para la punción arterial periférica por coagulopatía o diatesis hemorrágica.
2. Datos clínicos y de laboratorio de metahemoglobinemia.
3. Hiperleucocitosis (Cuenta leucocitaria mayor de 50,000 leucocitos/mm<sup>3</sup>)
4. Edad menor a 30 días.

### **Criterios de eliminación.**

Se eliminaron aquellos pacientes en quienes durante el estudio surgió alguna de las condiciones descritas en los criterios de exclusión; alguna condición que contraindique la toma de gasometrías arteriales o que presenten problemas ventilatorios relacionados con la utilización del capnometro.

### **Variables en estudio.**

Edad (meses), género, peso desnudo (gr), diagnóstico de base, condición clínica y/o gasométrica que motivo el apoyo ventilatorio bajo ventilación mecánica convencional, hemoglobina (gr/dl), hematocrito (%), tipo de apoyo ventilatorio (ciclado por volumen, ciclado por presión), moda ventilatoria (controlado, asistido-controlado o asistido), volumen corriente (ml/kg)(V<sub>t</sub>), volumen minuto (ml o L/min), presión inspiratoria pico (mmHg)(PIP), presión media de la vía aérea (mmHg)(P<sub>aw</sub>) y presión positiva al final de la espiración (mmHg)(PEEP) en el momento de la determinación de la PaCO<sub>2</sub> y de la PetCO<sub>2</sub>; nivel de PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub>. Mediante dichas determinaciones se efectuó cálculo del porcentaje de V<sub>d</sub> ( $V_d = (PaCO_2 - PetCO_2 / PaCO_2)$ ), relación V<sub>d</sub>/V<sub>t</sub> y porcentaje de Q<sub>sp</sub>/Q<sub>t</sub> calculados en forma habitual ( $Q_{sp}/Q_t = (CcO_2 - CaO_2) / (CcO_2 - CaO_2 + 5.0)$ ) y mediante la variación de la fórmula utilizando el valor de Hb, la FiO<sub>2</sub> recibida por el paciente, la saturación arterial de oxígeno determinada a través de la oximetría

de pulso y la PaCO<sub>2</sub> a través de la PetCO<sub>2</sub>. Todas las variables se incluyeron en formato de recolección de datos elaborado para fines del proyecto (Anexo 1).

### **Población en estudio.**

Del total de pacientes que ingresaron al área de cuidados intensivos del Departamento de Urgencias del Instituto Nacional de Pediatría en el periodo comprendido del 01 de Noviembre de 1997 al 31 de Enero de 1998, se seleccionaron de forma aleatoria un total de 108 muestras los cuales se distribuyeron de igual manera en 4 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) Pacientes con Qsp/Qt menores del 20% y Vd/Vt mayor a 0.6
- 4) Pacientes con Qsp/Qt mayores del 20% y Vd/Vt mayor a 0.6

### **Metodología.**

Una vez seleccionados los pacientes en forma aleatoria se colocaron bajo apoyo ventilatorio con ventilación mecánica convencional con parámetros de frecuencia respiratoria mecánica (FRM), PIP, PEEP y FiO<sub>2</sub> variables, dependiendo de la patología que condiciona la necesidad de dicho apoyo ventilatorio.

Durante su tratamiento se efectuó vigilancia continua de la frecuencia cardiaca (latidos por minuto), presión arterial sistémica (mm Hg) , oximetría de pulso y temperatura rectal (°C) a través de monitor Hewlett Packard 78354A.

La medición de la PetCO<sub>2</sub> se efectuó de manera simultánea con la toma de gasometría arterial para la determinación de la PaCO<sub>2</sub>, mediante capnómetro de absorción infrarroja de análisis directo marca Hewlett Packard modelo 14360A, el cual se calibrara cada 12 horas siguiendo la rutina especificada por el fabricante.

Como parte de la vigilancia continua que debe recibir todo paciente críticamente enfermo en una unidad de cuidados intensivos se instaló arterioclisis en arteria radial de la mano no dominante (previa realización de la prueba de Allen modificada) con catéter sobre la aguja marca Jelco calibre 24 e instilación

continua de solución glucosada al 5% con heparina 1000U/ml en concentración de 1000U/litro de solución. Se conectó la línea de arterioclisis a llave de 3 vías en la cual se colocó transductor universal de cuarzo modelo HP 1290C para medición de la presión arterial sistémica (mmHg) y a través de la cual se tomó en jeringa hipodérmica de 1ml, 0.6ml de sangre arterial heparinizada para determinación de PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub> y saturación arterial de oxígeno (SataO<sub>2</sub>). La muestra se procesó de manera inmediata en gasometro marca Corning modelo 238.

Se determinó adicionalmente el nivel de hemoglobina (gr/dl), como parte del seguimiento diario del paciente críticamente enfermo a través de equipo Sysmex K1000 con técnica de cianometahemoglobina.

#### **ANALISIS ESTADISTICO E INTERPRETACION DE RESULTADOS.**

Se capturo la información mediante el paquete Excell para windows. Se efectuó descripción de la totalidad de las variables mediante medidas de tendencia central y dispersión con cálculo de promedio y desviación estándar para variables con distribución Gaussiana y medianas y rangos intercuartil (RIQ) para variables con distribución no gaussiana.

Se efectuó comparación de promedios o medianas entre los valores obtenidos de PetCO<sub>2</sub> y PaCO<sub>2</sub> en cada uno de los grupos establecidos, mediante t de Student pareada para variables gaussianas o mediante prueba de los signos de Wilcoxon para variables no gaussianas así como cálculo de coeficiente de correlación de Pearson o de rangos de Spearman.

Se consideró una p significativa menor a 0.05. El análisis estadístico se efectuó a través del programa SPSS para Windows, ver. 7.5, a través de computadora personal Pentium, 16 megabytes en RAM y disco duro de 2 gigabytes.

## **Cronología**

Implementación del proyecto.....	Octubre 1997
Presentación en el comité de evaluación.....	Octubre 1997
Inclusión de pacientes.....	Noviembre 1997-Enero 1998
Análisis e interpretación de la información.....	Febrero 1998
Publicación de tesis y artículo.....	Febrero de 1998

## **Financiamiento interno.**

No se requirió presupuesto especial, ya que los estudios de laboratorio que se realizaron constituyen estudios habituales de vigilancia de pacientes críticamente enfermos (100 determinaciones de hemoglobina y de gases sanguíneos).

## **Consideraciones éticas y carta de consentimiento informado.**

Se comentó con los familiares de los pacientes los objetivos del proyecto y se proporcionó para su firma carta de consentimiento informado (Anexo 2).

La toma de muestras sanguíneas para la determinación de gases arteriales es un procedimiento habitual para la vigilancia de pacientes críticamente enfermos ya que brinda información importante acerca de la efectividad de la oxigenación y ventilación. Dado que se trata de procedimientos invasivos, con riesgo de complicaciones vasculares, neurológicas o infecciosas se colocó una línea de arterioclisis para la determinación seriada de gasometrías sin la necesidad de punciones repetitivas.

## RESULTADOS

Se incluyeron en el estudio un total de 108 determinaciones, las cuales fueron efectuados en 18 pacientes, con edades comprendidas entre 1 y 173 meses (Md 10 meses, RIQ 4 a 127 meses). Practicamente la totalidad de las determinaciones fueron realizadas en pacientes masculinos (102 en niños y 6 en niñas). Las causas que motivaron el apoyo ventilatorio se describen en la tabla 1. La mediana de peso de los pacientes para los pacientes fue de 9 Kg con RIQ (3 a 12.5 Kg). Los parametros ventilatorios y valores gasometricos promedio se describen de la muestra se describen en la tabla no. 2. Los indices de oxigenacion y el porcentaje promedio global de cortos circuitos se describe en la tabla 3.

El valor de PaCO<sub>2</sub> y de PetCo<sub>2</sub> para el global de la muestra fue de 33.9 ± 8.7 U Torr y 28.9 ± 6.1 respectivamente con valor de p de .001, observandose un coeficiente de correlación para la muestra total de 0.76 con r<sup>2</sup> de .58.

Al dividir la muestra en pacientes con Qsp/Qt < 20 y ≥20 los niveles de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> el primer grupo fueron de 31.4 ± 8 y 27.6 ± 6.9 respectivamente con p de .0001 con coeficiente de correlación de .79 y r<sup>2</sup> de .62; mientras que para el segundo grupo (Qsp/Qt ≥ 20) fueron de 36 ± 8 y 29.9 respectivamente con p .0001, r = .73 y r<sup>2</sup> = .53.

El analisis de la PaCO<sub>2</sub> y de PetCO<sub>2</sub> de acuerdo a los 4 grupos considerados inicialmente en el estudio se describe en la tabla 4.

Se efectuo posteriormente el calculo de los cortos circuitos en forma habitual y en forma no invasiva obteniendose para el global de la muestra un porcentaje de Qsp/Qt de 16.55 ± 6.6 y 17.9 ± 7.0 respectivamente, p 0.06. Posteriormente se dividio la muestra en pacientes con Qsp/Qt < 20 y ≥20% observandose en el primer grupo Qsp/Qt de 13.7 ± 4.3 y 16.6 ± 6.3 respectivamente, p de 0.0001 y para el segundo grupo de 25.6 ± 3.8 y 21.8 ± 8, p .03 respectivamente. Finalmente en relación con este apartado se clasifico el total de la muestra en los 4 grupos descritos de acuerdo a los Qsp/Qt y Vd/Vt respectivamente y se comparo el Qsp/Qt medido en forma habitual con la forma no invasiva (Tabla 5).

Se comparo finalmente la PaCO<sub>2</sub> y la PetCO<sub>2</sub> de acuerdo a la edad y el peso del paciente (Tablas 6).

## **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos muestran en forma global una adecuada correlación entre los valores de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub>, existiendo diferencia maxima de 5 U Torr con coeficiente de correlación superior al 70%. Sin embargo se debe hacer notar que en pacientes con alteraciones de la relación Vd/Vt y que al mismo tiempo presentan porcentajes de Qsp/Qt en niveles patológicos ( $\geq 20\%$ ) se debe tener precaución en aplicar estas conclusiones ya que las diferencias pueden ser tan grandes como de 13 U Torr por lo que en dichos pacientes se recomienda la medición secuencial y repetida de la PaCO<sub>2</sub>.

En forma similar a reportes previos encontramos una correlación estrecha y adecuada entre el porcentaje de Qsp/Qt calculados en forma habitual y mediante la utilización de mediciones no invasivas, por lo que se propone este ultimo metodo como una manera de dar seguimiento continuo al estado de la dinamica pulmonar del paciente sin necesidad de muestreo repetitivo.

Finalmente no parece existir una diferencia clinicamente importante entre los niveles de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> cuando se efectua el analisis estratificado por edad y peso, por lo que con seguridad se pueden aplicar las conclusiones que se desprenden de la presente investigación.

**Tabla 1. Indicaciones de ventilación mecánica**

<b>Patología</b>	<b>Numero de pacientes</b>	<b>%</b>
Trauma craneo-encefalico severo	3	17
Bronconeumonia con/sin aspiracion	3	17
Hemorragia intracraneana	2	11.1
Insuficiencia cardiaca	2	11.1
Crisis convulsivas con/sin estado epileptico	2	11.1
Brondisplasia con hipertension pulmonar o sepsis	2	11.1
Choque hipovolemico	1	5.5
Neuroinfección	1	5.5
Sindrome de Guillan Barre	1	5.5

**Tabla 2. Parametros ventilatorios y valores gasometricos de la muestra**

<b>Parametro</b>	<b>Media <math>\pm</math> desv. Std.</b>	<b>Mediana</b>
Presión Inspiratoria Pico (mm Hg)	23.1 $\pm$ 7.5	22.0
Pres. Positiva Final Espiración (mm Hg)	2.4 $\pm$ 1.8	2.0
Fracc. Inspirada de Oxigeno (%)	49.1 $\pm$ 19	40.0
Presion arterial de Oxigeno (U Torr)	104.1 $\pm$ 30.7	96.5
Presion arterial de CO2 (U Torr)	33.9 $\pm$ 8.7	33.0
Saturacion arterial oxigeno (%)	96.7 $\pm$ 2.0	97.0
Presion CO2 espirado (U Torr)	28.9 $\pm$ 6.1	29.0
Saturacion oximetro pulso (%)	96.0 $\pm$ 3.0	96.0

**Tabla 3. Indices de oxigenación y porcentaje de cortos circuitos**

<b>Indice</b>	<b>Promedio <math>\pm</math> desv. Std.</b>	<b>Mediana</b>
Presion alveolar de oxigeno (U Torr)	264.5 $\pm$ 109.3	217.4
Gradiente alveolo-arterial O2 (U Torr)	160.4 $\pm$ 109.7	126.3
PaO2/FiO2 (U Torr %)	238.9 $\pm$ 98.5	227.3
PaO2/Presión Alveolar de O2 (%)	44 $\pm$ 18.2	42.0
Contenido capilar de O2 (Volumenes)	16.5 $\pm$ 2.7	16.9
Cortos circuitos intrapulmonares (%)	21.7 $\pm$ 8.5	21.8



**Tabla 4. Analisis de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> por grupos**

Grupo	n	PaCo <sub>2</sub> (x ± d.s.)	PetCO <sub>2</sub> (x ± d.s.)	Prueba T Valor p	Coefficiente Correlación
1	41	30.6 ± 7.9	26.8 ± 5.7	.001	.82
2	50	34.4 ± 7.4	30.4 ± 6.0	.0001	.72
3	5	34.2 ± 8.1	28.2 ± 6.9	.04 *	.99
4	12	42.8 ± 11.0	29.5 ± 5.9	.002 *	.94

Grupo1: 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  
 \* = Prueba de Wilcoxon

**Tabla 5. Comparación de la forma habitual y no invasiva del calculo del porcentaje de cortos circuitos por grupo.**

Grupo	n	Qsp/Qt 1 x ± d.s.	Qsp/Qt 2 X ± d.s.	Valor p
1	43	11.0 ± 3.6	16.0 ± 5.7	.0001
2	53	20.7 ± 4.8	19.0 ± 7.0	.10
3	5	10.1 ± 2.2	14.8 ± 12.7	.41 *
4	7	23.4 ± 5.4	22.9 ± 8.0	.78 *

Grupo1: 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  
 \* = Prueba de Wilcoxon  
 Qsp/Qt1= Medición en forma habitual, Qsp/Qt 2=Medición no invasiva

**Tabla 6. Comparación de PaCO<sub>2</sub> y PetCO<sub>2</sub> de acuerdo a la edad y peso**

Grupo	n	PaCo <sub>2</sub> (x ± d.s.)	PetCO <sub>2</sub> (x ± d.s.)	Prueba T Valor p	Coefficiente Correlación
1-12 meses	56	35.2 ± 9.2	29.7 ± 6.6	.0001	.71
13-60 meses	19	26.3 ± 6.8	24.2 ± 5.6	.047	.78
> 120 meses	33	36.0 ± 6.4	30.1 ± 4.0	.0001	.73
≤10 Kg	55	35.3 ± 9.3	29.8 ± 6.7	.0001	.71
>10 y ≤ 20 Kg	20	26.5 ± 6.7	24.2 ± 5.5	.03	.77
> 20 Kg	33	36.0 ± 6.3	30.1 ± 4.0	.0001	.73

INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRIA  
DEPARTAMENTO DE URGENCIAS

Presion espirada y arterial de CO2 en pacientes bajo ventilacion mecanica  
HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

No. de paciente:  Registro:  Edad (Meses):  Sexo (M/F):

Diagnostico (s): \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Peso (gr):  Hb(gr/dl):  .  PaO2(mmHg):  PaCO2:

Sat.aO2 (%):  Oximetria Pulso (%):  PetCo2 (mmHg):

Tipo de apoyo ventilatorio (0=No se consigno, 1=Ciclado por volumen,   
2=Ciclado por presion)

Moda ventilatoria (0=No se consigno, 1=Controlado, 2=Asistido-controlado   
3=Asistido)

Volumen corriente (ml):  Volumen minuto (L/min.):

Presion inspiratoria pico (mmHg):  Presion media via aerea:

Presion positiva al final de la espiracion (mmHg):

Cortos circuitos intrapulmonares  $((CcO_2 - CaO_2) / (CcO_2 - CaO_2 + 3.5))(\%)$ :  .

Espacio Muerto  $(PaCO_2 - PetCO_2 / PaCO_2)(\%)$ :  .

Grupo de categorizacion:

1.  $Qsp/Qt < 20\%$ ,  $Vd/Vt < 0.6$
2.  $Qsp/Qt > 20\%$ ,  $Vd/Vt < 0.6$
3.  $Qsp/Qt < 20\%$ ,  $Vd/Vt > 0.6$
4.  $Qsp/Qt > 20\%$ ,  $Vd/Vt > 0.6$

## HOJA DE CONSENTIMIENTO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

**TITULO:** CORRELACION DE LA PRESION ESPIRADA Y LA PRESION ARTERIAL DE BIXIDO DE CARBONO EN NIÑOS BAJO VENTILACION MECANICA Y SU UTILIDAD PARA EL CALCULO NO INVASIVO DE CORTOS CIRCUITOS.

**INVESTIGADOR PRINCIPAL:** Dr. Pedro Gutiérrez Castellón, Departamento de Urgencias. Instituto Nacional de Pediatría, México. Tel. 606-42-06.

**OBJETIVO DEL ESTUDIO:** Este es un estudio que intenta determinar la utilidad de la medición del bióxido de carbono espirado (Parte del aire que su niño elimina de sus pulmones) en la vigilancia de la mejoría del problema que motivo la necesidad de colocar al paciente bajo el respirador mecánico en un intento por reducir al máximo la necesidad de tomar muestras repetitivas de sangre arterial.

**PROCEDIMIENTO:** Si usted permite que su hijo participe en el estudio los procedimientos que se le realizaran son parte de la vigilancia que debe recibir todo paciente que se coloca bajo respirador mecánico.

Por la condición de gravedad de su hijo fue necesario colocarlo a un respirador artificial y la vigilar en forma continua la cantidad de oxígeno que llega a sus pulmones y a todos sus órganos, al mismo tiempo que es necesario medir la cantidad de bióxido de carbono que el esta produciendo para así saber que tan efectivo es el tratamiento que le estamos brindando.

Por tal motivo ha sido necesario colocarle en una arteria de su antebrazo un pequeño tubo donde se le tomara cada determinado tiempo una muestra de sangre que se mandara analizar para conocer los valores de oxígeno y bióxido de carbono.

Nosotros intentamos saber si la medición del bióxido de carbono a través de un aparato colocado en el tubo que conecta a su hijo al respirador es igualmente útil que la toma repetitiva de sangre para la medición del bióxido de carbono. Si esto se comprueba nos permitirá reducir el numero de muestras de sangre que tenemos que obtener de su hijo y los riesgos que esto puede tener.

La colocación de esto aparato le queremos aclarar no representa ningún riesgo adicional para su hijo y si puede ser de gran utilidad tanto para su paciente como para niños que posteriormente requieran colocarlos bajo respirador artificial.

Queremos aclararle que si usted decide que su hijo no participe en el estudio se le continuara brindando todo el tratamiento necesario.

Igualmente le queremos hacer saber que si usted decide aceptar que su hijo participe en el estudio, en cualquier momento que usted así lo desee podrá retirar a su hijo del estudio y se le continuara brindando el tratamiento que el necesite.

Cualquier duda o aclaración que usted tenga a lo largo del estudio le será contestada en el momento que usted lo desee.

**Estoy de acuerdo de que mi hijo participe en el estudio**

### ATENTAMENTE

**Nombre:** \_\_\_\_\_

**Firma** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_

**Direcc./Tel.** \_\_\_\_\_

**Nombre(Testigo):** \_\_\_\_\_

**Firma:** \_\_\_\_\_

**Fecha.** \_\_\_\_\_

**Direcc./Tel .** \_\_\_\_\_

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Yamanaka M.K. MD, Darryl YS, MD. Comparison of arterial-end-tidal PCO<sub>2</sub> difference and dead space/tidal volume ratio in respiratory failure. *Chest* 1987;5:832-835.
2. Graybeal MJ CRTT, Rusell GB MD. Capnometry in the surgical ICU: An analysis of the arterial-to-end-tidal carbon dioxide difference. *Respiratory Care* 1993;38:923-928.
3. Burrows FA MD. Physiologic dead space, venous admixture and the arterial to end-tidal carbon dioxide difference in infants and children undergoing cardiac surgery. *Anesthesiology* 1989;70:219-225.
4. Harris KH. Noninvasive monitoring of gas exchange. *Respir Care* 1987;32:544-577.
5. Carlon CG, Cole R Jr, Miodownik ME. Capnography in mechanically ventilated patients. *Crit Care Med* 1988;16:550-556.
6. Nuzzo PF, Anton WR. Practical applications of capnography. *Respir Ther* 1986;16:12-17.
7. Niehoff J, DelGuercio C, Lamorte W. Efficacy of pulse oximetry and capnometry in postoperative ventilatory weaning. *Crit Care Med* 1988;16:701-705.
8. Bakow DE. A limitation of capnography (Editorial). *Respir Care* 1982;27:167-168.
9. Falk JL, Rackow EC, Weill MH. End-tidal dioxide concentration during cardiopulmonary resuscitation. *N Eng J Med* 1988;318:607-611.
10. 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.
11. Kinasewitz GT. Use of end-tidal capnography during mechanical ventilation. *Respir Care* 1982;27:169-17.
12. Badgwell JM MD, Heavner JE DVM, May SW MD, Goldthorn JF MD, Lerman J MD. End-tidal PCO<sub>2</sub> monitoring in infants and children ventilated with either a partial rebreathing or a non-rebreathing circuit. *Anesthesiology* 1987;66:405-410.
13. 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;66:168-175.

14. Fletcher R. Invasive and non invasive measurement of the respiratory dead space in anesthetized children with cardiac disease. *Anest Analg* 1988;67:442-447.
15. 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;57:1257-1259.
16. 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 Anesthesiol* 1994;60(7-8):367-374.
17. Fait CD, Wetzel RC, Dean JM, Schleien CL, Gioia FR. Pulse oximetry in critically ill children. *J Clin Monit* 1985 Oct;1(4):232-235
18. Tahvanainen J, Meretoja O, Nikki P. Can central venous blood replace mixed venous blood samples?. *Crit Care Med* 1982 Nov;10(11):758-761
19. Hope DA, Willis JN, Maddock H, mapleson WW. Non.invasive estimation of venous admixture. Validation of a new formula. *Brit j Anaest* 1995;74:538-534.