

11237

66
2ej



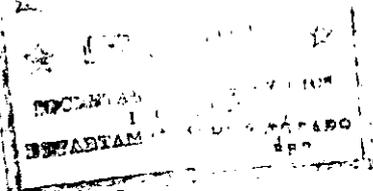
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL

HOSPITAL DE PEDIATRIA

CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI



VARIACIONES DE LA PaCO₂ ARTERIAL Y SU REPERCUSION SOBRE LA VELOCIDAD DE FLUJO SANGUINEO CEREBRAL EN NEONATOS. EVALUACION A TRAVES DE DOPPLER COLOR.

T **S**
I. N. S. S. C. M. N. S.
HOSPITAL DE PEDIATRIA
 QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
ABR. 9 1999
ESPECIALIZACION EN PEDIATRIA MEDICA
 P R **DEPTO. DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION** A :
DRA. LILIANA OLIVERA ROMERO

TUTOR: DR. JOSE AGUSTIN MERCADO ARELLANO

CO-TUTOR: DRA. HELADIA GARCIA



IMSS

MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

0276471



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Iniciar una obra es cosa relativamente fácil, basta con avivar un poco la lumbre del entusiasmo. Perseverar en ella hasta el éxito, es cosa diferente, eso ya es algo que requiere continuidad y esfuerzo.

Comenzar, está al alcance de los demás, continuar, distingue a los hombres de carácter.

Por eso la médula de toda obra grande, desde el punto de vista de su realización práctica, es la perseverancia, virtud que consiste en llevar las cosas hasta el final.

Es preciso, pues, ser perseverante, formarse un carácter no sólo intrépido, sino persistente, paciente, inquebrantable.

Sólo eso es un carácter.

El verdadero carácter, no conoce más que un lema: la victoria.

Y sufre con valor, con serenidad y sin desaliento la más grande de las pruebas: la derrota.

La lucha tonifica el espíritu, pero cuando falta carácter, la derrota lo reprime y desalienta.

Hemos nacido para luchar.

Las más grandes victorias corresponden siempre a quienes se preparan a quienes luchan y a quienes perseveran.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

Por el total apoyo, amor, cariño y comprensión que me han brindado en todo momento aun a pesar de la distancia.

A REBE Y LIZ

Por ser tan lindas hermanas y por su colaboración en el desempeño de mis actividades.

A MI TIA ELIA

Por tenerme siempre presente en sus pensamientos y oraciones.

A TOÑO

Por su compañía durante los años de residencia, siendo fortaleza en los momentos de debilidad, cansancio y tristeza y amigo inseparable en los momentos de alegría.

AL DOCTOR MERCADO

Por haberme dado la oportunidad de trabajar y colaborar en el desarrollo de este trabajo de tesis y por todos los conocimientos que he adquirido gracias a su inigualable guía.

A LA DOCTORA GARCIA

Por ser una entusiasta colaboradora en el desarrollo de este trabajo y su apoyo incondicional para su culminación.

A MIS COMPAÑEROS DE RESIDENCIA

Por todos y cada uno de los momentos vividos en estos últimos tres años imprimiendo a mi persona una huella imborrable.

INDICE

	Página
Resumen	4
Antecedentes científicos	5
Planteamiento del problema	9
Hipótesis	10
Objetivo	11
Sujetos, Material y Métodos	12
Definición operativa de las variables	14
Descripción general del estudio	17
Análisis de datos	18
Resultados	21
Discusión	23
Bibliografía	25
Cuadros y gráficas	29

RESUMEN

OBJETIVO: Identificar la correlación entre los valores de la PaCO₂ en la gasometría arterial y las variaciones en la velocidad de flujo sanguíneo arterial cerebral mediante el uso de Ultrasonido Doppler color.

MATERIAL Y METODOS: Mediante un estudio prospectivo, observacional transversal y comparativo, se incluyeron 24 pacientes asistidos a la ventilación y a quienes su médico tratante indicaba gasometría arterial. Simultáneamente se anotaron datos generales del paciente, diagnóstico principal y medicamentos utilizados así como los registros de las constantes vitales: Frecuencia cardíaca, tensión arterial y temperatura, fracciones de eyección y acortamiento y los registros obtenidos en ese momento de la velocidad de flujo sanguíneo de la arterial cerebral anterior (ACA) a través del Doppler color (sístole (cm/seg.), Telediástole (cm/seg.) e Índice de Resistencia así como las variables ventilatorias. Se estableció la variabilidad intra e interobservador. Para analizar los datos se calcularon frecuencias simples, medidas de tendencia central y dispersión y para establecer la correlación de PaCO₂ y flujos sanguíneos se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y el paquete Primer.

RESULTADOS: El peso promedio de los pacientes fue de 1799.28 g, la edad postnatal promedio de 12 días, la Hb media 12.4 g/dl, Los valores promedio gasométricos fueron pH 7.31 (DS 0.12), PaCO₂ 45.95 (6.12 kPa; DS18.97), PaO₂ 77.16 (10.28 kPa; DS 41.27), HCO₂ 21.76 (DS 7.51), BE -2.95 (DS 6.49), SatO₂ 84.16 % (DS 17.38), dentro de las variables ventilatorias los promedios fueron PPI 18.87 (DS 4.81), PPFE 3.18 (DS 0.66), Ciclos 32.30 (DS14.29), FiO₂ 69.08 (DS 21.14), TI 0.46 (DS 0.03), PMVA 5.52 (DS 2.83), los promedios de variables de hemodinamia cerebral: Pico sistólico 39.75 (DS 13.99), Telediástole 9.16 (DS 4.83), IR 75.75 (DS 8.11), de las variables sistémicas: temperatura 36.90 C (DS 0.45), TAS 64.79mmHg (DS 14.89), TAD 44.50mmHg (DS 12.30), TAM 52.54mmHg (DS 14.56), FC 140.5 latidos por minuto (DS 14.34), PVC 11cmH₂O (DS 5.72), fracción de eyección de 78.07 (DS 10.89), fracción de acortamiento 42.84 (DS 11.57). La correlación entre los valores de la PaCO₂ e IR mostró una $r=0.450$ ($p=0.027$) y con una PaCO₂ >8 kPa e IR $r=0.91$ ($p=0.032$) entre las mismas variables independientemente de la cifra de Ph.

CONCLUSIONES: La correlación más estrecha fue observada entre los IR y los niveles de PaCO₂ >8.0 kPa (hipercapnia grave). Se confirmó vasodilatación a nivel de la ACA con hipercapnia grave y vasoconstricción con hipocapnia grave, independientemente de la cifra de pH, sin embargo, los IR se mantienen en general normales probablemente a expensas de un fenómeno de compensación a expensas de la sístole en la ACA.

PALABRAS CLAVE: DOPPLER CEREBRAL, RECIEN NACIDOS, HIPERCAPNIA

ANTECEDENTES CIENTIFICOS

FLUJO SANGUINEO CEREBRAL El mantenimiento de un volumen sanguíneo cerebral dentro de ciertas constantes se debe a la capacidad de autoregulación del sistema vascular que es un fenómeno autónomo.^{1,2} Esta constante de flujo se debe al balance entre vasoconstricción y vasodilatación de las arteriolas cerebrales con el incremento o la disminución de las presiones de perfusión sanguínea respectivamente. Se han propuesto tres mecanismos fundamentales para que se de la autoregulación: metabólico, miogénico y neurogénico.³

Estudios de flujo sanguíneo cerebral en varias regiones del cerebro de primates indican que las regiones parasagitales especialmente las regiones posteriores de los hemisferios cerebrales tienen significativamente menor flujo que otras regiones cerebrales³.

En los recién nacidos el flujo sanguíneo y la autoregulación cerebral, se modifican ante varias circunstancias clínicas como la presencia de conducto arterioso sintomático, la hidrocefalia, meningitis, policitemia, hipoglucemia,⁴⁻⁹ así mismo han sido observados a través de ultrasonido Doppler, importantes cambios en la velocidad de flujo sanguíneo cerebral con el empleo del fenobarbital, indometacina, surfactante, aminas vasoactivas y en menor grado con narcóticos y sedantes.¹⁰⁻²⁵

También existe información relacionada a los cambios en la hemodinamia cerebral ante hipocapnia, hipercapnia, hipoxemia y acidosis.²⁶⁻²⁸ Estos cambios son particularmente marcados en los extremos de los valores de PaCO₂ como lo demuestra experimentalmente en corderos Sonneson²⁸ al grado de producir serios problemas al mecanismo de autoregulación hasta paralizarlo, en particular ante la presencia de hipercapnia grave (PaCO₂ mayor de 6.7 kPa mmHg). Ha sido establecido que la respuesta arteriolar al dióxido de carbono varía ampliamente entre una y otra región cerebral, con incrementos tan solo de 0.15 ml/100 g/min. por cada mm Hg de variación en la PaCO₂ a nivel de la sustancia blanca subcortical en contraste con incrementos de 4.8ml/g/min en los núcleos vestibular y olivar superior.³

Experimentos en perros han mostrado diversos grados de reactividad vascular arterial ante variaciones en la PaCO₂ e importantes cambios del flujo sanguíneo cerebral

local con coeficientes de correlación que van desde $r = 0.97$ en médula, 0.90 en el núcleo caudado a 0.69 en la materia blanca subcortical.³

En estudios similares con animales de experimentación se ha demostrado que la hipocapnia profunda con hiperoxemia llevan a un descenso abrupto en el flujo sanguíneo cerebral por constricción arteriolar, sin embargo esta misma alteración en los gases arteriales, puede llevar a vasodilatación vascular pulmonar en algunos casos de hipertensión arterial pulmonar, como es el caso de la hernia diafragmática.³

En los últimos 15 años se han demostrado importantes revelaciones acerca del flujo sanguíneo cerebral, las cuales han sido proporcionadas mediante métodos con diversos grados de invasividad; cabe señalar entre los más importantes y que proporcionan mayor cantidad de información a la Depuración de Xenón-133, la Topografía por emisión de positrones, la Pletismografía por oclusión venosa, Impedancia eléctrica, la Resonancia magnética nuclear²⁹⁻³³, y recientemente las determinaciones de enzima mitocondrial cerebral citocromo aa3 (Cytaa3) método no invasivo que utiliza pulsos de láser con alto grado de exactitud pero poco accesible por el costo.³⁴

La existencia de datos obtenidos por tomografía con emisión de positrones sugieren que el flujo sanguíneo cerebral es aproximadamente 20% del valor del adulto en el recién nacido de término. Los valores de flujo sanguíneo cerebral en el recién nacido humano prematuro se encuentran generalmente entre 10 a 20ml/100gr/minuto.³

MONITORIZACION DEL CEREBRO DEL RECIEN NACIDO MEDIANTE ULTRASONIDO CON DOPPLER-COLOR

Otro de los métodos de evaluación de la hemodinamia cerebral es a través del ultrasonido Doppler, con el se mide la velocidad del flujo sanguíneo cerebral arterial, principalmente a través de la fontanela anterior.^{4,35} Es un método no invasivo que tiene la capacidad de proporcionar información cualitativa acerca de la resistencia vascular cerebral.

En 1842 Christian Johann Doppler publicó su teoría, que más tarde se conocería como el principio Doppler. Aplicado al flujo sanguíneo cerebral puede ser expuesto de la siguiente manera: Cuando una onda de sonido de una frecuencia conocida es transmitida sobre un vaso sanguíneo, la frecuencia es desviada por el movimiento de los eritrocitos en la sangre y se hace diferente a la frecuencia transmitida, esta diferencia de frecuencias es

usada para calcular la velocidad del blanco en movimiento (eritrocitos) por medio del uso de las siguientes variables:

$V =$ velocidad de los eritrocitos, $f =$ frecuencia, θ ángulo entre la dirección del flujo de los eritrocitos y el haz de ultrasonido, $c =$ velocidad de onda del sonido en el tejido (≈ 1560 m/seg. a 37°C)³⁰⁻³³.

Existe una gran variedad de equipos de ultrasonido equipados con señales Doppler de onda continua y pulsada o ambas, el transductor se coloca sobre el plano del eje longitudinal del vaso sanguíneo, mientras las señales Doppler son transmitidas continuamente sobre un área seleccionada. Todos los vasos sanguíneos en la trayectoria de insonación contribuyen a los ecos aislados; sin embargo, con ajuste de la posición del transductor se puede estudiar un vaso específico.³⁵

El sistema de Doppler pulsado fue desarrollado por la necesidad de localizar el vaso con precisión. Estos sistemas combinan la imagen convencional de ultrasonido en tiempo real en modo bidimensional con la gráfica obtenida por la señal Doppler. Actualmente existen equipos que adicionalmente muestran en la pantalla código de color y esta herramienta permite la visualización más exacta del flujo sanguíneo de los vasos y esto evita la subestimación de la velocidad del flujo sanguíneo.³⁶

Los registros obtenidos de las señales Doppler pueden ser grabados tanto en películas Polaroid como videograbadas con el objeto de documentar las imágenes o analizarlas tantas veces sea necesario.^{36,37} La estimación de la velocidad de flujo sanguíneo de las arterias cerebrales ha sido determinada sobre el cálculo de los índices de resistencia. Uno de los más empleados se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$IR = S-D/S$$

Donde S y D son pico Sistólico y Telediástole respectivamente, también se le conoce como índice de Resistencia.^{2,3,35,38}

FUENTES DE ERROR Hay varias fuentes potenciales de error en el cálculo de la velocidad del flujo sanguíneo cerebral, una de ellas puede deberse a que el diámetro de la arteria sea menor del límite mínimo de la resolución de la imagen del ultrasonido. Otro error ocurre por las diferencias en el ángulo de insonación, sin embargo este se ha calculado en 5% lo cual es insignificante.³⁷

VALORES NORMALES En términos generales se aceptan los valores de pico sistólico, Telediástole, índices de resistencia y áreas bajo la curva son 15% más bajos en

recién nacidos prematuros que en los neonatos a término. La mayor parte de los reportes coinciden en que la velocidad de flujo está aumentada y el índice de resistencia está disminuido en los primeros días de la vida.^{3,28} También ha sido informado que durante el sueño hay una reducción de la velocidad de flujo sanguíneo.

VALIDACION Desde los años ochenta hasta la fecha ha existido un gran número de publicaciones con las cuales se ha logrado en muy buen grado determinar la correlación que existe entre la información que proporcionan el estudio de la hemodinamia cerebral por medio de Doppler tanto continuo como pulsado y diversos métodos estandarizados tales como la autoradiografía, el método de microesferas en animales sacrificados, xenón 133, depuración de hidrógeno, fluometría electromagnética, y otros.¹² y los resultados son alentadores, a favor de la utilización de las señales Doppler, por lo que en el momento actual es un método que se considera muy útil en las unidades de cuidados intensivos pediátricas y neonatales, en términos generales no invasivo y disponible en todo momento, desde luego en manos expertas, en neonatos con asfíxia grave, en prematuros con hemorragia de la matriz germinal ante flujo diastólico reverso como en la persistencia de conducto arterioso, en isquemia, así como en apoyo del diagnóstico de muerte cerebral^{2,3,6}

Actualmente se dispone de información que valida al Doppler como un método para estimar en forma cualitativa e indirecta el flujo cerebral y sus cambios ante las modificaciones de dióxido de carbono tanto en animales de experimentación como en humanos y en recién nacidos pretérmino con y sin asistencia mecánica a la ventilación.^{11,29} Dichas observaciones han permitido conocer que la velocidad de flujo sanguíneo cerebral incrementa hasta un 44% por cada 1kPa de CO₂ (1 kPa = 7.5 mmHg), sin embargo este estudio se elaboró en una población de neonatos con prematuridad extrema y expuestos a Indometacina y en otros estudios similares los autores no aclaran si las poblaciones estudiadas cursaban con normoglucemia, anomalías de la serie roja o fármacos con efectos potenciales sobre la pulsatilidad y resistencia arteriolar.^{1,11}

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la práctica clínica diaria la vigilancia de la hemodinamia cerebral en los recién nacidos es poco atendida en contraste con la estrecha monitorización de las constantes vitales sistémicas y de la estabilidad metabólica y con mucha frecuencia al manejar ventilación mecánica en neonatos críticamente enfermos no advertimos los cambios potenciales en la hemodinamia cerebral que pueden producirse al modificar en forma abrupta las variables de un ventilador con el objeto de resolver una patología respiratoria o cardíaca grave, suplir la función respiratoria o resolver los excesos de la propia asistencia a la ventilación y no se perciben las posibilidades de isquemia o de sobreperfusión. Es importante señalar que en estos pacientes, la capacidad de autoregulación a nivel cerebral puede encontrarse alterada o ausente, lo cual incrementa el riesgo de desarrollar lesiones cerebrales tales como hemorragia intra o periventricular. La regulación del flujo sanguíneo cerebral en respuesta a la PaCO₂ y al oxígeno arterial es hecho muy importante; la hipoxemia y la hipercapnia producen vasodilatación e incremento en el flujo sanguíneo cerebral, y la hipocapnia ocasiona efectos opuestos con disminución del flujo sanguíneo cerebral. Por todo lo anterior es de suma importancia la detección de dichos cambios en el neonato críticamente enfermo sometido a ventilación mecánica quien puede mostrar alteraciones en los valores de PaCO₂ y en consecuencia en el flujo sanguíneo cerebral. El ultrasonido Doppler ofrece la oportunidad de realizar determinaciones de la velocidad del flujo sanguíneo cerebral tantas veces como sea necesario sin invasividad y podría ser utilizada para determinar la influencia de las anomalías de los gases sanguíneos en la perfusión cerebral y con esto predecir complicaciones tales como la hemorragia periventricular y/ o secuelas neurológicas.

Por estos motivos nos planteamos la siguiente interrogante:

1. ¿ Existe una correlación entre los valores de la PaCO₂ y las variaciones en la hemodinamia cerebral (velocidad de flujo sanguíneo cerebral)?

HIPOTESIS

1. Existe una correlación mayor de 70% entre las anomalías de los valores gasométricos de la PaCO₂ y las variaciones de la hemodinamia cerebral medidas a través del ultrasonido Doppler color.

OBJETIVO

1. Identificar la correlación entre los valores gasométricos de la PaCO₂, y las variaciones en la velocidad de flujo sanguíneo cerebral mediante el uso del ultrasonido Doppler color.

SUJETOS, MATERIAL Y METODOS PROGRAMA DE TRABAJO

LUGAR DE REALIZACION

- El presente estudio fue elaborado Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales, Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Centro de atención de 3er nivel en la Delegación 3 Suroeste del DF. Donde se reciben pacientes con enfermedades médicas y quirúrgicas de la zona sur del D.F y de los estados de Morelos, Guerrero, Chiapas

DISEÑO

- Se efectuó un estudio descriptivo observacional y comparativo.

CRITERIOS DE SELECCION DE LA MUESTRA

I. CRITERIOS DE INCLUSION.

- Se incluyeron a pacientes que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales y que se asistieron a la ventilación.
- De cualquier edad gestacional y peso.
- Ambos sexos.

II. CRITERIOS DE EXCLUSION

- Pacientes que recibieron en las 12 horas previas a la determinación basal indometacina, surfactante exógeno o fenobarbital.
- Pacientes que portaran malformaciones graves del sistema nervioso central (trastornos de la migración neuronal, agenesia de cuerpo caloso, hidranencefalia, Sx. de Dandy Walker, etc.).
- Pacientes con sospecha o confirmación de muerte cerebral.

III. CRITERIOS DE ELIMINACION

- Fallecimiento de alguno de los pacientes antes de la toma de mediciones para el estudio.
- Pacientes con registros incompletos.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

El tamaño de la muestra se calculó con base a los antecedentes de la literatura encontrados que refieren una correlación de 0.7 ($r=0.7$)⁴⁴

El cálculo se realizó con los siguientes parámetros:

valor α = 0.05

valor β = 0.20

valor δ = 0.80

El tamaño de la muestra originalmente se estimó de 19 pacientes.⁴⁵

DEFINICION OPERATIVA DE LAS VARIABLES Y ESCALAS DE MEDICION.

VARIABLE DEPENDIENTE

Índice de Resistencia. Medida obtenida de la velocidad del flujo sanguíneo arterial cerebral en cm/seg., durante el pico sistólico y el final de la diástole y aplicando estos dos valores a la fórmula: $IR = \text{Sístole} - \text{Diástole} / \text{Sístole}$.

Escala de medición: RAZON

VARIABLES INDEPENDIENTES

PaCO₂ normal: 4.7 - 6.0 kPa (35 - 45mmHg)

PaO₂ normal: 6.0 - 10.0 kPa (45 - 75mmHg)

Hipercapnia leve: PaCO₂ 6.1- 6.6 kPa (45.7 - 49.5mmHg)

Hipercapnia severa: PaCO₂ > 6.7 kPa (>50.2mmHg)

Hipercapnia grave: PaCO₂ > 8 kPa (> 60 mm Hg)

Hipercapnia e hipoxemia combinada severa: PaCO₂ > 6.7 kPa (>50.2mmHg).

PaO₂: < 6.0 kPa (<45mmHg).

Hipocapnia leve: PaCO₂ 4.6 - 4.1 kPa (34.5 - 30.7mmHg).

Hipocapnia moderada: PaCO₂: 4 - 3.3 kPa (30 - 24.7mmHg).

Hipocapnia grave: PaCO₂ <3.2 kPa (< 24 mm Hg)

Escala de medición: RAZON

VARIABLES UNIVERSALES

Edad gestacional. Se calculó tomando en cuenta la fecha de última menstruación (FUM) y/o por la valoración de Ballard, se registró en semanas y se clasificó en la siguiente forma: Pretérmino < 38 semanas, a término entre 38 y 42 semanas y postérmino mayor de 42 semanas. El dato se tomó de la historia clínica o nota de ingreso.

Escala de Medición: ORDINAL

Peso al nacer. Peso registrado al nacimiento, expresado en gramos. El dato se obtuvo de la historia clínica o de la nota de envío.

Escala de Medición: RAZON

Edad posnatal. Lapso comprendido entre el nacimiento y el ingreso a la UCIN. Se expresó en días y obtuvo de la nota de ingreso.

Escala de Medición: ORDINAL

Sexo. Se determinó por las características físicas de los genitales externos y se clasificó en masculino, femenino e indiferenciado. Se tomó el dato de la historia clínica.

Escala de Medición: ORDINAL

Diagnóstico de ingreso. Se registró el diagnóstico principal, tomándose como aquel que motivó el ingreso a la UCIN. El dato se tomó de la nota de ingreso y/o de la nota de revisión.

Escala de Medición: NOMINAL

VARIABLES CONFUSORAS

Temperatura. Registro obtenido con termómetro de mercurio en la región axilar. El termómetro se mantuvo durante un periodo de 3 minutos. Las cifras consideradas como normales serán 36.4 a 37.2 grados centígrados. El dato se tomó de la hoja de signos vitales.

Escala de Medición: INTERVALO

Tensión arterial media (TAM). Se registró con monitor electrónico no invasivo expresándose en mmHg. Sus valores normales se consideraron tomando en cuenta los valores percentilares para peso y edad.

Escala de Medición: RAZON

Frecuencia cardiaca. Se evaluó durante un minuto completo con estetoscopio sobre el área precordial. La cifra considerada como normal es de 120 a 160 por minuto.

Escala de Medición: INTERVALO

Hemoglobina. Se determinó en sangre venosa. Los valores dependen del peso y de la edad gestacional del recién nacido pero oscilan entre 14 a 20 g/dl.

Escala de Medición: RAZON

Hematocrito. Se determinó en sangre venosa. Los valores normales varían de acuerdo a la edad gestacional, edad posnatal y peso del paciente oscilando entre 48 y 60%.

Escala de Medición: INTERVALO

Sodio. Se tomó la cifra de sodio sérico obtenido de sangre venosa reportada por el laboratorio. Los valores normales aceptados son de 130 a 150 mEq/l. El dato se obtuvo de la hoja de signos vitales.

Escala de Medición: RAZON

Glucosa. Se tomó por método semicuantitativo con tiras reactivas. Las cifras consideradas como normales se encuentran entre 40 y 90 mg/dl. El dato se obtuvo de la hoja de enfermería y fue el más reciente.

Escala de Medición: RAZON

pH (concentración de hidrogeniones). Valor reportado por el laboratorio, obtenido mediante gasometría arterial. Las cifras consideradas como normales fueron de 7.30 a 7.45 en el recién nacido a término y de 7.30 a 7.40 en el prematuro.

Escala de Medición: INTERVALO

HCO₃ (Bicarbonato mEq/l). Se registró en la gasometría. Las cifras consideradas como normales son de 18 a 26 mEq/l en el paciente pretérmino y de 20 a 26 en el niño a término.

Escala de Medición: RAZON

Exceso de base (mEq/l). Cifra reportada en la gasometría arterial donde los valores en el recién nacido pretérmino se encuentran entre -6 a 0 y en el de término de -6 a +2.

Escala de Medición: RAZON

Saturación de oxígeno (SatO₂ %). Se determinó con oxímetro de pulso. Este aparato mide en forma continua la saturación del oxígeno de la hemoglobina arterial. El instrumento consta de un fotosensor que puede aplicarse a un dedo de la mano, un dedo del pie, palma de la mano o planta del pie. Los valores considerados como normales fueron del 85 al 95%.

Escala de Medición: INTERVALO

Presión media de las vías aéreas (PMVA). Es una medición de la presión promedio a la cual los pulmones se exponen durante el ciclo respiratorio proporcionado por un ventilador mecánico. Esta medición depende del tiempo inspiratorio (TI), tiempo espiratorio (TE), presión inspiratoria máxima (PPI) y presión positiva al final de la espiración (PPFE) y se obtuvo mediante la siguiente fórmula: $(PPI \times TI) + (PPFE \times TE) / TT$.

Escala de Medición: RAZON

DESCRIPCION GENERAL DEL ESTUDIO

Este trabajo se realizó con neonatos hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales del Hospital de Pediatría del CMN Siglo XXI. Se incluyeron pacientes tratados con ventilación mecánica en quienes los médicos tratantes de la sala decidían medir los gases arteriales como parte de la vigilancia y evaluación secuencial del manejo ventilatorio. En un formato diseñado para los fines del trabajo (*Anexo 1*), se anotaron datos generales, número progresivo, nombre, cédula, fecha y hora del primer registro, edad postnatal, edad gestacional, peso al nacer, sexo, diagnóstico principal de ingreso, medicamentos utilizados así como el registro basal (B) de frecuencia cardiaca (FC), tensión arterial sistólica, media y diastólica (TAS, TAM y TAD), Fracción de eyección y de acortamiento del ventrículo izquierdo, pico sistólico, telediástole e índice de resistencia de la arteria cerebral anterior, temperatura, destrostix, hematocrito, variables del ventilador (PPI, PPFE, PMVA, TI, Ciclos, FiO₂) y los valores gasométricos, se tomó la gasometría en aquel paciente que llevara al menos 20 minutos con las mismas variables de ventilación.

Los signos vitales señalados se obtuvieron por monitores electrónicos previa comprobación de su correcto funcionamiento. Las variables de la hemodinamia cerebral se obtuvieron por medio de un equipo de ultrasonido Toshiba modelo Sonolayer SSA-270A colocando un transductor sectorial de 5 MHz en la fontanela anterior para obtener cortes parasagitales derecho e izquierdo y al localizar en tiempo real la arteria cerebral anterior en cada uno de los cortes y enviar ahí la señal de Doppler pulsado utilizando el código de color para asegurar la precisión del registro de la pulsatilidad de dicha arteria, obtener la gráfica simultánea de las pulsaciones y hacer las mediciones en 25 ciclos cardiacos para establecer un promedio de los picos sistólicos, telediástoles e índices de resistencia que se registren. Se estima que en cada paciente se practican 2 a 3 cambios ventilatorios en un lapso de 6 a 8 horas durante la fase crítica de su enfermedad con fines de estabilización. Se determinó previamente la variabilidad inter e intraobservador de dos investigadores que posteriormente hicieron las mediciones (JAMA y MARM).

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos obtenidos se registraron en el formato que se diseñó para fines propios del trabajo. (Anexo 1) Posteriormente se elaboró la base de datos en una computadora personal. El procesamiento y análisis de los datos se hizo con los paquetes Epi Info-6 y Primer.

Para el análisis de los datos se realizaron dos tipos de análisis estadístico:

Análisis univariado (estadística descriptiva), se calcularon frecuencias simples y medidas de tendencia central y de dispersión en las variables que solo se requiera este resultado.⁴⁴

Para establecer las relaciones entre las velocidades de flujo sanguíneo cerebral y la presión parcial de dióxido de carbono se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

Para la evaluación de la variabilidad intra e interobservador se realizaron también análisis de correlación por tratarse de variables continuas.⁴⁴

FACTIBILIDAD Y ASPECTOS ETICOS

El presente estudio fue factible de llevarse a cabo ya que solo se requirió el apoyo de los médicos adscritos y residentes de la sala en cuanto a la comunicación del momento de tomarse las gasometrías de los pacientes. La unidad cuenta con el equipo de ultrasonido requerido y estuvo disponible en todo momento para los investigadores. La unidad cuenta con gasómetro propio, por lo cual no se requirió de solicitar este estudio al laboratorio del hospital.

Los otros exámenes de laboratorio fueron solicitados a diario por el médico tratante como parte de la vigilancia indispensable en todo paciente en estado crítico y fueron procesados por el laboratorio del propio hospital. No se tomaron estudios adicionales para fines de este trabajo de investigación.

El protocolo fue revisado por los comités de investigación y ética locales quienes decidieron su aprobación.

Se utilizaron los recursos tecnológicos con lo que cuenta la unidad destinados para la atención de los pacientes y se recibió un financiamiento por parte de la Coordinación de Investigación del IMSS, por lo que el protocolo para su desarrollo no tuvo limitantes.

RESULTADOS

Se incluyeron a 24 pacientes elegibles, todos ellos recién nacidos con las características generales que se señalan en el Cuadro No. I. Hubo un discreto predominio de pacientes del sexo masculino sobre el femenino (14 vs. 10), las edades gestacionales comprendieron un rango muy amplio desde 27 hasta 40 semanas al igual que el peso (720 -3410 g). La edad postnatal media obtenida fue de 12.8 días (1-22 días), La cifra de Hemoglobina registrada en el mismo día del estudio osciló entre 12 y 15.30 g/dl con un promedio de 12.5 ± 1.2 y la temperatura corporal media fue de $36.6 \pm 0.453^{\circ}\text{C}$. Entre las variables analizadas para el estudio, cuyos detalles se presentan en el Cuadro No. II, se obtuvieron los siguientes valores gasométricos: pH 7.31 ± 0.12 . PaCO₂ de 45.95 ± 18.9 mm Hg, PaO₂ de 77.16 ± 41.2 mm Hg, Bicarbonato de 21.7 ± 7.5 mEq/l, Base exceso (BE) de -2.95 ± 6.4 y Saturación de oxígeno de 84.16 ± 17.38 .

En el Cuadro No. III se agrupan las medidas centrales y sus dispersiones de las mediciones hemodinámicas obtenidas en la arteria cerebral anterior, en particular el Pico sistólico con 39.75 ± 13 cm/seg, la Telediástole: 9.16 ± 4.8 cm/seg, y el Índice de Resistencia 75.73 ± 8.11 . Los promedios obtenidos fueron: Tensión arterial sistólica (TAS): 64.7 ± 14.8 mm Hg, tensión arterial diastólica (TAD): 44.5 ± 2.3 mm Hg, Tensión arterial media (TAM): 52.5 ± 14.5 mm Hg y la frecuencia cardiaca (FC) $140 \pm 14.3 \times'$. El Cuadro No. IV muestra los resultados obtenidos al hacer las correlaciones entre diferentes niveles de la PaCO₂ con el índice de resistencia (Gráfica 1), el pico sistólico y la telediástole y las correlaciones observadas fueron muy estrechas con normo e hipercapnia ($r = 0.7$ y 0.92 y $p = 0.027$ y 0.032 respectivamente). Al analizar la correlación entre el nivel de PaCO₂ y cada componente del índice de resistencia los valores obtenidos mostraron también buena correlación obteniendo en niveles de PaCO₂ entre 6.1 y 6.7 kPa (hipercapnia leve) un coeficiente de correlación de $r = -0.99$ y $p = 0.012$ (Gráfica 2). En el mismo cuadro No. IV se observa el incremento constante y gradual de la telediástole conforme el nivel de PaCO₂ va en aumento. El valor r que se obtuvo entre las cifras más altas de PaCO₂ (> 6.7 KPa) fue -0.93 con $p = 0.001$ (Gráfica 3). Se realizó también correlación del índice de resistencia con acidosis (considerando únicamente $\text{pH} < 7.22$), índice de resistencia sin acidosis, índice de resistencia y normoxemia e índice de resistencia e hipoxemia obteniendo sólo diferencia significativa en la correlación del índice de resistencia con ausencia de acidosis con un coeficiente de correlación de $r = 0.551$ y una $p = 0.012$.

Las Gráficas 4 y 5 muestran la correlación obtenida entre el pH e Índice de Resistencia con valor de $r = -0.3$ y $p=0.10$ y entre PaO₂ e Índice de Resistencia con $r = 0.14$ y $p=0.49$.

DISCUSION

Los resultados del presente estudio son acordes a los que se han obtenido en estudios experimentales,³ en los que se reportan coeficientes de correlación tan elevados como de 0.97 de tejidos nerviosos en perros. Incluso en las áreas subcorticales los coeficientes de correlación son discretamente inferiores a los registrados en este trabajo. Otros estudios de la hemodinamia cerebral que han sido aplicados en humanos e incluso en recién nacidos, tales como la depuración de Xenon-133, la tomografía por emisión de positrones, la Pletismografía por oclusión venosa,²⁹⁻³³ tienen diversos grados de invasividad. En este trabajo se utilizó un método accesible, cuyas bases han sido utilizadas extensamente para fines de evaluación morfológica del cráneo del recién nacido^{4,35} y en los últimos 10 años se ha ido perfeccionando e incluso se han propuesto para fines de evaluación hemodinámica valores normales para recién nacidos pretérmino y a término^{2,3,30,33,35,38}. De igual forma se han descrito los alcances, límites, fuentes de error y validación del método.^{2,3,6,12} Ha sido empleada la ecoencefalografía con Doppler para evaluar modificaciones en la hemodinamia cerebral con varios medicamentos en fechas recientes.^{13,14,37,45,46} Es a través de esta metodología (Doppler) que se han informado que los cambios bruscos de PaCO₂ ocasionan cambios en la perfusión cerebral hasta de 44% /KPa.^{11,47} Esta aseveración no fue confirmada en la misma magnitud en el presente estudio, sin embargo, se determinó que existe un incremento de 33.3% en la velocidad de flujo sanguíneo cerebral a expensas de la telediástole por cada kPa de PaCO₂ en rangos de acidosis respiratoria (Cuadro IV). Con los hallazgos mencionados hay posibilidad de establecer dos conceptos importantes a partir de las mediciones del presente trabajo:

I. Existe una definida correlación entre los niveles de PaCO₂ y los índices de resistencia vascular cerebral en particular en condiciones de acidosis respiratoria grave como lo muestra el coeficiente de correlación superior a 0.90 con hipercapnia superior a 6.7 kPa (Gráfica 3) y

II. El incremento gradual y consistente de la telediástole en la ACA es paralelo al ascenso de la PaCO₂ como muestra con toda claridad el Cuadro No. IV. No fue posible identificar la pérdida de la autoregulación vascular descrita en

neonatos que cursan con hipercapnia grave ya que está fuera del alcance de esta investigación y se requiere para este fin de mediciones adicionales y que los pacientes en cuestión cursaran con patología de tal magnitud que la anomalía gasométrica mencionada no fuera susceptible de ser corregida con los recursos terapéuticos convencionales o en el sentido contrario; ocasionar hipocapnia por exceso de ventilación mecánica y con ello isquemia cerebral como en fecha reciente se ha vuelto a confirmar en pacientes pretérmino.⁴⁶ A pesar de los límites esperados y encontrados en este trabajo de investigación, nuestros resultados apoyan la utilidad de este método validado, relativamente accesible, no invasivo y útil en la vigilancia neurológica intensiva de neonatos críticamente enfermos, en particular aquellos sometidos a ventilación mecánica en uno de los aspectos que en la práctica clínica cotidiana es poco atendido y que en la medida en la que se difundan reportes de esta índole influirán en establecer medidas de vigilancia hemodinámica neuro-intensiva, con los recursos disponibles en cada unidad neonatal.

BIBLIOGRAFIA

1. Menke J, Michel H, Rabe B. Simultaneous influence of blood pressure, PaCO₂, and PaO₂ on cerebral blood flow velocity in preterm infants of less than 33 weeks gestation. *Pediatr Res* 1993; 34: 173-7.
2. Yoshida-Shuto H, Yashura A, Kobayashi Y. Cerebral blood flow velocity and failure of autoregulation in neonates, their relation to outcome of birth asphyxia. *Neuropediatrics* 1992; 23: 241-4.
3. Volpe. *Neurology of the Newborn*, De. USA Sanders. 1996, 238-250.
4. Raju TNK. Cerebral Doppler Studies in the fetus and newborn infant. *J Pediatr* 1991; 119:165-74.
5. Raju TNK. Cranial Doppler, applications in neonatal critical care. *Crit Care Clin* 1992;8:93-110.
6. Bada HS, Hajjar W, Chua C. Noninvasive diagnosis of neonatal asphyxia and intraventricular hemorrhage by Doppler ultrasound. *J Pediatr* 1979;95:775-9.
7. Winberg P, Dahlström A, Lundell B. Reproducibility of intracranial Doppler flow velocimetry. *Acta Paediatr Scand* 1986; Suppl 329:134-9.
8. Perlman JM, McMenamin JB, Volpe JJ. Fluctuating cerebral blood flow velocity in respiratory distress syndrome. *N Eng J Med* 1983;309:04-9.
9. Pryds O, Greisen G, Friis-Hansen B. Compensatory Increase of CBF in preterm infants during hypoglycaemia. *Acta Paediatr Scand* 1988;77:632-7.
10. Kuban KC, Skouteli H, Cherer A, Brown E, Leviton A, Pagano M, et al. Hemorrhage, Phenobarbital and Fluctuating Cerebral Blood Flow Velocity in the Neonate. *Pediatrics* 1988;82:548-53.
11. Levene MI, Shartland D, Gibson N, Evans DH. Carbon Dioxide Reactivity of the Cerebral circulation in Extremely Premature Infants: Effects of Postnatal Age and Indomethacin. *Pediatr Res* 1988;24:175-9.
12. Thoresen M, Haaland K, Steen PA. Cerebral Doppler and misrepresentation of flow changes. *Arch Dis Child* 1994;71:F103-F106.
13. Haman Y, Hascoët JM, Debbiche A, Vert P. Effects of Fentanyl administration on general and cerebral haemodynamics in sick newborn infants. *Acta Paediatr Scand* 1996;85:361-5.

14. Lopes Cardozo RH, Jan de Beaufort A, Gesink BJ, Moison RMV. Inhalation of Nitric oxide: Effect on Cerebral Hemodynamics and Activity, and Antioxidant Status in Newborn lamb. *Biol Neonate* 1996;69:284-92.
15. Mardoum R, Bejar R, Merrit A, Berry Ch. Controlles Study the effects of Indomethacin on cerebral blood flow velocities in newborn infants. *J Pediatr* 1991;8:12-5.
16. Van de Bor M, Ma EJ, Walther FJ. Cerebral Blood Flow Velocity after surfactant instillation in preterm infants. *J Pediatr* 1991;118:285-7.
17. Cowan F, Whitelaw A, Whetheim D, Silverman M. Cerebral Blood Flow Velocity changes after rapid administration of surfactant. *Arch Dis Child* 1991;66:115-9.
18. Kuban KCK, Leviton A, Krishnamoorthy KS, Brown ER, Teele RL, Baglivo JA, et al. Neonatal intracranial hemorrhage and phenobarbital. *Pediatrics* 1986;77:443-9.
19. Donn DM, Goldstein GW, Roloff DW. Neonatal Intracranial hemorrhage and phenobarbital. *Pediatrics* 1986;77:779-80.
20. Bada HS, Korones SB, Perry EH, Arheat KL, Ray JD, Porcyrous M, et al. Mean Arterial blood Pressure Changes in Premature Infants and those at risk for intraventricular hemorrhage. *J Pediatr* 1990;607-13.
21. Lane JC; Tennison MB, Lawless ST, Greenwood RS, Zaritsky AL. Movement disorder after withdrawal of fentanyl infusion. *J Pediatr* 1991;119:649-51.
22. Katz R, Kelly W. Pharmacokinetics of continuous infusion of fentanyl in critically ill children. *Crit Care Med* 1993;21:995-1000.
23. Arnold KJS, Phil D, Hickay PR. Changes in the Pharmacodynamic response to fentanyl in neonates during continuous infusion. *J Pediatr* 1991;119:639-43.
24. Anand KJS, Phil D, Hickay PR. Pain and its effects in the human neonate and fetus. *N Eng J Med* 1987;317:1321-27.
25. Koren G, Levy M. Usos pediátricos de Opioides. *Clin Pediatr North Am* 1992; 1233-49.
26. Pryds O, Andersen GE, Friis-Hasen B. Cerebral Blood Flow Reactivity in Spontaneously Breathing, Preterms Infants Shortly after Birth. *Acta Paediatr Scand* 1990; 79:391-6.
27. Archer LNJ, Evans DH, Patan JY, Levene MI. Controlled Hypercapnia and Neonatal Cerebral Artery Doppler ultrasound waveforms. *Pediatr Res* 1986;20:218-21.
28. Sonesson SE, Herin P. Intracranial Arterial Blood Flow Velocity and Brain Blood Flow during hypocarbia and hypercarbia in newborn lambs: A validation of Range-Gated Doppler Ultrasound Flow Velocimety. *Pediatr Res* 1988;24:423-6.

29. Van Bel F, Van de Bor M, Baan J, Ruys JH. The Influence of Abnormal Blood Gases on Cerebral Blood Flow Velocity in the Preterm Newborn. *Neuropediatrics* 1988;19:27-32.
30. Ment LR, Ehrenkranz RA, Lange RC. Alterations in Cerebral Blood Flow in Preterm Infants with intraventricular hemorrhage. *Pediatrics* 1981;68:763-5.
31. Greiss FC. A Clinical Concept of uterine Blood Flow during pregnancy. *Obst Gynecol* 1967;40:595-98.
32. Lou HC, Lassen NA, Friis-Hasen B. Impaired autoregulation of cerebral blood flow in the distressed newborn infant. *J Pediatr* 1979;94:118-121.
33. Pryds O., Greisen G, Lou H, Friis-Hansen B. Heterogeneity of Cerebral vasoreactivity in preterm infants supported by mechanical ventilation. *J Pediatr* 1989;115:638-45.
34. Van Bel F, Zeeuwe P, Benders M, Dorrepaal C, Van De Bor M, Nardjowijano R. Changes in Cerebral Hemodynamics and oxygenation during Hypothermic Cardiopulmonary Bypass in Neonates and Infants. *Biol Neonate* 1996;70:141-54.
35. Saliba EM, Laugier J. Doppler Assessment of the Cerebral Circulation in Pediatric Intensive Care. *Progress in Pediatrics. Crit Care* 1992;9:72-92.
36. Hatle L. Introduction to Doppler Echocardiography. *Acta Paediatr Scand* 1996;S329:7-9.
37. Rennie JM. Neonatal Cerebral Ultrasound, Cambridge University Press 1997:71-106.
38. Guyton. Tratado de Fisiología Médica, 7ª Ed. México, Interamericana, 1989. pp 337-9.
39. Lundell BPW, Sonesson SE, Cotton RB. Ductus Closure in Preterm infants. *Acta Paediatr Scand* 1986;(S) 329:14-7.
40. Greisen G and Trajaborg W. Cerebral Blood Flow, PaCO₂ changes and visual evoked potentials in mechanically ventilated preterm infants. *Acta Paediatr Scand* 1987;76:394-400.
41. Pryds O, Edwards AD. Cerebral Blood Flow in the Newborn Infant. *Arch Dis Child* 1996;74:F63-F69.
42. Kirsch JR, Traystmand RJ and Rogers M. Cerebral Blood Flow Measurement Techniques in Infants and Children. *Pediatrics* 1985;75:887-95.
43. Nijima S, Shorthland DB, Levene MI and Evans H. *Arch Dis Child* 1988;63:1126-30.
- Cavazutti M, Duffy TE. Regulation of cerebral blood flow in normal and hypoxic newborn dogs. *Ann Neurol* 1982;11:247.

44. Dawson-Saunders B, Trapp RG. Bioestadística Médica. Ed. El Manual Moderno 1993 pp 23-47, 62-64 y 187-214.
45. Mercado-Arellano JA, Rebolledo-Ramírez J, García HJ, Feria-Kaiser C, Rodríguez-Cueto G, Jasso-Gutierrez L. Cambios en la hemodinamia cerebral y sistémica en recién nacidos bajo sedación y analgesia con fentanilo. *Boletín Med Hosp Infant Mex* 1998;55:138-143.
46. Cabañas F, Pellicer A, García-Alix A, Quero J, Stiris TA. Effect of dexamethasone therapy on cerebral and ocular blood flow velocity in premature infants studied by colour Doppler flow imaging. *Eur J Pediatr* 1997;156:41-6
47. Tyszczuk L, Meek J, Elwell C, Wyatt JS. Cerebral blood flow is independent of mean arterial blood pressure in preterm infants undergoing intensive care. *Pediatrics* 1998;102:337-341.

CUADRO No. 1
CARACTERISTICAS GENERALES DE LA POBLACION ESTUDIADA

SEXO Masculino Femenino	14 (58%) 10 (42%)
EDAD GESTACIONAL (semanas)	33± 6.4 (27-40)
PESO (gramos)	1799± 1065 (720-3410)
EDAD (días)	12± 3 (1-22)

CUADRO No. II

Valores obtenidos de las gasometrías de los pacientes del estudio
n=24

VARIABLE GASOMETRICA	VALOR PROMEDIO Y D.S.	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO
PH	7.31± 0.12	6.98	7.52
PaCO ₂ (mm Hg)	45.95± 18	18.9	86.3
PaCO ₂ (kPa)	6.12± 2.5	2.5	11.5
PaO ₂ (mmHg)	77.16± 41	24	191
HCO ₃ (mEq/l)	21.7± 7.15	9.8	38.1
BE (mEq/l)	- 2.95± 6.4	-14	11.7
SatO ₂ (%)	84.12± 17.3	26.3	99.7

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CUADRO NO. III
VARIABLES EN HEMODINAMIA SISTEMICA Y CEREBRAL

MEDICIONES	MEDIA \pm DS	MINIMO	MAXIMO
Pico sistólico (cm/seg)	39.7 \pm 13.99	17.0	64.0
Telediástole (cm/seg)	9.16 \pm 4.83	2.0	20.0
Indice de Resistencia	75.75 \pm 8.11	63.20	90.60
Temperatura (GC)	36. \pm 0.45	35.8	38.0
T Arterial Sistólica (mm/Hg)	64.79 \pm 14.89	43.0	106.0
T Arterial Diastólica (mm/Hg)	44.50 \pm 12.30	30.0	77.0
T Arterial Media (mm/Hg)	52.54 \pm 14.56	33.0	94.0
Frecuencia Cardiaca (minuto)	140.5 \pm 14.34	110.0	162.0
Presión Venosa Central (cm H ₂ O)	11 \pm 5.72	5	21
Fracción de Eyección	78.07 \pm 10.89	57.0	92.0
Fracción de Acortamiento	42.84 \pm 11.57	28.0	62.0

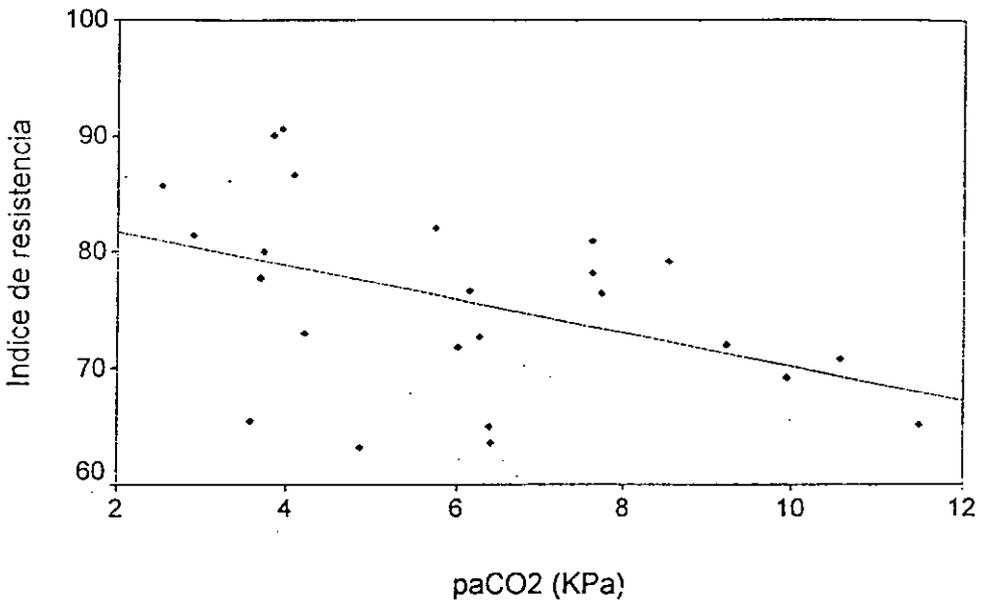
CUADRO IV

CORRELACION ENCONTRADA ENTRE LOS DIVERSOS VALORES DE PaCO₂ Y LOS REGISTROS OBTENIDOS DE LA HEMODINAMIA CEREBRAL

PaCO ₂ (k kPa)	Indice pulsátil	r	p	Pico sistólico	r	p	Telediástole	r	p
< 4.7	81.1 ± 8.25	0.06	ns	45.2 ±14.55	0.77	ns	8.66 ± 1.8	0.35	ns
4.7-6.0	72.3± 9.4	0.70	ns	42.66 ± 9.2	0.76	ns	9.66 ± 4.0	0.78	ns
6.1-6.7	69.7 ± 6.0	0.99	0.01	33.5 ± 13.0	0.23	ns	10 ± 4.0	0.28	ns
>6.7	73.9 ± 5.4	-0.93	0.001	40.33 ±15.0	0.85	ns	12 ± 3.4	0.81	ns

Gráfica 1

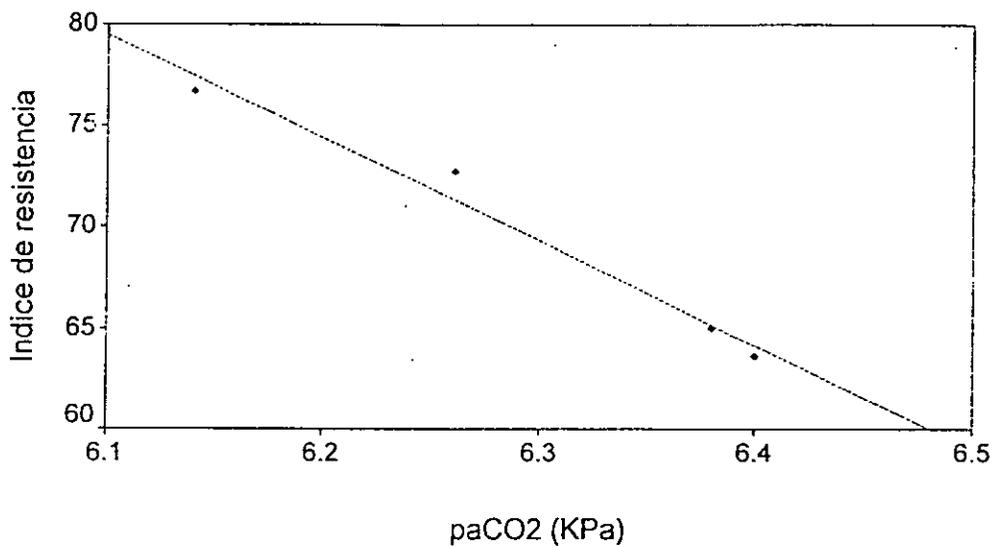
Correlación entre paCO₂ e índice de resistencia



n= 24, $r = -0.44$, $p=0.02$

Gráfica 2

Correlación entre hipercapnia leve e índice de resistencia
(paCO₂ 6.1 - 6.7 KPa)

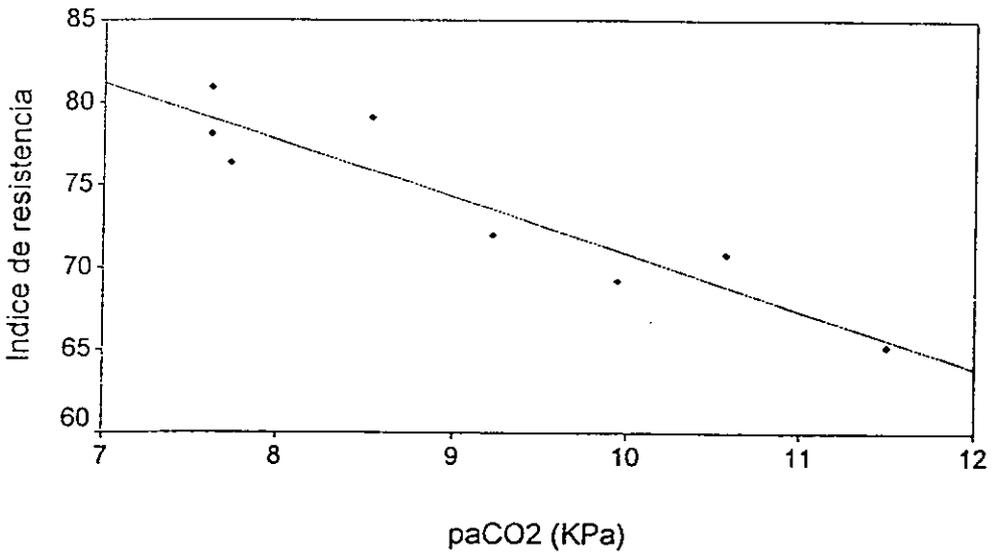


n=4, $r = -0.99$, $p = 0.012$

Gráfica 3

Correlación entre hipercapnia grave e índice de resistencia

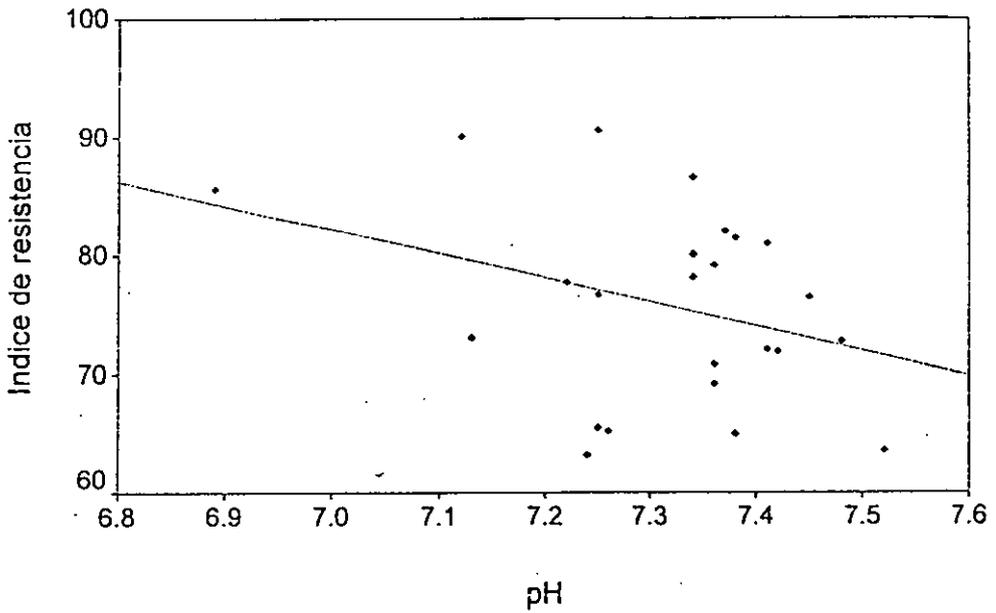
(paCO₂ > 6.7 KPa)



n= 8, r= - 0.93, p= 0.001

Gráfica 4

Correlación entre pH e índice de resistencia



n=24, r = - 0.3, p= 0.10