

11249
43



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SERVICIOS SOCIALES PARA
LOS TRABAJADORES DEL ESTADO

**ASFIXIA PERINATAL: DIAGNÓSTICO GASOMÉTRICO
MEDIANTE SANGRE DE ARTERIA UMBILICAL Y ARTERIA
RADIAL**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA

DRA. MÓNICA VINIEGRA ÁVILA

PARA OBTENER EL DIPLOMA EN LA SUBESPECIALIDAD
DE

NEONATOLOGÍA

ASESOR: DR. ENRIQUE EDUARDO MONTIEL TAMAYO



México, D. F. Octubre del 2002.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



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

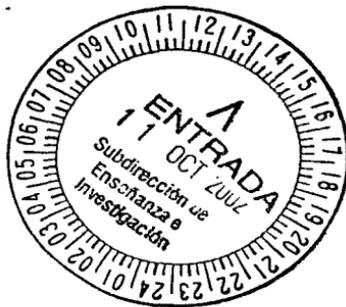
Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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.

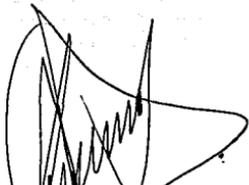
H. S. S. T. E.
HOSPITAL REGIONAL
LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS
★ OCT 10 2002 ★
COORDINACION DE CAPACITACION
DESARROLLO E INVESTIGACION



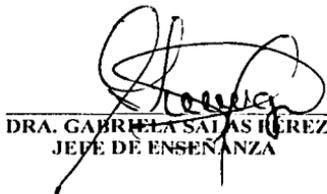
DR. JULIO CÉSAR DÍAZ BECERRA
COORDINADOR DE CAPACITACIÓN, DESARROLLO E INVESTIGACIÓN



ENTRADA
11 OCT 2002
Subdirección de
Enseñanza e
Investigación



DR. LUIS S. ALCAZAR ÁLVAREZ
JEFE DE INVESTIGACIÓN



DRA. GABRIELA SALAS PÉREZ
JEFE DE ENSEÑANZA

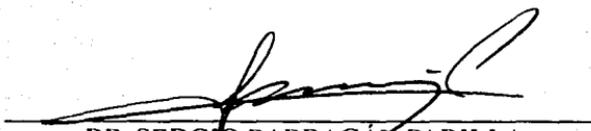
H. S. S. T. E.
HOSPITAL REGIONAL
LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS
OCT. 10 2002
JEFATURA DE
INVESTIGACION



DRA. ALMA OLIVIA AGUILAR LUCIO
PROFESOR TITULAR



DR. ENRIQUE EDUARDO MONTIEL TAMAYO
ASESOR DE TESIS



DR. SERGIO BARRAGÁN PADILLA
VOCAL DE INVESTIGACIÓN

ÍNDICE

RESUMEN	2
SUMMARY	3
INTRODUCCIÓN	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
JUSTIFICACION	16
OBJETIVOS	18
MATERIAL Y METODOS	20
RESULTADOS	22
GRAFICAS	26
DISCUSION	42
COLCLUSIONES	45
BIBLIOGRAFIA	46

RESUMEN

INTRODUCCION. La asfisia perinatal es una causa importante de morbi-mortalidad en las salas de recién nacidos, por lo que es fundamental encontrar un método diagnóstico útil para determinar la asfisia perinatal, para poder brindar el tratamiento oportuno y disminuir la morbi-mortalidad del recién nacido. **OBJETIVO.** Determinar la eficacia de la gasometría de sangre de cordón umbilical como método diagnóstico de asfisia perinatal en recién nacidos que presenten Apgar de 6 o menor al primer minuto de vida. **MATERIAL Y METODOS.** Se realizó un estudio longitudinal prospectivo, descriptivo y transversal en el que se incluyeron los recién nacidos con Apgar de 6 o menor al primer minuto de vida, a los que se tomaron gasometrías de sangre de cordón umbilical y arteria radial, clasificando las alteraciones en sus resultados y correlacionándolos con el Apgar y las complicaciones de asfisia perinatal. **RESULTADOS.** Se observó una incidencia de asfisia perinatal de 54 pacientes por cada 1000 recién nacidos vivos. Se presentaron un total de 1070 nacimientos de los cuales 58 pacientes presentaron Apgar de 6 o menor y de éstos a sólo 34 pacientes se les completó el estudio. Se encontró mayor incidencia de asfisia perinatal en pacientes con antecedente de sufrimiento fetal agudo, siendo obtenidos la mayoría por cesárea. Un mayor número de recién nacidos pesaron entre 3000 g y 4000g y fueron de 39 ó 40 semanas de gestación. La mayoría de los recién nacidos con asfisia perinatal obtuvieron un Apgar de 6 al primer minuto. Se encontró mejoría estadísticamente significativa en los gases sanguíneos de arteria radial al compararlos con los de cordón umbilical posterior a su reanimación. **CONCLUSION.** No hay correlación entre Apgar al primer minuto de vida y complicaciones de asfisia perinatal, así como tampoco se correlacionó el Apgar con la gasometría de cordón umbilical. La alteración gasométrica de sangre de cordón umbilical no se correlacionó con sufrimiento fetal agudo.

SUMMARY

INTRODUCTION. The perinatal asphyxia is an important cause of morbidity and mortality in neonatal departments, therefore it is fundamental to find a useful diagnostic method to determine the perinatal asphyxia to offer the timely treatment and to reduce the complications of the newborn. **OBJECTIVE.** To determine the efficiency of the umbilical cord blood gas as diagnostic perinatal asphyxia method in newborn that present Apgar score of 6 or smaller to the first life minute. **MATERIAL AND METHODS.** It was accomplished a longitudinal, prospective, descriptive and transverse study included the newborn with Apgar score of 6 or smaller first life minute, later taken an umbilical cord blood gas and radial artery gas, classifying the alterations in their results and interrelating them with the Apgar score and the perinatal asphyxia complications.

RESULTS. It was observed an perinatal asphyxia incidence of 54 patient by each 1000 live newborn. They were presented a total of 1070 newborns an only 34 of 58 patient was completed the study. It was found greater perinatal asphyxia incidence in patient with antecedent of acute fetal suffering, being obtained the majority by cesarea. A greater number of newborn weighed between 3000 g and 4000g and they were of 39 or 40 gestation weeks. Most of the newborn with perinatal asphyxia obtained an Apgar score of 6 to the first minute. It was found improvement statistic meaningful in the blood gases of radial artery upon comparing the results of umbilical cord gases after resuscitation.

CONCLUSION. There is no correlation between Apgar and complications of perinatal asphyxia and between Apgar score and umbilical cord gases. The alteration of umbilical cord blood gases was not interrelated with acute fetal suffering

INTRODUCCION

La asfixia perinatal es un trastorno que ha estado presente durante mucho tiempo y que aún preocupa a pacientes y médicos (1), ya que constituye uno de los principales problemas médicos en este periodo y un porcentaje importante de la mortalidad neonatal temprana, se relaciona con ella (4).

La asfixia perinatal ocurre aproximadamente en 20 a 25 niños por cada 1000 nacimientos. En la mayor parte de estos embarazos la asfixia es leve, sin disfunción o daño cerebral, en 3 a 4 RN de 1000 nacidos, la asfixia es moderada o severa con encefalopatía y otras complicaciones a diferentes órganos, y de estos, 1 paciente cursa con daño cerebral importante o muerte (11).

Aunque se ha definido de manera variable en la literatura médica, múltiples fuentes han indicado la necesidad esencial de índices bioquímicos y clínicos (1).

El feto y el recién nacido humanos son particularmente vulnerables a la asfixia durante el trabajo de parto, el parto o inmediatamente después del nacimiento (2).

En el feto y el recién nacido, la asfixia es un proceso progresivo, potencialmente reversible. La velocidad y el grado con los que evoluciona este proceso son altamente variables. La asfixia súbita y severa puede ser letal en menos de 10 minutos; la leve puede empeorar progresivamente en media hora o más.

En etapas tempranas, la asfixia puede invertirse espontáneamente si se suprime su causa, no obstante, una vez que la asfixia evolucionó hasta un estado muy severo, la resolución espontánea es poco probable, a causa de los cambios neurológicos y circulatorios que la acompañan (2).

Se han descrito no menos de 5 mecanismos principales de asfixia en el recién nacido:

- 1.- Interrupción de la circulación umbilical (compresión o accidentes del cordón).
- 2.- Alteración del intercambio de gases en la placenta (desprendimiento prematuro, placenta previa, insuficiencia placentaria).
- 3.- Riego materno inadecuado de la placenta (Hipotensión materna, hipertensión de cualquier causa o contracciones uterinas anormales).
- 4.- Deterioro de la oxigenación materna (enfermedades cardiopulmonares, anemia).
- 5.- Incapacidad del recién nacido para la inflación pulmonar y la transición con éxito de la circulación fetal a la cardiopulmonar neonatal.(1)

Asfixia significa "sin pulso". Desde hace muchos años que este termino se utiliza en forma más amplia sin restringirse exactamente su significado etimológico. La evolución de los conocimientos nos permite comprender en la actualidad que, en el periodo perinatal, no es necesario que haya "hipoxemia" ni "hipercarbia" para que haya existido asfixia. Hoy es más acertado comprender a la asfixia como una alteración (disminución o cese) del flujo sanguíneo y de la entrega de oxígeno a diversos órganos y tejidos, independientemente del nivel o contenido de oxígeno de la sangre (2).

La valoración perinatal del riesgo para asfixia perinatal, comprende el conocimiento de los problemas previos maternos o fetales y el estudio de los cambios placentarios y fetales mediante ecografía, perfiles biofísicos, pruebas no estresantes y medición del estriol urinario entre otros (3).

Existen algunos factores de riesgo del preparto, del parto y del posparto asociados con la presencia de asfixia perinatal, entre los cuales están los siguientes:

-Factores anteparto.- Hipertensión materna, anemia, infección, ingesta de drogas, hemorragia, oligo o polihidroamnios, gestación múltiple, postparto, actividad fetal disminuida.

- Factores intraparto.- Presentación anormal, alteraciones placentarias (abrupto placentae, desprendimiento, placenta previa), alteraciones del cordón umbilical (compresión, circular de cordón), meconio, alteraciones de la FCF, RPM mayor de 24hrs, pretermino, medicamentos anestésicos.

- Factores posparto.- Depresión por drogas, anomalías del SNC, obstrucción de la vía aérea, inmadurez, alteraciones pulmonares (neumonía, EMH, hernia diafragmática, etc), anomalías abdominales o cardíacas (2).

Uno de los aspectos históricos más inquietantes ha sido la tendencia a utilizar una sola variable u observación como diagnóstico de asfixia al nacer, como en el caso de la calificación de Apgar. Una calificación de 0 a 3 al minuto se consideraba como "asfixia grave al nacer" y 4 a 7 como "asfixia leve o moderada al nacer"(1)

La puntuación Apgar, que se asigna al primer minuto y a los cinco minutos de edad, se ha utilizado durante mucho tiempo para definir asfixia perinatal, como referencia para otras pruebas diagnosticas, e intentar el pronóstico neonatal y el resultado final. No obstante, se ha establecido bien que las puntuaciones Apgar bajas no son sinónimo de hipoxia, acidosis o asfixia. La puntuación de Apgar tiene como fin facilitar la valoración clínica del recién nacido y guiar medidas de reanimación, que ayudan a lograr la transición del ambiente fetal al neonatal.

La edad de la gestación, medicamentos maternos, infecciones, trastornos congénitos que afectan al sistema neuromuscular y el estado cardiopulmonar neonatal al nacer son algunos de los factores que pueden interferir en la puntuación.(1)

Cuando se interpretan los resultados de Apgar también hay que considerar una valoración inadecuada y falta de congruencia en las puntuaciones entre quienes observan a los niños.

Asimismo, hay que recordar que se ha publicado que algunos clínicos sobreestiman el valor pronóstico de la puntuación del Apgar a los 5 minuto(1). Además debe tomarse en cuenta que el valor de Apgar es variable según la edad gestacional. En los recién nacidos de término el valor inferior de 7 es anormal, pero en los prematuros hay características del Apgar como la hipotonía muscular, la menor respuesta refleja y el color cianótico de las extremidades, que puede ser fisiológico, por lo tanto en estos niños, un puntaje menor de 4 al minuto, es un indicador de peor pronóstico (4). Por todas estas razones, se han establecido lineamientos para que los clínicos eviten el uso inadecuado de las puntuaciones Apgar como único medio para el diagnóstico de asfixia perinatal (1).

El valor diagnóstico de las puntuaciones para identificar pacientes con asfixia real, comparado con índices bioquímicos, como el ph arterial de cordón umbilical o un déficit de bases, es nulo, ya que se ha resaltado la sensibilidad y el valor de predicción positivo, malos, para la puntuación de Apgar al minuto, para acidosis.

Las puntuaciones bajas de Apgar indican un estado anormal del recién nacido al nacer que justifica una intervención, pero no implican una causa específica.(1)

Aunque existen varios índices de laboratorio para las múltiples consecuencias específicas de tejido y sistémicas de la asfixia, la mayor parte no están al alcance de todas las unidades hospitalarias. Las pruebas como la valoración de microglobulina beta-2 son muy sensibles, aunque no específicas, en el deterioro tubular relacionado con la asfixia. También se ha demostrado que la actividad de la creatinfosfocinasa medida en la sangre venosa umbilical o neonatal es un indicador de asfixia perinatal. Otros índices bioquímicos que se han estudiado incluyen ácido láctico, hipoxantina, lactato y piruvato en sangre y líquido cefalorraquídeo(1).

Las revisiones de la literatura y la práctica clínica destacan que no hay unanimidad en la definición de la asfixia pero cualquiera que sea la prueba o valoración de laboratorio de asfixia que se estime, debe compararse contra un estandar aceptable: uno que sea definible bioquímicamente e importante desde el punto de vista clínico (1).

Acidemia

La asfixia se ha definido como el trastorno que "ocurre cuando falla el órgano de intercambio de gases". Su indicador bioquímico es una acidemia intensa caracterizada por ser tanto metabólica, con hipoxemia y déficit de bases, como respiratoria (hipercarbia).

Si ocurre una hipoxemia importante, el feto utilizará su glucólisis anaerobia para satisfacer sus necesidades de energía. La formación subsecuente de ácidos no volátiles, como el láctico, originará una disminución del ph sanguíneo fetal. En general esa acidemia puede clasificarse como metabólica, respiratoria o mixta.(1).

En la acidemia respiratoria, PCO_2 es alta y HCO_3 normal. En la acidemia metabólica, PCO_2 es normal y HCO_3 bajo. En la acidemia mixta, PCO_2 es alta y HCO_3 bajo. Desde el punto de vista práctico, la mayoría de los lactantes con acidemia grave y $ph < 7.00$ tiene un patrón mixto (1).

Si bien la acidosis es un resultado de la asfixia, hay una escasa correlación entre el valor del ph, el puntaje de Apgar, así como la evolución neurológica del recién nacido (4) (10).

Existe una asociación entre una acidemia severa y complicaciones en varios órganos. Esta asociación con recién nacidos con complicaciones ocurre con acidosis metabólica severa y no con acidosis respiratoria (5) (6) (11).

Exceso de bases

Un sistema de amortiguadores en sangre y otros tejidos, permite que el cuerpo conserve el ph a un valor constante, a pesar de la producción continua de ácido por el metabolismo celular. Los 2 amortiguadores más importantes son el bicarbonato y la hemoglobina en

plasma y corresponden al 70% del total de amortiguadores sanguíneos. El exceso de bases no se mide de manera directa pero puede calcularse a partir del pH , HCO_3 y CO_2 .

El exceso de bases umbilical normal es negativo de 6.4meq/L con -10 o -12meq/L como límites estadísticos altos de lo normal. Niswander, sugiere que se requiere un exceso de bases >de -20meq/L para que haya daño neurológico relacionado con acidosis metabólica (1). Sin embargo otros autores sugieren que la evidencia de acidosis metabólica significativa, en arteria umbilical por déficit de base >12mmol/L confirma que ha existido exposición a asfixia (5).

Ph

La característica bioquímica de la asfixia es una acidemia profunda (pH arterial <7.00), metabólica o mixta. El pH normal en la arteria umbilical ha sido de 7.25 a 7.35 y <7.20 como acidosis. Sin embargo, estudios recientes sugieren un límite normal diferente ya que ha medida que progresa el trabajo de parto, hay una disminución natural del pH .

A pesar de que en la definición tradicional de acidemia de arteria umbilical se consideró un pH <7.20, hoy en día, se reconoce que este valor es arbitrariamente alto y que un pH más apropiado puede ser tan bajo como 7.10. y un pH <7.00 representa acidosis clínicamente importante (1).

El pH se considera el parámetro más fidedigno de la oxigenación fetal, más que la PO_2 ya que si se produce isquemia-hipoxia de manera intermitente, la PO_2 puede mejorar transitoriamente, mientras que el pH cae de modo progresivo, un pH <7.00 constituye un indicador de que se ha producido una asfixia intrauterina importante y prolongada (Aunque

debe recordarse que las cifras del ph del cuero cabelludo y cordón umbilical pueden afectarse por la situación ácido-base de la madre (3).

Disfunción de múltiples órganos

Durante un periodo de hipoxia puede haber afección de múltiples sistemas la cual resulta de la redistribución del gasto cardiaco fetal que disminuye en estructuras básicas (lecho de piel y músculo esquelético) y vísceras no vitales (riñones, aparato digestivo, hígado e incluso pulmones) hacia corazón, cerebro y suprarrenales. Además este evento se acompaña de aumento súbito de catecolaminas, un incremento en la extracción de oxígeno, alteración de la utilización de sustrato y cambios en el estado conductual y de la actividad motora.

La evolución clínica y el grado de afección de múltiples sistemas en estos lactantes puede variar según el inicio y la duración del daño por asfixia (1).

En un estudio de recién nacidos asfixiados (13), el 34% no presentaron signos de lesiones de órganos, el 23% tenían anomalías limitadas a un órgano, en el 34% había 2 órganos afectados y en el 9% eran 3 los órganos con lesiones debidas a la asfixia. Las anomalías más frecuentes afectaban al riñón (50%), seguidas por el SNC (28%), el sistema cardiovascular (25%) y el sistema pulmonar (23%) (3).

Los pulmones (incluso la vasculatura pulmonar), los riñones y el miocardio son vulnerables a la agresión por asfixia. Entre los datos que pueden encontrarse en pacientes asfixiados, se encuentran los siguientes:

Sistema nervioso central.- Encefalopatía hipoxicoisquémica, edema cerebral, convulsiones, secuelas neurológicas a largo plazo.

Pulmonares.- Hipertensión pulmonar, alteración del surfactante, aspiración de meconio.

Renales.- Oliguria, insuficiencia renal aguda.

Cardiovasculares.- Insuficiencia tricuspídea, necrosis miocárdica, miocardiopatía hipoxicoisquémica, choque e hipotensión.

Metabólicos.- Acidosis metabólica, hipoglucemia, hipocalcemia, hiponatremia.

Gastrointestinales.- Enterocolitis necrosante, disfunción hepática.

Hematológicos.- Trombocitopenia, coagulopatía intravascular diseminada.

Muerte (1).

El miocardio fetal y neonatal es un tejido elástico que puede sufrir agresiones hipoxémicas con buena recuperación. Sin embargo, los músculos papilares son más sensibles a los efectos de la hipoxia y pueden mostrar signos tempranos de infarto. En la acidosis y depresión del miocardio no corregidas, disminuye el gasto cardíaco y se deteriora el riego a prácticamente todos los órganos. Se ha observado que el sistema nervioso central es el único sistema que presenta secuelas residuales en la vigilancia a largo plazo. Los otros sistemas que se afectan en el periodo neonatal se normalizan, entre ellos el pulmonar, renal, cardíaco, metabólico y hematológico (1).

Por lo anteriormente comentado, se han definido en fecha reciente, ciertos criterios que deben existir cuando ocurre asfisia perinatal, que tiene la posibilidad de causar déficit neurológicos y son los siguientes:

- Acidemia metabólica o mixta profunda en arteria umbilical (ph <7.00).
- Persistencia de una puntuación de Apgar de 0 a 3 por más de 5 minutos.
- Secuelas neurológicas neonatales (convulsiones, coma, hipotonía o encefalopatía hipoxicoisquémica).
- Prueba de disfunción de múltiples sistemas en el periodo neonatal inmediato (1).

En tiempo pasado se utilizaron otras mediciones para diagnóstico de asfixia perinatal, como el ph del cuero cabelludo el cual calcula el bienestar fetal durante el trabajo de parto, sin embargo, actualmente no se utiliza por lo invasivo del procedimiento y el riesgo de infección del líquido amniótico y es por esto que a partir de la década pasada, el análisis de gases de cordón umbilical, fue reconocido como el más confiable indicador de la oxigenación fetal y la condición ácido-base al nacimiento (7,8,9).

Técnica para tomar muestra de sangre de cordón umbilical

Inmediatamente después de entregado el paciente, un segmento de cordón umbilical es doblemente engrapado y debido a esto, hay un decremento del ph e incremento de PO₂ y déficit de base. Se preparan jeringas impregnadas con heparina desecada, calculando una cantidad adecuada de heparina ya que si se agrega mucha heparina a la jeringa, puede reportarse una acidosis metabólica. La técnica de la toma de sangre de cordón umbilical, puede ser aprendida fácilmente con una práctica mínima.

Es más fácil tomar sangre de la arteria umbilical ya que la vena umbilical distendida, provee soporte para la arteria. Posteriormente se colocan las jeringas con la muestra en hielo en donde permanecen y se analizan de una manera rápida y esto minimiza los

cambios del metabolismo, varios estudios han demostrado, que en promedio, las muestras permanecen relativamente estables a una temperatura bajo cero, una hora en jeringas o incluso el cordón umbilical engrapado. Después de este tiempo puede afectarse el ph debido a que sigue el metabolismo de las células endoteliales de la sangre.

Dentro de los factores que pueden afectar los valores de gases de sangre de cordón umbilical son los siguientes: Paridad, tabaquismo, altitud, presentación de nalgas, anomalías del cordón umbilical, duración del trabajo de parto, administración de O₂, anomalías en la frecuencia cardíaca, anestesia regional o general, corioamniotitis, prematuridad y uso de oxitocina.

La sangre de cordón umbilical refleja con mayor precisión el estado fetal porque la sangre de arteria umbilical proviene directamente del feto, en contraste, la sangre de vena umbilical retorna de la placenta y mide de una mejor manera el estado {ácido-base de la madre y la función placentaria y en adición, el estado ácido-base del feto. (7). Aunque algunos autores refieren que los gases de arteria y vena umbilicales, son similares en exceso de bases ya que se transfiere bicarbonato desde la placenta (11).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Determinar si la gasometría de sangre de cordón umbilical es un método útil y práctico para diagnosticar la asfixia perinatal, en recién nacidos que presentan Apgar de 6 o menor, al primer minuto de vida, en pacientes obtenidos en el servicio de tococirugía del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" del ISSSTE, en el periodo comprendido entre Abril y Septiembre del 2002 y comparar el resultado con una gasometría de arteria radial, tomada antes de la hora de vida, para determinar si existe modificación de los gases sanguíneos después de recibir reanimación neonatal.

JUSTIFICACIÓN

La asfixia perinatal continúa siendo un problema en todas las salas de atención del recién nacido por lo que es de gran ayuda encontrar un método diagnóstico útil para determinar adecuadamente la asfixia perinatal, y de esta manera, poder brindar el tratamiento oportuno, y a su vez evitar o disminuir la morbimortalidad del recién nacido.

Durante mucho tiempo la calificación de Apgar se ha tomado como un parámetro clínico muy importante para determinar asfixia perinatal, sin embargo este es un método diagnóstico subjetivo ya que depende de varios factores, principalmente de la experiencia de la persona que lo está evaluando, y es por esto que puede haber gran diferencia de la valoración del Apgar entre varias personas, esto conlleva a que existan errores en su calificación, y por lo tanto integrar diagnóstico erróneo de asfixia perinatal en niños presumiblemente sanos, mal calificados, que hayan cursado con asfixia perinatal no determinada por la calificación de Apgar. Por estas razones es importante contar con un método diagnóstico más preciso para corroborar el diagnóstico clínico de asfixia perinatal, como lo es la gasometría de sangre de cordón umbilical ya que esta nos sirve para valorar el estado ácido-base del recién nacido al momento del nacimiento, y saber si cursó con asfixia perinatal o no.

La mayoría de los pacientes que tienen Apgar de 6 o menor, requieren algunas maniobras de reanimación neonatal, y la gasometría de arteria radial, tomada antes de la hora de vida puede mostrar si hubo modificación de los gases sanguíneos, comparando los resultados de gasometrías de sangre de cordón umbilical y arteria radial.

Este tipo de métodos diagnósticos (gasometrías) pueden ser utilizados de manera rutinaria en pacientes con diagnóstico clínico de asfixia perinatal ya que son fáciles de realizar y son estudios de laboratorio no especializados que son procesados en cualquier laboratorio y a cualquier hora del día. Además no representan un gasto importante para el hospital y por el contrario al realizarse un diagnóstico oportuno de asfixia perinatal, mediante las gasometrías, e iniciar el tratamiento oportuno, se reducen tanto las complicaciones neonatales como los días estancia y el costo por paciente para el hospital.

OBJETIVOS

- 1.- Determinar la incidencia de la asfixia perinatal en recién nacidos con Apgar de 6 o menor , durante el primer minuto de vida, obtenidos en el servicio de tococirugía del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" del ISSSTE, en el periodo comprendido entre Abril y Septiembre del 2002.

- 2.- Determinar la eficacia de la gasometría de sangre de cordón umbilical como método diagnóstico de asfixia perinatal en recién nacidos que presenten Apgar de 6 o menor, durante el primer minuto de vida.

- 3.- Determinar la presencia de modificación de los gases sanguíneos en pacientes asfixiados que reciben reanimación neonatal, mediante una gasometría de arteria radial, tomada antes de la hora de vida.

- 4.- Correlacionar resultados de las gasometrías umbilical y radial.

- 5.- Correlacionar resultados de gasometrías de sangre de cordón umbilical y arteria radial, con las manifestaciones clínicas de pacientes en los cuales se sospeche asfixia perinatal.

- 6.- Correlacionar resultados de gasometrías de sangre de cordón umbilical y arteria radial, con la terapéutica empleada.

7.- Correlacionar resultados de gasometrías de sangre de cordón umbilical y arteria radial con los antecedentes perinatales.

MATERIAL Y METODOS

Se realiza un estudio de tipo longitudinal, prospectivo, descriptivo y transversal, en el servicio de tococirugía, del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" del ISSSTE, en el periodo comprendido entre Abril y Septiembre del 2002.

Se incluyeron en el estudio todos aquellos recién nacidos calificados con Apgar de 6 o menor al primer minuto de vida, a los que se tomaron gasometrías de sangre de cordón umbilical y arteria radial, y se excluyeron del estudio a aquellos recién nacidos a los que no se les completó el estudio (a los que no se tomó alguna de las 2 gasometrías, o ninguna).

Se realizó el análisis de la historia materna para detectar a los recién nacidos con factores de riesgo fetal-obstétrico para asfixia perinatal, y se investigó en cada paciente los siguientes antecedentes perinatales: edad materna, hipertensión arterial crónica, diabetes mellitus, enfermedades cardíacas, anemia, muerte fetal o neonatal previa, embarazos múltiples, preeclampsia, diabetes gestacional, presentación anormal, ruptura prematura de membranas, alteraciones placentarias, desproporción cefalopélvica, amenaza de parto pretérmino, corioamnionitis, embarazo posmaduro, hemorragia ante o intraparto.

Además , se anotaron los datos concernientes al recién nacido como nombre, número de expediente, fecha y hora de nacimiento, tipo de parto, peso, sexo, Apgar, Capurro y maniobras de reanimación neonatal.

A todo paciente que reunió los criterios de inclusión, el médico asignado al servicio, tomó una muestra de 0.5ml de sangre de arteria umbilical, en una jeringa de insulina previamente impregnada con 0.2ml de heparina, la toma de la muestra se realizó aproximadamente de los 15 a 20 minutos de nacido el paciente y posteriormente se membretó y registró la muestra y se procesó en un gasómetro marca Compact-3.

Posteriormente, y antes de la hora de vida del paciente, el médico asignado al servicio tomó una muestra de 0.5ml de sangre de arteria radial en una jeringa de insulina previamente impregnada con 0.2ml de heparina, se membretó y registró la muestra y se procesó aproximadamente en los 15-30 minutos después de tomada la muestra en un gasómetro marca Compact-3.

Una vez ingresados los pacientes a terapia intermedia o unidad de cuidados intensivos neonatales, se valora la evolución clínica para determinar la presencia de datos clínicos indicativos de complicaciones de asfixia perinatal, como son: datos de encefalopatía hipoxicoisquémica, pulmón asfíctico, miocardiopatía hipoxicoisquémica, enterocolitis necrozante, insuficiencia renal aguda u otros datos relacionados.

Y en cuanto a la terapéutica empleada, esta se determinó, de acuerdo con la evolución clínica del paciente. Todos los datos y resultados de gasometrías de cada paciente se anotaron en una hoja de recolección que se anexa al estudio.

RESULTADOS

En el servicio de tococirugía del Hospital Regional "Lic. Adolfo López Mateos" del ISSSTE, en el periodo comprendido entre Abril y Septiembre del 2002, hubo un total de 1,070 nacimientos, de los cuales, cincuenta y ocho pacientes (5.4%) presentaron Apgar de 6 o menor, y de estos, a solo 34 pacientes (58.6%), se les completó el estudio.

La incidencia de asfixia perinatal fue de aproximadamente 54 pacientes por cada 1000 recién nacidos vivos. (gráfica 1)

La muestra analizada no corresponde en ninguno de los casos a embarazo de alto riesgo (edad materna avanzada o muy corta, hipertensión arterial crónica, diabetes mellitus, anemia, enfermedades cardiacas, desproporción cefalopélvica, corioamnioítis, embarazo posmaduro y hemorragia ante o intraparto). (gráfica 2)

Se encontró mayor incidencia de asfixia (22 pacientes equivalente 64.6%) con antecedente de sufrimiento fetal agudo (líquido amniótico meconial, sufrimiento fetal agudo y circular de cordón a cuello), con amenaza de parto pretérmino, 7 pacientes (20.6%), preeclampsia, 7 pacientes (20.6%), además de otros antecedentes perinatales que se encontraron con menor frecuencia. (gráfica 2)

De los 34 pacientes, veintisiete (79.4%), fueron obtenidos por cesárea y siete (20.6%) por vía vaginal. (gráfica 3)

De los treinta y cuatro pacientes, diecisiete fueron femeninos (50%) y diecisiete masculinos (50%).

Se agrupó a los pacientes en 5 grupos de acuerdo a su peso al nacimiento, encontrándose, en el primer grupo de recién nacidos menores de 1kg, dos pacientes (5.9%), segundo grupo con peso entre 1 y 2kg seis pacientes (17.7%), tercer grupo con peso entre 2 y 3kg once pacientes (32.3%), cuarto grupo con peso entre 3 y 4kg quince pacientes (44.4%) y quinto grupo con peso mayor a 4kg sin pacientes (0.0%). La media fue de 2.7kg, con una desviación estandar de 0.855 kg.

Se encontró que el Apgar al primer minuto de vida fue de 3, en dos pacientes (5.9%), de 4 en cuatro pacientes (11.8%), de 5 en cinco pacientes (14.7%) y de 6 en veintitrés pacientes (67.6%). La media fue de 5.4 puntos.

El Apgar a los 5 minutos de vida fue de 6 en tres pacientes (8.8%), de 7 en tres pacientes (8.8%), de 8 en veintitrés pacientes (67.6%) y de 9 en cinco pacientes (14.7%). La media fue de 7.8 puntos. (gráfica 4)

Se dividió a los pacientes de acuerdo a su edad gestacional, observándose recién nacidos con edad gestacional entre 27 y 28SDG, un paciente (2.9%), entre 29-30SDG un paciente (2.9%), entre 31-32SDG dos pacientes (5.9%), entre 33-34SDG cuatro pacientes (11.8%), entre 35-36SDG cuatro pacientes (11.8%), entre 37-38SDG siete pacientes (20.6%), entre 39-40SDG trece pacientes (38.2%) y entre 41-42 SDG dos pacientes (5.9%). La media fue de 36.6SDG, con una desviación estandar de 3.48 SDG.

Las gasometrías de cordón umbilical, se reportaron como normales en cinco pacientes (14.7%), con acidosis respiratoria en trece pacientes (38.2%), con acidosis metabólica en diez pacientes (29.4%) y con acidosis mixta en seis pacientes (17.6%).

El ph de sangre umbilical fue de 7.1 o menor en once pacientes (32.3%) y por arriba de 7.1 en veintitrés pacientes (67.6%). El exceso de base de sangre umbilical fue de $>12\text{mmol/L}$ o mayor en nueve pacientes (26.4%) y menor en veinticinco pacientes (73.5%).

Hubo modificación importante, hacia mejoría de los gases sanguíneos, al comparar los resultados de sangre de cordón umbilical con gasometría de arteria radial después de la reanimación neonatal. El valor de P fue de 0.000169 (estadísticamente significativa). (gráficas 6,7,8,9,10,11)

De los pacientes con ph de sangre umbilical anormal, cuatro pacientes (36.3%) presentaron complicaciones de asfixia perinatal: oliguria un paciente (2.9%), miocardiopatía hipoxicoisquémica un paciente (2.9%), encefalopatía hipoxicoisquémica un paciente (2.9%) y enterocolitis necrozante un paciente (2.9%) (gráfica 12)

De los veintitrés pacientes con ph umbilical normal, tres pacientes (13%) presentaron complicaciones de asfixia perinatal: oliguria dos pacientes (5.9%) y miocardiopatía hipoxicoisquémica un paciente (2.9%). (gráfica 12)

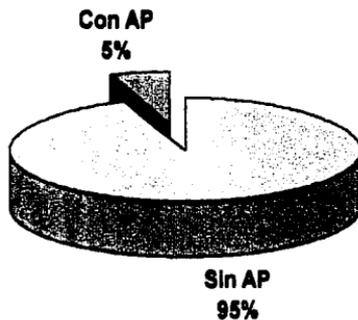
De los nueve pacientes con déficit de base de -12mmol/L o mayor, cuatro pacientes (44.4%) presentaron miocardiopatía hipoxicoisquémica. (gráfica 13)

De los treinta y cuatro pacientes estudiados, siete (20.6%) cursaron con complicaciones de asfixia perinatal. (gráfica 14)

No hay correlación entre Apgar al primer minuto de vida y complicaciones de asfixia perinatal, (gráfica 15), así como una correlación nula entre ph y exceso de base de sangre umbilical y complicaciones de asfixia perinatal. (gráficas 16 y 17)

GRAFICA 1

**INCIDENCIA DE ASFIXIA PERINATAL (AP)
H.R. LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS
ABRIL A SEPTIEMBRE DE 2002**



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

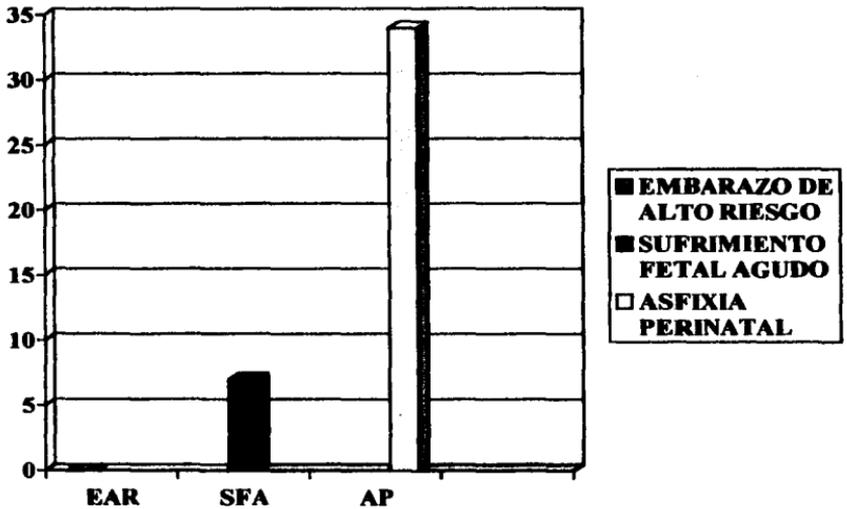
25-A

GRAFICAS

GRAFICA 2

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
DE CORDÓN UMBILICAL Y ARTERIA RADIAL

Embarazo de alto riesgo y sufrimiento fetal agudo en asfixia perinatal

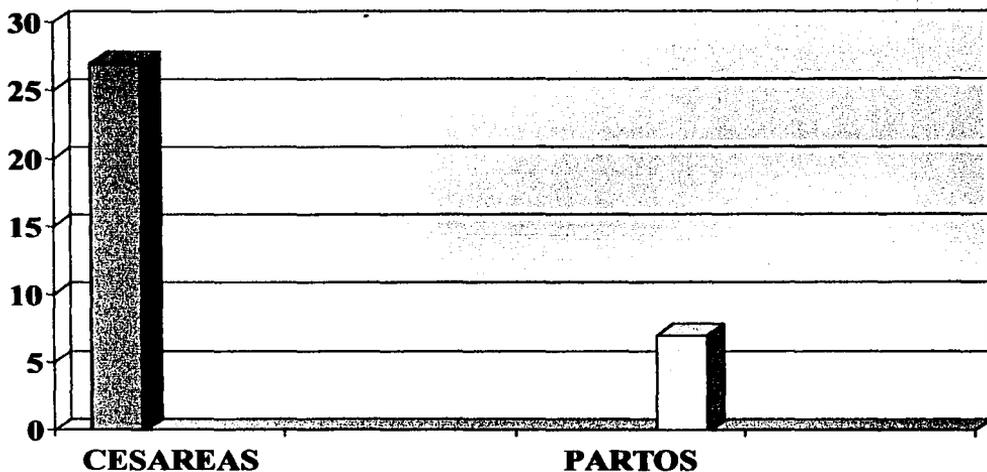


TESIS CON
FUENTE DE ORIGEN

GRAFICA 3

**HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIÉN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL**

Vía de nacimiento

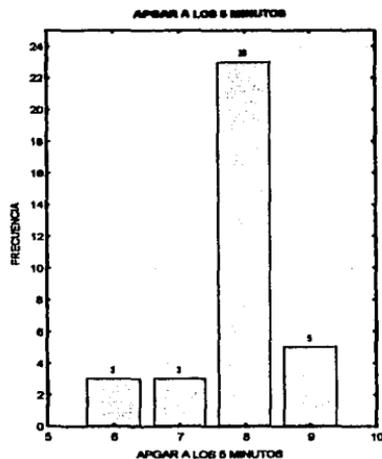
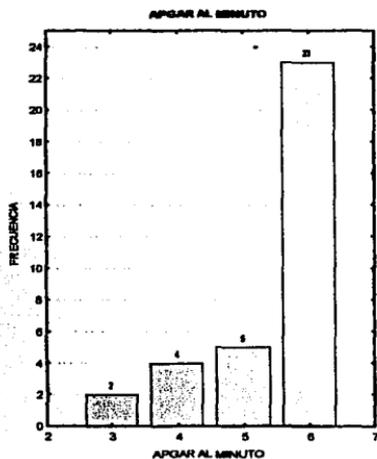


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 4

**HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL**

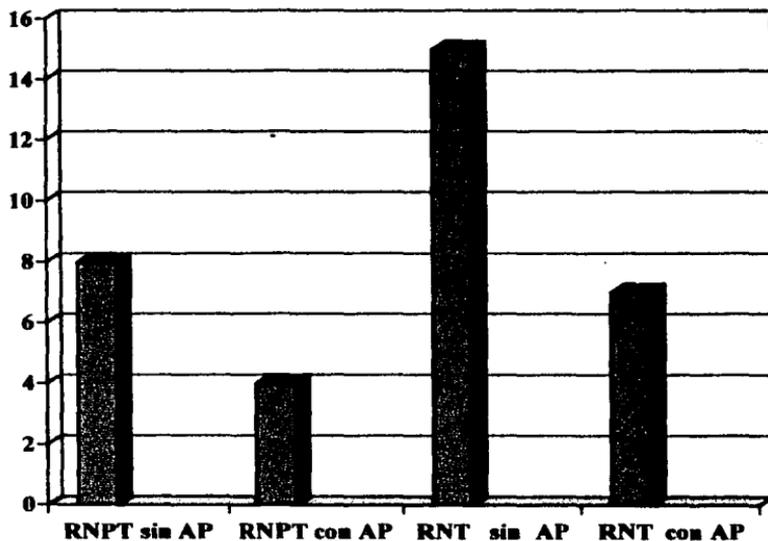
Comparación entre el Apgar al minuto y a los 5 minutos



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

GRAFICA 5

**HOSPITAL REGIONAL LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS
SERVICIO DE RECIÉN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL
Rn pretérmino asfixia/ Rn término asfixia**



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

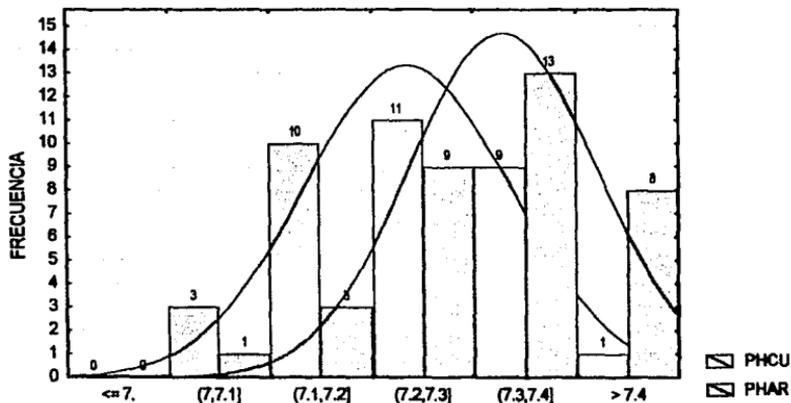
GRAFICA 6

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS"
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL
Correlación entre pH umbilical y de arteria radial

PH UMBILICA VS ARTERIA RADIAL

PHCU $y = 34 \cdot 0.1 \cdot \text{normal} (x, 7.234705, 0.1016)$

PHAR $y = 34 \cdot 0.1 \cdot \text{normal} (x, 7.32853, 0.082183)$



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 7

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE

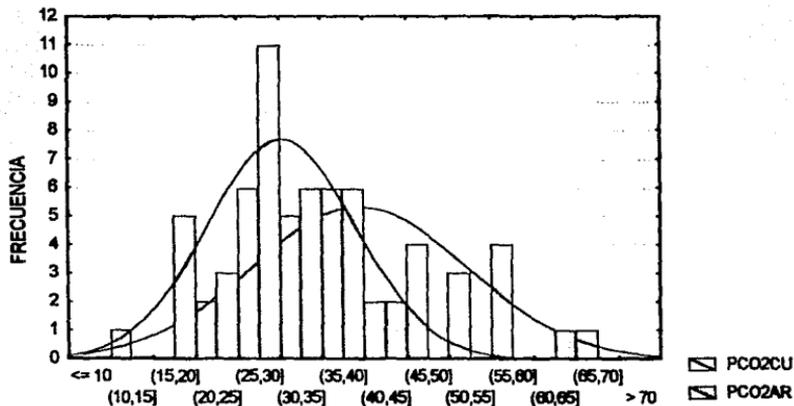
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL

Correlación entre PCO₂ umbilical y de arteria radial

PCO₂ UMBILICAL VS ARTERIA RADIAL

PCO₂CU $y = 34 \cdot 5 \cdot \text{normal} (x, 39.43235, 12.686)$

PCO₂AR $y = 34 \cdot 5 \cdot \text{normal} (x, 30.21764, 8.801703)$



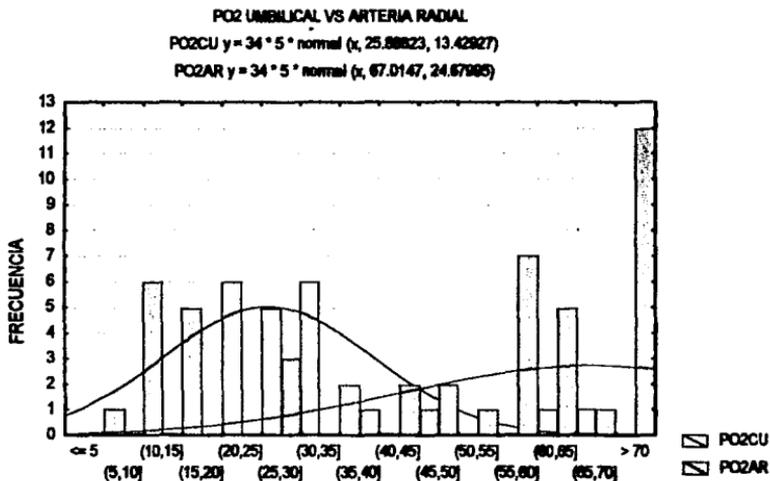
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 8

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE

SERVICIO DE RECIEN NACIDOS ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL

Correlación entre PO₂ umbilical y de arteria radial



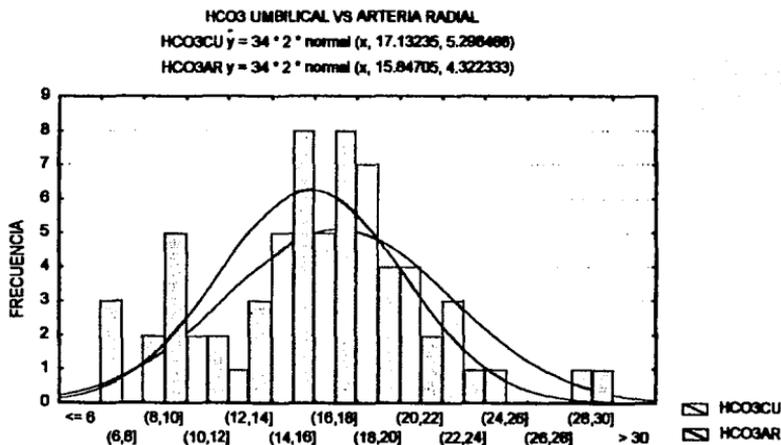
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 9

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE

SERVICIO DE RECIEN NACIDOS ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL

Correlación entre bicarbonato umbilical y arteria radial



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 10

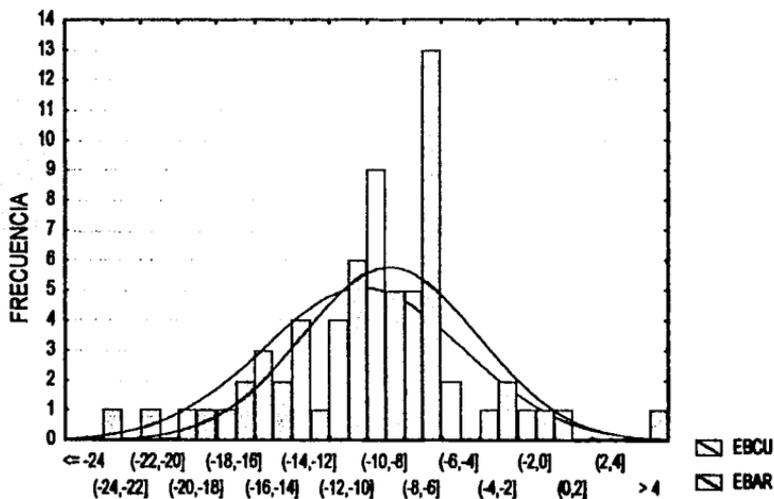
**HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL**

Correlación entre EB umbilical y de arteria radial

EXCESO DE BASE UMBILICAL VS ARTERIA RADIAL

EBCU $y = 34 \cdot 2 \cdot \text{normal} (x, -10.19117, 5.317516)$

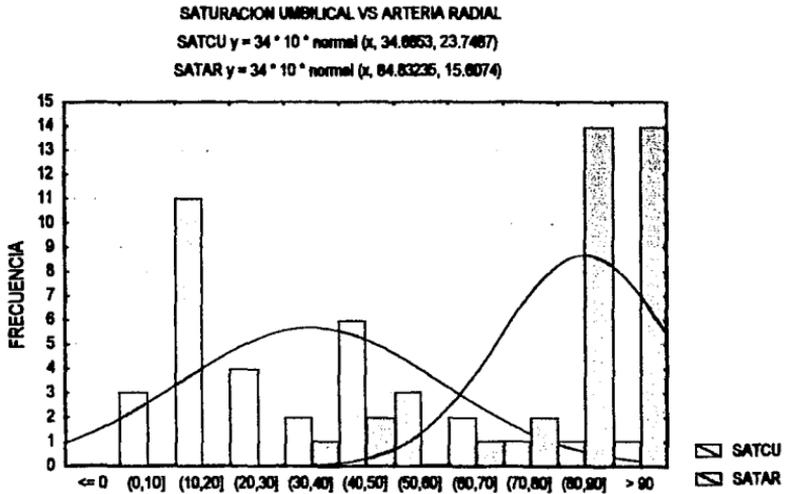
EBAR $y = 34 \cdot 2 \cdot \text{normal} (x, -8.761764, 4.68919)$



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

GRAFICA 11

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE SERVICIO DE RECIEN NACIDOS ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL Correlación entre saturación umbilical y de arteria radial

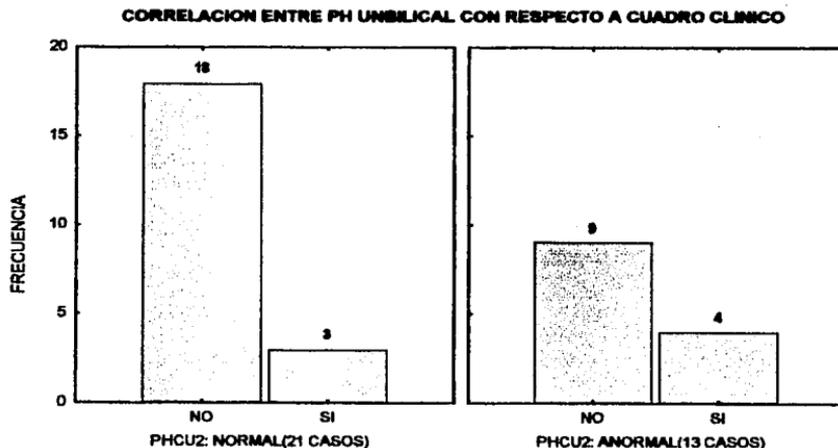


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 12

**HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL**

Correlación entre pH umbilical y complicaciones de asfixia perinatal

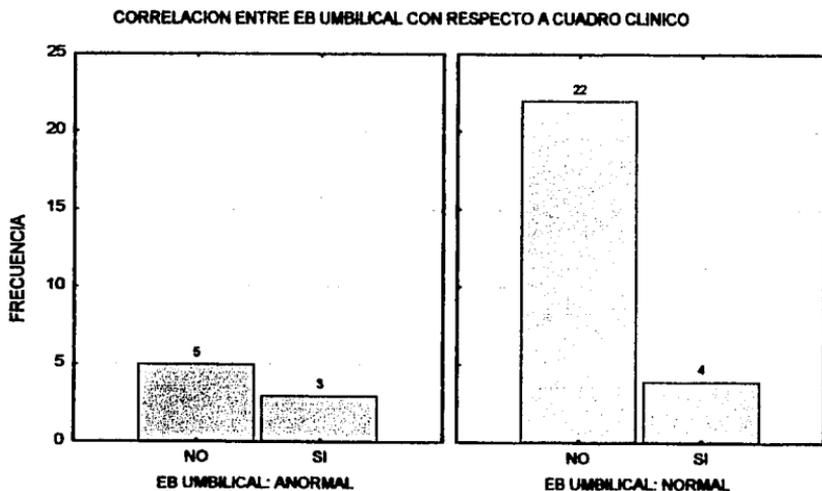


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 13

**HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL**

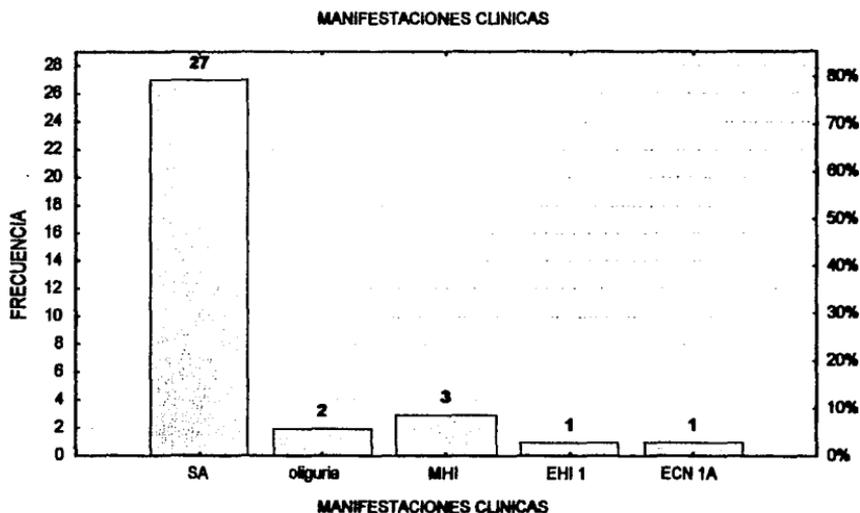
Correlación entre EB umbilical y complicaciones de asfixia perinatal



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 14

**HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL
Complicaciones clinicas de la asfixia perinatal**

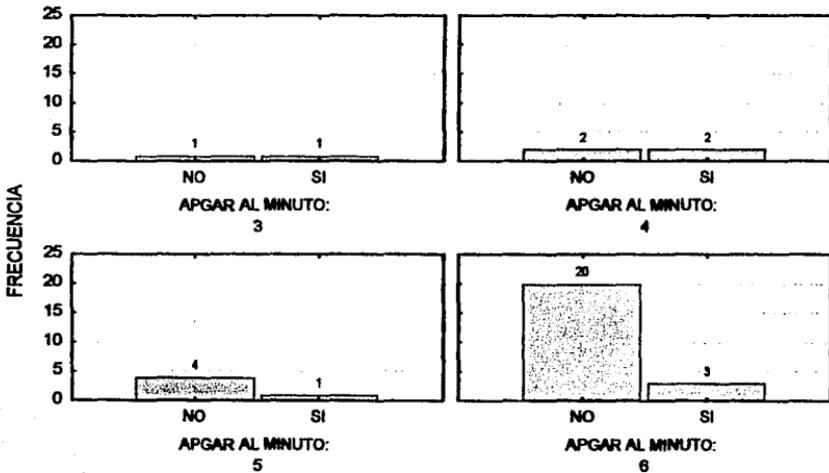


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 15

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL
Correlación entre Apgar al minuto y complicaciones de asfixia perinatal

CORRELACION ENTRE APGAR AL MINUTO Y CUADRO CLINICO



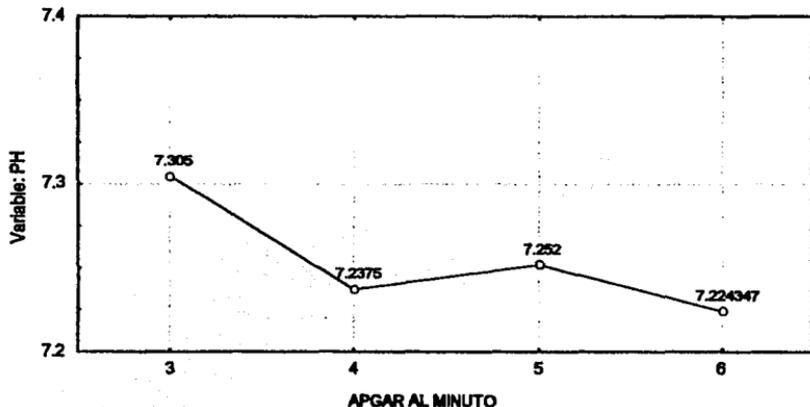
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

GRAFICA 16

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL
Correlación entre pH de sangre umbilical y Apgar al minuto

COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE PH UMBILICAL
ACON RESPECTO AL APGAR AL MINUTO
 $F(3,30)=.42; p<.7367$ (N.D.E.S.)

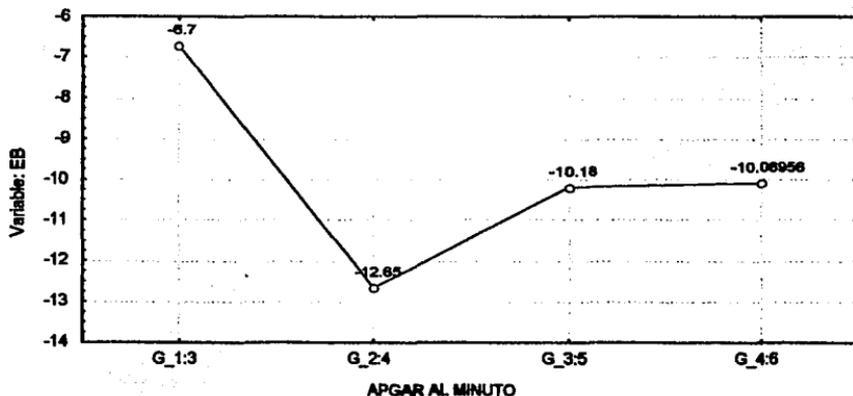


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GRAFICA 17

HOSPITAL REGIONAL "LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS" ISSSTE
SERVICIO DE RECIEN NACIDOS
ASFIXIA PERINATAL: DIAGNOSTICO GASOMETRICO MEDIANTE SANGRE
UMBILICAL Y DE ARTERIA RADIAL
Correlación entre EB umbilical y Apgar al minuto

COMPORTAMIENTO PROMEDIO DE EB UMBILICAL
CON RESPECTO AL APGAR AL MINUTO
 $F(3,30)=.55; p<.6501$ (N.D.E.S.)



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISCUSION

Se encontró un aumento en la incidencia de asfixia perinatal, en relación con lo reportado en la literatura (20 a 25 asfixiados por cada 1000 recién nacidos vivos) y esto puede explicarse porque el estudio fue realizado en un hospital de tercer nivel, a donde generalmente llegan pacientes complicadas y además es un hospital de concentración. Pudo influir también, una inadecuada apreciación clínica (Apgar) de los recién nacidos.

Sin embargo, no es congruente que al ser un hospital de tercer nivel, no se presentó, más frecuentemente el embarazo de alto riesgo. Esta falta de correlación puede deberse con un adecuado control prenatal por parte de las pacientes que asisten al hospital.

El sufrimiento fetal agudo (líquido amniótico meconial, sufrimiento fetal agudo, circular a cuello apretado), al igual que la preeclampsia, fueron los antecedentes perinatales más frecuentemente asociados con asfixia perinatal, y esto correlaciona, ya que veintisiete pacientes (79.4%) se obtuvieron por vía cesárea, y de estos 15% se realizaron de manera urgente.

Se obtuvieron veintisiete pacientes por cesárea y siete pacientes por vía vaginal, lo cual corresponde por el tipo de hospital en el que se realizó el estudio, sin embargo esto contradice lo que se refiere en la literatura de que el trabajo de parto y el paso por el canal del parto, pueden producir más complicaciones y mayor riesgo de presentar asfixia perinatal.

De los treinta y cuatro pacientes estudiados, 50% fueron femeninos y 50% masculinos, lo cual corresponde con lo referido en la literatura, ya que en la asfixia perinatal no se reporta predilección por algún sexo.

En cuanto al peso, se encontró mayor incidencia de asfixia perinatal en recién nacidos con peso entre 3 y 4kg y se observó que de los pacientes pretérmino se asfixiaron 4 (33.3%) y de veintidós pacientes de término, se corroboró asfixia en siete (31.8%) (gráfica 5). En este caso se esperaba mayor cantidad de recién nacidos de pretermino asfixiados, sin embargo, se observó casi la misma proporción de asfixiados en los 2 rubros de pacientes. Además hay que considerar que un Apgar de 6 en un prematuro (a diferencia de un recién nacido de término), puede ser normal por sus características de prematuro (hipotonía muscular, disminución de la reactividad refleja y coloración acrocianótica más acentuada).

Se esperaba que los treinta y cuatro pacientes tuvieran alteración gasométrica, pero no fue así ya que se encontraron cinco gasometrías normales, trece con acidosis respiratoria, 10 con acidosis metabólica y seis con acidosis mixta, lo que puede estar en relación con un Apgar al primer minuto de vida inadecuadamente valorado.

Se observó una correlación positiva entre gasometrías de cordón umbilical y arteria radial ya que se encontró una modificación importante de los gases sanguíneos hacia la mejoría del paciente, lo cual era de esperarse por las maniobras de reanimación neonatal que se realizaron.

Los pacientes con Apgar bajo debían presentar valores anormales de pH y exceso de base umbilical, así como complicaciones de asfixia perinatal, sin embargo, algunos pacientes con Apgar bajo no presentaron alteraciones gasométricas ni complicaciones. Pacientes con valores anormales de pH y déficit de base no presentaron complicaciones, mientras que

pacientes con gasometrías normales, presentaron complicaciones, sobre todo, miocardiopatía hipoxico-isquémica.

Estos resultados pueden estar modificados por una valoración inadecuada de la calificación de Apgar al primer minuto de vida, que como ya se menciona es una calificación subjetiva y depende de la experiencia de la persona que lo este valorando.

CONCLUSIONES

La incidencia de asfixia perinatal reportada en el estudio fue mayor de lo reportado en la literatura.

El embarazo de alto riesgo no fue un factor determinante en la génesis de la asfixia perinatal en este estudio.

La alteración gasométrica de sangre de cordón umbilical no se correlacionó con sufrimiento fetal agudo.

La gasometría de sangre de cordón umbilical no se correlacionó con el Apgar al primer minuto de vida.

La gasometría de arteria radial valora la mejoría del recién nacido después de la reanimación neonatal.

Aplicar mejor capacitación por parte del personal médico para la aplicación de la valoración de Apgar.

BIBLIOGRAFIA

1. Augusto Sola. Asfixia. Cuidados Intensivos Neonatales. Editorial Científica Interamericana. Cuarta edición: 1994;21-41.
2. P. Cloherty, R. Stark. Asfixia. Manual de Cuidados Intensivos Neonatales. Editorial Masson. Tercera edición. México: 1999; 55-69.
3. Cernadas C. Asfixia. Neonatología practica. Editorial Panamericana. Tercera edición; 1999: 155-164.
4. Low J.A. Intrapartum fetal asphyxia: Definition, diagnosis, and classification. Am J Obstet Gynecol 1997; 176: 957-60.
5. Low J.A, Heather P, Helen K. The prediction and prevention of intrapartum fetal asphyxia in term pregnancies. Gen Obstet Gynecol 2000; 230-37.
6. Trop J. A, Scout R. Antepartum and intrapartum fetal assessment. Umbilical cord blood gas analysis. Obstet Gynecol Clin 1999; 26: 695-709.
7. Keiht R. Antepartum and intrapartum fetal assessment. Scalp blood gas analysis. Obstet Gynecol Clin 1999; 26: 641-56.
8. McNamara H. Antepartum and intrapartum fetal assessment. Continuous intrapartum pH, pO₂, pCO₂, and SpO₂ monitoring. Obstet Gynecol Clin 1999; 26: 671-92
9. Vakilova L, Dimitrov A, Nicolov A. The Apgar score, acid-base equilibrium of the umbilical cord vessels and early postnatal adaptation in healthy term newborns. Akush Ginekol 1999; 38: 14-27.
10. Ross M, Gala R. Use of umbilical artery base excess: algorithm for the timing of hypoxic injury 2002; 187: 17-24.