



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**Instituto Nacional de Perinatología
“Isidro Espinosa de los Reyes”**

**“Utilidad de Nuevas Técnicas Basadas en
Ultrasonografía de Tercera Dimensión e
Imágenes Tomográficas por Ultrasonido en
la Evaluación Fetal de Parámetros de
Crecimiento”**

T e s i s

Que para obtener título de
Especialista en Medicina Materno–Fetal

PRESENTA:

DR. JOSE OSCAR PEREZ GARCILITA

DR. MARIO E. GUZMAN HUERTA
PROFESOR TITULAR DEL CURSO
DIRECTOR DE TESIS



2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AUTORIZACIÓN DE TESIS

**“UTILIDAD DE NUEVAS TECNICAS BASADAS EN ULTRASONOGRAFIA DE
TERCERA DIMENSION E IMÁGENES TOMOGRAFICAS POR ULTRASONIDO
EN LA EVALUACION FETAL DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO”**

**Med. Cir. Salvador Gaviño Ambríz
Director de Enseñanza
Instituto Nacional de Perinatología “Isidro Espinosa de los Reyes”**

**Dr. Mario Estanislao Guzmán Huerta
Jefe del Departamento de Medicina Materno-Fetal
Profesor Titular del Curso de Especialización en Medicina Materno-Fetal
Instituto Nacional de Perinatología “Isidro Espinosa de los Reyes”
Director de Tesis**

INDICE

DEDICATORIA.....	i
1.- RESUMEN/ABSTRACT.....	1
2.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
3.- ANTECEDENTES	
I.- Crecimiento y desarrollo fetal.....	4
II.- Composición corporal fetal	4
III.- Origen fetal de las enfermedades del adulto.....	6
IV.- Restricción del crecimiento.....	7
V.- Macrosomía fetal.....	8
VI.- Medición ultrasonográfica fetal	12
4. JUSTIFICACION.....	18
5.- MATERIAL Y METODOS.....	19
I.- Objetivo general.....	19
II.- Objetivos específicos.....	19
III.- Lugar.....	19
IV.- Universo de estudio.....	19
V.- Población accesible.....	19
VI.- Tamaño de la muestra.....	20
VII.- Criterios de selección.....	20
VIII.- Aspectos éticos	20
IX.- Descripción de variables.....	21

X.- Descripción del estudio.....	24
XI.- Análisis estadístico.....	24
6.- RESULTADOS.....	25
7.- DISCUSION.....	30
8.- CONCLUSIONES.....	31
9.- ANEXOS	
I.- Consentimiento informado.....	34
II.- Hoja de recolección de datos.....	35
III.- Descripción de la técnica.....	36
IV.- Hoja de estandarización de la técnica.....	40
V.- Bibliografía.....	41

DEDICATORIAS

A Mónica y a mis hijos Oscar Eduardo y Mónica Sofía:

Por todos sus sacrificios y comprensión durante estos años. Le han dado valor a todo y quiero que sientan que este logro también es suyo, pues la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su apoyo.

A mis Padres

Por los principios inculcados, su aliento y apoyo, la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A mi hermana Tania

Por sus palabras de aliento

A mis compañeros y amigos:

Quizá no nos volvamos a ver... pero es seguro que cada uno de ustedes quedará grabado en mis recuerdos. De mil maneras contribuyeron a que este periodo fuera más fácil.

Aprendimos juntos cosas extraordinarias

A mis Maestros:

Por motivarme a salir adelante y cultivar el hábito del estudio.
“Una cosa es saber y otra saber enseñar”

CAPITULO 1.- RESUMEN

OBJETIVO.- Propuesta, descripción y valoración de la reproducibilidad de nuevas técnicas basadas en ultrasonografía 3D en la evaluación de parámetros de crecimiento y composición corporal fetal.

MATERIAL Y METODOS.- Se realizó un estudio transversal que incluyó 10 mujeres con embarazo de 29 a 39 semanas, con feto único vivo sin alteraciones estructurales, no se excluyeron aquellos en los que se sospechó alteración del crecimiento. Se realizó biometría convencional y volúmenes e imágenes tomográficas de brazo y muslo fetales. Se utilizó un programa estadístico para determinar la reproducibilidad de las mediciones de la masa grasa y magra.

RESULTADOS. De los 10 fetos estudiados, todos tuvieron imágenes de volumetría adecuada y se obtuvo un coeficiente de correlación intraclase en la variabilidad interobservador cercano a 0.9 en la mayoría de los parámetros estudiados, el mejor de ellos con CCI de 0.955 (.839-.988) en la medición de la masa grasa a nivel de la unión del tercio proximal y medio del húmero, y correlaciones más bajas hacia los extremos de la extremidad, cercano a las áreas flexoras.

CONCLUSIONES.- Esta investigación es innovadora en conjuntar parámetros de medición de masa grasa y magra con técnicas en 3D. Estos parámetros son muy promisorios en la detección de alteraciones del crecimiento, que si se detectan tempranamente pueden dar oportunidad para hacer cambios en el control prenatal que limiten la progresión de la enfermedad, que a su vez llevaría a disminuir la morbilidad en la vida extrauterina tanto a corto, mediano y largo plazo.

ABSTRACT

OBJECTIVE.- Proposal, describing and assessing new techniques based on 3D ultrasonography in the evaluation of growth parameters and fetal body composition.

MATERIAL AND METHODS.- We performed a cross-sectional study including 10 women with pregnancy of 29 to 39 weeks, with a single live fetus without structural alterations, not excluding those that were suspected with growth abnormalities. Conventional Biometry and volumetric study for tomographic ultrasound imaging of fetal arm and thigh were performed. We used a statistical program to determine the reproducibility of measurements of fat and lean mass.

RESULTS.- Of 10 fetuses studied, all had adequate volumetric imaging. We obtained an intraclass correlation coefficient for interobserver variability in the near 0.9 in most of the studied parameters, the best of them with CCI of 0.0995 (.839-.988) at the measurement of fat mass at the level of the union of the proximal third and half third of the humerus, and the lower correlations at the epiphysis level, near to the flexor areas.

CONCLUSIONS.- This research is innovative in combining measurement of fat and lean mass with 3D Ultrasonography techniques. These parameters are very promising allowing earlier detection of fetal growth abnormalities, which, if are early detected, can give the opportunity to make changes in the prenatal care and limiting the disease progression, which in turn would reduce morbidity in the extra uterine life.

CAPITULO 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se ha considerado a los trastornos de la nutrición infantil una nueva epidemia, difícil de tratar cuando tiene una evolución prolongada y de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud (ENSA) 2006 se encontró un incremento alarmante en la prevalencia de obesidad en niños (77%) comparados con las niñas (47%); los resultados señalan la urgencia de aplicar medidas preventivas para controlar la obesidad en los escolares pues tiene consecuencias potencialmente devastadoras y como en los adultos puede ser causa de hipertensión, inflamación crónica, dislipidemia, disfunción endotelial, complicaciones pulmonares, psicosociales e hiperinsulinemia entre otros.

Las consecuencias a largo plazo de las alteraciones del crecimiento fetal secundarias a un ambiente intrauterino desfavorable son de preocupación mundial. La medición de los compartimentos corporales es un procedimiento de utilidad tanto en el recién nacido sano como en el enfermo, que se ha desarrollado de manera intensa conforme surgen diversos adelantos tecnológicos. No obstante, la fiabilidad de los principales métodos de medición es aún motivo de varios estudios, con el fin de seleccionar el método más preciso y, sobre todo, el que no implique un alto grado de complejidad y/o costos, que impidan su aplicación en los diversos niveles de atención a la salud e incluso en unidades de salud pequeñas y ubicadas fuera de las grandes urbes. Hasta el momento sólo existen fórmulas para estimación de peso fetal, no contamos con una evaluación adecuada de la composición corporal fetal por lo que continúa la investigación en búsqueda del mejor método, sin existir mediciones validadas ni fórmulas para aplicación clínica.

En la génesis de la obesidad infantil y las enfermedades del adulto se considera a factores genéticos, medio ambiente y programación in útero, factores en el que debemos investigar, considerando que la identificación temprana in útero de estos factores nos puede conducir a diseñar maniobras preventivas que reduzcan la prevalencia de la enfermedad y sus complicaciones.

CAPITULO 3. ANTECEDENTES

CRECIMIENTO Y DESARROLLO FETAL

El crecimiento fetal es definido como el proceso mediante el cual se incrementa la masa en base a un aumento en el número celular (hiperplasia) y tamaño celular (hipertrofia), esto implica una compleja interacción de funciones de los factores materno, placentario y fetal, la adecuada regulación de estos factores determina el potencial intrínseco de crecimiento en conjunto con otros factores como sexo, raza, etnia, peso materno y características genéticas maternas y paternas ⁽¹⁾

Durante la primera mitad del embarazo el peso fetal promedio es de 5 grs hacia las 10 semanas con incremento de 10gr o menos por semana hasta la semana 16 y de 300grs hacia la semana 20 existiendo un crecimiento acelerado de la semana 16 a la 27 con incremento de 85gr por semana. El crecimiento intrauterino normal del ser humano sigue un patrón lineal entre las 28 y 38 semanas, la cual se considera de máximo crecimiento, con incremento de 200gr por semana; una vez transcurridas las 38 semanas se produce una reducción de la tasa del crecimiento, con incremento de 70gr por semana ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾.

El crecimiento intrauterino depende de un aporte energético continuo y adaptado a cada periodo del embarazo. Cualquier modificación cualitativa o cuantitativa de dicho aporte conlleva alteraciones del crecimiento fetal. Casi todas estas alteraciones tienen consecuencias fenotípicas evidentes al nacer, que se relacionan con las modificaciones inducidas del crecimiento fetal, como la restricción del crecimiento intrauterino o la macrosomía.

COMPOSICION CORPORAL FETAL

Los datos existentes en cuanto a composición de grasas y proteínas fetales fueron resumidos por Hytten y Leich en 1971 y constituyen una combinación de material de fetos normales y anormales abortados; dado que los neonatos examinados murieron in útero o durante el periodo neonatal inmediato se consideran una aproximación de la composición fetal. El contenido de grasas varía en la gestación, el contenido de agua disminuye de una media de 94% en el primer trimestre a 70% en el feto de término. Hasta los 500grs de peso fetal el porcentaje

de grasa corporal permanece relativamente constante en aproximadamente 0.5% a 1%, y los lípidos son fundamentalmente estructurales, pero en etapas tardías del embarazo, el rápido aumento del contenido lipídico se deposita sobre todo en el tejido subcutáneo, pero esta cantidad de grasas de depósito es altamente variable y puede ser explicada por la obesidad materna, la duración del embarazo, enfermedades maternas y/o fetales y la ingesta dietética, además de otras variables como la paridad, raza, clase social y la altura. El aumento de los aportes conlleva un incremento leve del metabolismo fetal, el excedente se reserva en forma de grasa y de glucógeno y hacia el final de la gestación el depósito de grasa subcutánea fetal aumenta rápidamente. Hacia la semana 32 el contenido de grasas del feto humano es de aproximadamente el 3.5% del peso corporal, en el momento del término, las grasas constituyen el 14 a 16% del peso del cuerpo. En el feto normal se almacenan más calorías en forma de grasas que en cualquier otra forma de reserva.⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾

No solamente es importante el peso al nacer sino que tan corpulento o largo es el recién nacido (RN). Los RN masculinos tienden a ser más largos y corpulentos que las de sexo femenino, pero estas últimas tienden a tener más masa grasa. En Inglaterra, en el estudio de Shields en el 2006, se estudiaron 699 neonatos y se encontró correlación entre la grasa materna y la masa grasa al nacimiento en niños y niñas ($r=0.16$ y 0.36). La paridad y la glucosa materna mostraron asociaciones independientes con los componentes de grasa en RN masculinos y femeninos⁽⁶⁾

Rodríguez en el 2004 realiza en un estudio de 4,634 neonatos, 2,445 hombres y 2,189 mujeres- detecta por estudio de pliegues cutáneos que en las niñas de término y pretérmino a partir de las 35 semanas de gestación se encuentra un patrón de distribución de grasa más centralizada y mayor cantidad de grasa subcutánea que en varones, aunque estos últimos fueron más largos y pesados pero la diferencia solo fue estadísticamente significativa a partir de las 37 semanas de gestación⁽⁷⁾.

En 1963 el análisis de Fee y Weil en óbitos y muertes neonatales detectó masa magra normal pero un incremento significativo de masa grasa en comparación con sujetos control. En 1965 Naeye reportó un aumento de masa grasa en macrosómicos óbitos o con muerte neonatal temprana hijos de madres diabéticas,

y encontró evidencia de hipertrofia celular en varios órganos, acorde a los hallazgos de Enzi en 1980 quien evaluó con microbiospia y pliegues cutáneos la composición de grasa neonatal y peso, y reporta diferencias significativas entre los hijos de madres diabéticas y sanas. Hubo diferencias en la sumatoria de pliegues (17.8mm vs 23.0mm) e hipertrofia (0.19 ng vs 0.44ng) de las células grasas más que en número (2.29×10^9 vs 2.16×10^9) y es el cambio primario que caracteriza la adiposidad en hijos de madres diabéticas. ^{(1) (5)}

ORIGEN FETAL DE LAS ENFERMEDADES DEL ADULTO

Se admite que las enfermedades cardiovasculares y metabólicas más comunes en nuestra sociedad – hipertensión, diabetes mellitus no insulino dependiente, dislipidemia y enfermedad coronaria – son producto de factores de riesgo exógenos específicos, asociados a determinados estilos de vida que actúan sobre un individuo genéticamente susceptible⁽⁸⁾. También se han sugerido implicaciones en la salud reproductiva en el sexo femenino como edad de la menarca y factores de riesgo para resistencia a la insulina, poliquistosis ovárica y cáncer mamario ⁽⁹⁾.

David Barker y cols de la Universidad de Southampton han realizado trabajos acerca del estado nutricional durante el periodo prenatal que condicionan o influyen en el desarrollo de las enfermedades de la edad adulta. Las ideas y mecanismos implicados, conocidos como la hipótesis o teoría de Barker ha generado importante adhesión, al igual que críticas. Osmond observó que la mortalidad por enfermedad cardiovascular se asoció en mayor medida con el lugar de nacimiento que con el área de residencia al morir.

La teoría de Barker plantea 3 etapas, una inicial caracterizada por trastornos de la nutrición fetal que desencadenan cambios estructurales y funcionales en diferentes órganos y sistemas; una segunda etapa, que se expresa por cambios bioquímicos y clínicos, que constituyen variables intermedias en la evolución de la enfermedad cardiovascular; y en tercer lugar, la presencia de enfermedad cardiovascular propiamente dicha.

Lucas pone de manifiesto dos momentos del proceso: programación y amplificación. El primero de ellos implica que la malnutrición durante el periodo fetal provoca cambios estructurales, fisiológicos y metabólicos, “programando” así el desarrollo de enfermedad cardiovascular en la edad adulta, implica un proceso

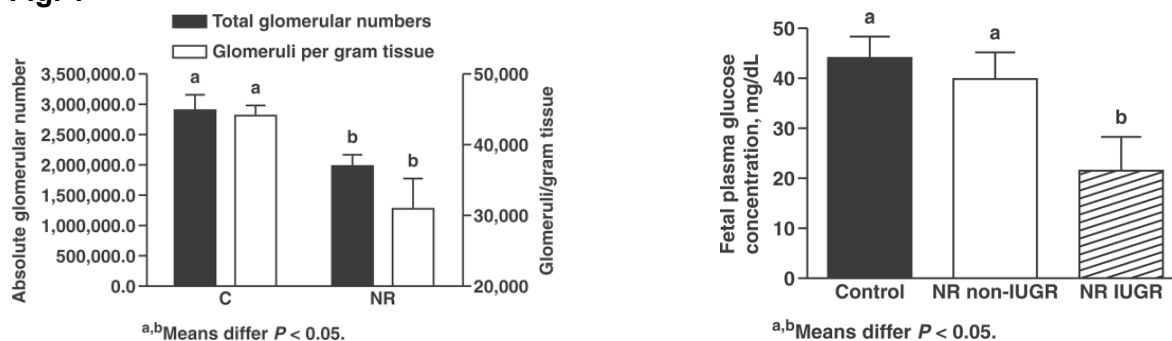
donde un estímulo o agresión en un periodo crítico del desarrollo tiene significación a largo plazo, mediante tres mecanismos como expresión genética afectada por déficit de nutrientes particulares, reducción del número de células que conduce a limitaciones funcionales⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾. La amplificación se refiere a que los procesos iniciados durante la gestación se amplifican a lo largo de la vida, y entre los mecanismos involucrados se plantean la participación de crecimiento acelerado en niños con bajo peso al nacer, influencias de diferentes trofinas como hormona del crecimiento, factor de crecimiento similar a la insulina I (IGF-I), sistema renina- angiotensina, que pueden determinar cambios en la pared de los vasos sanguíneos, que conduce al incremento posterior de la tensión arterial. Las concentraciones de colesterol total, LDL y apolipoproteína b tienden a ser mayores en personas que tuvieron bajo peso al nacer. En la cohorte de Hertfordshire, se observó que si bien las concentraciones de colesterol total y LDL no se asociaron con el peso al nacer, controlando por sexo y patrones de alimentación en la infancia, sí se observó asociación con HDL y TG. En mujeres, la concentración de HDL en quienes presentaron PN inferior a 2,500grs fue de 1,32 mmol/L, en tanto que el valor medio observado en el grupo con PN mayor a 4,300grs fue de 1,57mmol/L

RESTRICCIÓN DEL CRECIMIENTO INTRAUTERINO

La restricción en el crecimiento fetal puede ser definida como la supresión del potencial del crecimiento genético en respuesta a un suministro alterado de oxígeno al feto, sin embargo este concepto es difícil de demostrar en la práctica, la mayoría de los autores definen a la restricción de crecimiento en base a los centiles de peso estimado de acuerdo a la edad gestacional, menor a la percentila 5 o a la 10 que corresponde a menos de 2 desviaciones estándar en base a los nomogramas para la población.⁽⁴³⁾

En respuesta a una malnutrición fetal y restricción del crecimiento in útero (RCIU), el feto redirecciona el aporte materno hacia los órganos importantes para su supervivencia como el corazón y el cerebro, reduciendo el crecimiento de otros órganos y tejidos, incluso en los fetos en los cuales se restituye el aporte necesario y recuperan el peso al nacimiento.⁽⁴⁰⁾

Fig. 1



En experimentos animales, Lesage y colaboradores en el 2004 demuestran que el estrés materno disminuye el peso corporal, adrenal y pancreático así como los niveles plasmáticos de corticosterona y de glucosa al nacimiento, con repercusión en la vida adulta manifestados por hiperglucemia, intolerancia a carbohidratos, niveles basales bajos de leptina, disfunciones relacionadas a DM2. ⁽⁴¹⁾

Latini y colaboradores encuentran que el volumen del hígado y los riñones difieren entre los fetos con adecuado peso al nacimiento y aquellos con restricción del crecimiento in útero en varias edades gestacionales ($p < 0.002$ y $p < 0.03$ respectivamente- (fig 1)), mientras que el bazo únicamente se encuentra disminuido en volumen en los fetos a término. Estos hallazgos sustentan la patología en la edad adulta dado que el volumen y la celularidad disminuidas del hígado al nacimiento son seguidas de un reajuste metabólico postnatal y esto puede causar una disfunción de las células pancreáticas β . ⁽⁴²⁾ La hipoinsulemia fetal resultante de la hipoplasia del páncreas ocasiona una falta de estímulo para el desarrollo de receptores de insulina y afecta a los órganos sensibles a insulina por diferentes vías. El efecto en el páncreas fetal y en otros órganos depende de las condiciones metabólicas maternas como la diabetes, malnutrición, mala circulación uteroplacentaria, etc, que tendrán variados efectos en la expresión génica y en los procesos metabólicos fetales que darán como consecuencia alteraciones en la vida adulta. ⁽⁴⁴⁾

La RCIU por insuficiencia placentaria es una causa importante de morbilidad a varios niveles y está asociado a un deficiente neurodesarrollo con alteración en la función cognitiva, capacidad de atención y rendimiento escolar. Estudios animales demuestran claramente el impacto negativo de la hipoxia intrauterina crónica y la restricción proteica en el número y tamaño celular, con un peso menor de la masa cerebral y un menor contenido de DNA así como un número menor de

sinapsis.⁽³⁷⁾⁽³⁸⁾ La diferencia neuroestructural predominante que se observa en fetos con RCIU en comparación con fetos con peso normal se encuentra en la disminución del 28% en la masa cortical gris, sin cambios en la cantidad de líquido céfalo-raquídeo ni en el volumen de masa blanca. En términos de maduración neuronal funcional, los infantes con antecedente de RCIU muestran mayor dificultad para mantener la atención y respuesta menor capacidad de interactuar con varios estímulos.⁽³⁹⁾

Padoan y colaboradores en el 2004 realizan un estudio, para evaluar el área de la grasa subcutánea y de la masa magra como predictor de restricción en el crecimiento intrauterino. La masa grasa subcutánea y la masa magra del muslo fue medida en imágenes axiales (el área subcutánea = el área total del corte transversal – área de la masa magra [área ósea + área muscular]). El área de la masa magra y de la grasa subcutánea fue expresada como porcentaje del área total del corte transversal. Los fetos con RCIU mostraron reducción significativa en la masa grasa en comparación con los controles (36% vs 47.1%, $p < 0.001$ y 3.9 cm^2 vs 7.3 cm^2 , $p < 0.001$). También hubo reducción en la masa magra pero fue menor que la observada en la masa grasa (64% vs 52.9%, $p < 0.001$ y 6.8 cm^2 vs 8.2 cm^2 , $p < 0.07$). La mayor debilidad del estudio es que no se define adecuadamente la técnica para determinar en donde se realiza el corte axial por lo que puede existir variación importante entre observadores⁽³⁶⁾.

MACROSOMIA FETAL

La clasificación de la macrosomía es controversial, se han definido como un recién nacido con peso mayor o igual a 4kg independiente de la edad gestacional o un peso por arriba del percentil 90 para edad gestacional. La hipótesis de Pedersen en 1952 es que este crecimiento mayor al normal es consecuencia a la hiperglucemia materna e hiperinsulinemia fetal secundaria a factores de crecimiento. Se ha identificado la masa incrementada de células beta pancreáticas en estos fetos desde el segundo trimestre, además se ha relacionado con aminoácidos y ácidos grasos maternos⁽¹⁾⁽¹¹⁾. Las complicaciones metabólicas neonatales de la diabetes gestacional, incluyendo hipoglucemia, hipocalcemia, son causadas por la hiperinsulinemia fetal, que ocurre como una consecuencia de hiperglucemia materna⁽¹²⁾.

Varios autores han demostrado que a mayor masa grasa fetal, mayor el riesgo de cesárea en hijos de madres diabéticas y la grasa subcutánea se ha relacionado con un pobre control glucémico, además de que la morbimortalidad se encuentra incrementada en los fetos macrosómicos hijos de madres diabéticas comparadas con los macrosómicos de pacientes sanas. El riesgo relativo de distocia de hombros en un feto macrosómico hijo de madre diabética gestacional se ve triplicado o cuadruplicado al riesgo de los fetos macrosómicos hijos de pacientes sanas⁽¹⁴⁾ además la macrosomía complica hasta el 50% de los embarazos con diabetes gestacional que incluyen mujeres con óptimo control glucémico⁽¹¹⁾. Rohl en un estudio de mediados de tercer trimestre incluye a 31 embarazadas para medición de composición corporal por ultrasonografía determinando por un modelo de regresión multivariable que los predictores principales de engrosamiento de tejido subcutáneo abdominal son la ganancia de peso materno y la diabetes gestacional ($r^2=0.25$)⁽¹⁵⁾.

La macrosomía desaparece después del primer año de vida, pero más de la mitad de estos niños muestran un peso superior a la centila 90 poblacional, índice de masa corporal mayor a la centila 95 y mayor acumulación lipídica en vísceras abdominales que en el área subcutánea a los 6 a 8 años, existiendo una relación entre esta obesidad y el desarrollo de intolerancia a la glucosa y diabetes infantil, lo que señala la importancia del medio ambiente intrauterino en el desarrollo de alteraciones en la vida postnatal⁽¹⁶⁾.

Tene en el 2003 realiza un estudio en niños mexicanos para investigar la asociación entre el peso elevado al nacer (PEN) definido como mayor de 3900grs y la obesidad infantil (OI) mediante somatometría. Se documentó Obesidad, peso normal o bajo a 322 niños de 1° y 2° grado de educación primaria. No hubo diferencia significativa entre casos ($n= 59$) y controles ($n=263$) en género, edad, estatura y peso al nacer. Hubo diferencia respecto al peso actual (35.5 ± 8 vs 25.2 ± 5 kg, $p<0.001$), índice de masa corporal (22.1 ± 4 vs 16.2 ± 2 kg/m², $p< 0.001$) y espesor de pliegues subcutáneos entre casos y controles, respectivamente. Veinte casos (33%) y 44 controles (17%) tuvieron PEN. El PEN se asoció a OI [OR: 2.55; (IC 95% 1.4-4.8); $p= 0.003$]. La ausencia de PEN se asoció a menor riesgo de OI [OR: 0.79; (IC 95% 0.7-0.9); $p= 0.003$] concluyendo que el peso elevado al nacer es un factor de riesgo para obesidad infantil.⁽¹⁷⁾

En el estudio de Catalano (2003) se estudiaron 415 neonatos con TOBEC (Total Body Electrical Conductivity) y medidas antropométricas incluyendo pliegues cutáneos, de los cuales 195 fueron de madres diabéticas, no encontrando diferencias significativas en el peso ($3202\text{gr}\pm 357\text{gr}$ vs $3249\text{gr}\pm 327\text{gr}$ $P=0.27$) y masa magra al nacimiento (2832 ± 286 vs $2919\pm 257\text{gr}$ $P=.008$), pero con una diferencia significativa en la masa de grasa (371 ± 163 vs 329 ± 150 $P=.02$) y un mayor porcentaje de grasa ($11.4\%\pm 4.6\%$ vs $9.9\%\pm 4.0\%$ $P=.002$) en diabéticas vs no diabéticas. En el grupo de diabetes gestacional, aunque la edad gestacional tuvo una correlación más fuerte con el peso y la masa libre de grasa, los niveles de glucemia en ayuno tuvieron la correlación más fuerte con la adiposidad neonatal. La diferencia en masa grasa en los grupos fue de solo 74 grs pero representaron el 20%, que si persiste hasta la adolescencia se vuelve un problema significativo ⁽¹¹⁾.

Al realizar un estudio de la comparación de la composición corporal neonatal y su relación con el peso materno pregestacional (IMC mayor o menor a 25 kg/m^2), Sewell y colaboradores encontraron un incremento en el porcentaje de grasa corporal ($11.6\pm 4.7\%$ vs $9.7\pm 4.3\%$ $P=.003$) y en la masa grasa ($420\pm 220\text{grs}$ vs $380\pm 170\text{grs}$ $P=.01$) pero no aumento en la masa libre de grasa en los hijos de las madres con IMC pre grávido $>25\text{kg/m}^2$ lo que demuestra que la composición corporal fetal y neonatal dependen del estado nutricional materno ⁽¹⁹⁾⁽¹⁸⁾.

Whitelaw realizo un estudio con plicometría y biopsias para estudio de adipocitos en 40 RN (Recién Nacidos) hijos de madres diabéticas, encontrando una correlación positiva ($r=0.41$; $p < 0.001$) entre el grosor de los pliegues subcutáneos y la glucemia materna y hubo una diferencia significativa ($p=0.01$) en los pliegues subcutáneos de los bebés nacidos de madre diabética en los cuales la glucemia se mantuvo por arriba de 6 mmol/L y aquellas con la glucemia por debajo de los 6 mmol/L (108mg/dL). Hubo una correlación positiva significativa ($r=0.49$; $p<0.01$) entre el diámetro de adipocitos y la glucemia materna en ayuno. Los RN mas obesos tuvieron adipocitos más grandes y se encontró una correlación ($r=0.62$; $p<0.001$) entre el diámetro medio de los adipocitos y los pliegues subcutáneos ⁽²⁹⁾.

Se ha presentado un incremento en la incidencia de DM2 en la última década en EEUU, particularmente en jóvenes obesos y se ha observado que los infantes hijos de madres DMG tienen una masa grasa aumentada y menos masa libre de grasa comparadas con hijos de madre sin diabetes⁽¹¹⁾. Hay evidencia creciente de obesidad y Diabetes mellitus en hijos de madres en las cuales presentaron intolerancia a carbohidratos durante su embarazo, encontrando como factor único más importante la diabetes materna, independientemente de la obesidad materna y del peso al nacimiento⁽¹³⁾.

MEDICION ULTRASONOGRAFICA FETAL

Es importante hacer notar que los nuevos conceptos en medicina fetal están tomando en consideración conceptos que provienen del estudio de los compartimentos fetales. El análisis de la composición corporal constituye una parte fundamental en la valoración del estado nutritivo de un individuo y consiste en el fraccionamiento de la masa total del cuerpo en sus distintos componentes principales. Dicho procesamiento permite cuantificar cada una de las fracciones, así como su variabilidad durante el crecimiento, con el estilo de vida o en diversas situaciones patológicas. Según el número de elementos en que se divide el peso total se han desarrollado ecuaciones que van desde el modelo más sencillo, bicompartimental o de dos componentes, que sólo considera masa grasa y masa magra, hasta los más complejos que distinguen hasta cinco o seis compartimentos.

Dado que el estudio de la composición corporal es uno de los aspectos más importantes relacionados con la nutrición su cálculo correcto en la niñez proporciona elementos claves para el monitoreo y evaluación de los patrones de crecimiento, la eficacia de la dieta y las intervenciones médicas, la progresión o control de una enfermedad crónica y una recuperación de una malnutrición por déficit o por exceso, y resulta de gran utilidad en la prevención e identificación temprana en enfermedades relacionadas a una alteración en la cantidad de grasa corporal. Todo esto remarca la importancia de un método de cálculo de composición corporal⁽²⁵⁾⁽⁶⁾.

El peso fetal generalmente es estimado por mediciones antropométricas basadas en tablas, y es uno de los puntos más importantes a los que se enfrentan

los obstetras este último ha sido el índice de antropometría más ampliamente usado en la evaluación de crecimiento, pues es un reflejo de la masa corporal total de un individuo, sin embargo, no provee una estimación de la distribución en tejido graso, tejido magro, fluidos y hueso, ya que puede modificarse y ser confuso por los cambios en el agua corporal, como en el edema y la deshidratación, por lo que los cambios en el peso no siempre significan cambios en el porcentaje de grasa corporal.. La fórmula más utilizada es la de Hadlock que utiliza DBP (diámetro biparietal), CA (circunferencia abdominal) y LF (longitud femoral), la de Warsoff, que emplea DBP y CA, y una modificación por Shepard, pero es conocido que sobreestiman el peso en fetos pequeños y lo subestiman en macrosómicos. La circunferencia abdominal es el más sensible como parámetro individual para la detección de la macrosomía, descrito en 1975 por Campbell, y se ha utilizado en más de 40 fórmulas de estimación de peso fetal⁽²⁰⁾. La biometría convencional ultrasonográfica no ha sido suficientemente efectiva en este tipo de situaciones clínicas para los pesos estimados por arriba del percentil 90 y el rango de error puede llegar al 15%; por esta razón, identificar el peso fetal adecuadamente puede facilitar a la decisión de la vía de resolución del embarazo y el óptimo manejo del control metabólico materno⁽¹⁴⁾. Las estimaciones ultrasonográficas de grasa fetal pueden ser útiles en la evaluación de anomalías del crecimiento ya que el tejido subcutáneo es muy sensible al status nutricional y mejora la estimación del peso fetal⁽¹²⁾.

La utilidad del estudio de los compartimentos corporales fetales ha sido largamente descrita desde el avance de las técnicas de ultrasonografía. La detección del tejido subcutáneo por ultrasonido puede ser usado como un medio indirecto de estimar los componentes corporales fetales, a continuación se mencionan algunos estudios que han tenido como objetivo la valoración de los compartimentos fetales en áreas tan dispares como el tejido subcutáneo o el septo interventricular⁽¹⁴⁾.

Sood en 1995 realiza un estudio en 95 pacientes con embarazo de término con riesgo de macrosomía, realizando la medición antes del nacimiento del tejido subcutáneo humeral, que se correlacionó significativamente con el peso al nacer ($R^2 = 0.40$, $P < .001$) y el índice ponderal ($R^2 = 0.20$, $P = .02$), detectando un engrosamiento mayor en los RN macrosómicos ($P < .001$), aquellos con índice ponderal elevado ($P = .02$) y aquellos con distocia de hombros ($P = .05$), el engrosamiento mayor de 13mm fue encontrado en fetos con mayor peso al

nacimiento, comportándose como una medición más sensible en predecir macrosomía que el peso estimado por ultrasonido (88% vs 71%) pero poco específico (74% vs 91%)(21).

Bernstein en 1997 describe una técnica ultrasonográfica de medición de tejido subcutáneo en brazo y muslo para valoración de composición corporal fetal y estimación de porcentaje de tejido graso fetal para demostrar diferencias entre acúmulo de tejido graso y magro durante la segunda mitad de la gestación, en base a las determinaciones de plicometría en niños. Se encontraron patrones de crecimiento diferentes entre los dos compartimentos, observando un incremento un incremento de 5 a 7 veces en el área correspondiente a masa magra entre las 19 y 40 semanas, y un incremento de 10 veces en el área correspondiente a masa grasa subcutánea de las extremidades en el mismo periodo de gestación, sin embargo, este estudio se realizó en solo 25 pacientes, las mediciones y la técnica no fueron las más adecuadas por la falta de estandarización y se observó una variación intraobservador hasta del 28% ⁽²²⁾.

En 1997 Abramowicz describe una técnica de estimación de peso fetal utilizando una fórmula que incorpora la medición mejilla-mejilla en 157 fetos. Se mostró una alta asociación entre DMM (Diámetro Mejilla-Mejilla) y peso fetal al nacer. Al realizar la estimación del peso fetal en los macrosómicos con la fórmula convencional se encontró una correlación de 72.7%, y al incorporar el CCD se aumentó ésta a 95,5%. En los no macrosómicos hubo una mejora en la estimación del peso fetal, pero sin significancia estadística, concluyendo que el DMM puede ayudar a aumentar la precisión en la estimación del peso fetal, pues se correlaciona con la edad gestacional en fetos con crecimiento normal y está alterado en fetos grandes y pequeños para edad gestacional, sin embargo no se ha generalizado el uso de esta fórmula ni se ha propuesto su uso para estimación de grasa corporal fetal ⁽²⁰⁾.

Rigano en el 2000 reporta un estudio longitudinal de 45 embarazadas con DG (Diabetes Gestacional) para comparar las mediciones ultrasonográficas de la grasa fetal determinada por el engrosamiento del tejido subcutáneo de la pared abdominal anterior, en pacientes diabéticas manejadas con insulina y dieta (n=29) y con dieta y sin insulina (n=15) encontrando diferencia significativa únicamente al

momento del diagnóstico de DG (24 a 32 sdg) y sin diferencia significativa después de un adecuado tratamiento (32-36 y 36-40 sdg) ⁽²³⁾

Levine y cols., propusieron el uso de la resonancia magnética como técnica de medición de la grasa fetal, sin embargo, este tipo de mediciones afrontan una serie de limitaciones en cuanto a la técnica de medición, el riesgo para el feto por exposición a radiación, el costo, las dificultades técnicas que representa por movilidad fetal y posición materna, y la falta de fórmulas bien establecidas para la valoración del tejido graso constituyen el mayor obstáculo en la determinación de las mediciones, haciendo su aplicación y uso generalizado poco factible.

En el estudio de Larciprette en Italia en el 2003 con 218 pacientes sanas y 85 pacientes con diabetes gestacional se hizo un seguimiento para valorar la masa grasa y magra se utilizó la técnica de Bernstein (tabla1). Se encontraron diferencias significativas en las medidas de masa magra y grasa, las medias siempre fueron mayores en el grupo con diabetes. Se encontró en este estudio que la masa magra del muslo estaba incrementada en los fetos de las madres con DG incluso antes de hacer el diagnóstico, por lo que se sugiere que al diagnosticar la mala adaptación metabólica materna algunos fetos ya estarán afectados⁽¹²⁾. Este estudio tuvo fallas al no especificar adecuadamente la técnica de medición y en la fase de reproducibilidad no se especificó la edad gestacional, encontró un coeficiente de variación ínter observador de 10.9% e intraobservador de 9.2%.

Bethune en 2003 reporta un estudio para la evaluación ultrasonográfica de la grasa del septo interventricular y la circunferencia abdominal en el inicio del tercer trimestre de gestación para la predicción de macrosomía en diabetes gestacional en 90 pacientes, se encontró que la determinación en mm de la capa subcutánea periabdominal como el mejor predictor de macrosomía usando LR (sensibilidad 41%, especificidad 96% y LR=9.75 para >5mm) y la circunferencia abdominal mayor a la percentila 90 tuvo una mejor sensibilidad (sensibilidad 76%, especificidad 76% y LR 3.19). La medición del septo interventricular >5mm de grosor reporta sensibilidad de 53%, especificidad de 87% y LR 4.17 en predicción de macrosomía. Esta detección 10 semanas previas se plantea de utilidad para ajustar el manejo en la paciente con mal control o realizar un monitoreo más estricto en las pacientes con aparente buen control de la diabetes ⁽²⁴⁾.

Parreti en 2003 reporta un estudio en 189 pacientes sin DG por CTGO (Curva de Tolerancia a la Glucosa Oral) pero 66 de ellas con tamizaje positivo para DG. Se utilizó la técnica de Bernstein encontrando determinaciones mayores de grasa fetal en el grupo de pacientes con tamiz positivo para DG y glucemias de ayuno más elevadas, el estudio adolece de las mismas fallas técnicas que los estudios anteriormente comentados⁽⁴⁾.

Como se ha visto, se ha tratado de implementar la evaluación del tejido blando tanto en la estimación de peso fetal como en la estimación de la composición corporal fetal, sin lograrse hasta el momento obtener mediciones reproducibles y satisfactorias. Se ha utilizado la volumetría sin éxito pues se han propuesto valoraciones cualitativas, con muy mala reproducibilidad. La volumetría de las extremidades y el estudio de sus compartimentos puede ser un parámetro adecuado para la valoración del estado nutricional fetal, que anteriormente era difícil por la tecnología de los equipos que hacían muy complicada la obtención de volúmenes útiles pues se requería un tiempo de exposición muy largo y la falta de software adecuado para los procesos off-line. Una situación poco explorada hasta el momento es la adquisición y manipulación de los volúmenes para mediciones en cortes tomográficos por medio de procesadores de imágenes con la técnica TUI por sus siglas en inglés (Tomographic Ultrasound imaging).

A últimas fechas la valoración del tejido blando por volumetría es un método versátil con equipos modernos que han disminuido al mínimo el tiempo de exposición necesario para la adquisición de volúmenes, además de los programas de cómputo requeridos para la manipulación de estos y determinar los bordes de los compartimentos corporales a lo largo de la extremidad, que como parece obvio, no es posible determinar en la totalidad de la extremidad por las sombras acústicas a nivel de las articulaciones y ha llevado al estudio de estos parámetros en una fracción de la extremidad.

Parámetro	Percentil	SEMANAS DE GESTACION						
		20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	35-37	38-40
MGB(cm ²)	5	0.66	0.99	1.43	1.99	2.65	3.40	4.19
	50	1.00	1.50	2.16	3.00	4.00	5.13	6.32
	95	1.50	2.26	3.26	4.53	6.04	7.74	9.54
MMB(cm ²)	5	0.80	0.98	1.20	1.46	1.78	2.18	2.66
	50	1.23	1.50	1.84	2.24	2.74	3.34	4.08
	95	1.89	2.31	2.82	3.44	4.20	5.13	6.26
MGM(cm ²)	5	0.88	1.53	2.45	3.64	5.02	6.40	7.56
	50	1.33	2.30	3.70	5.50	7.57	9.66	11.41
	95	2.00	3.48	5.58	8.30	11.43	14.57	17.22
MGM(cm ²)	5	1.27	1.91	2.73	3.67	4.66	5.59	6.34
	50	1.82	2.75	3.91	5.27	6.69	8.03	9.11
	95	2.61	3.94	5.62	7.56	9.61	11.54	13.08
MGSE(mm)	5	1.39	1.61	1.86	2.15	2.49	2.89	3.34
	50	2.20	2.55	2.95	3.42	3.95	4.58	5.30
	95	3.49	4.04	4.68	5.41	6.27	7.25	8.40
MGA(mm)	5	1.39	1.86	2.38	2.90	3.38	3.76	4.00
	50	2.09	2.80	3.58	4.38	5.10	5.68	6.03
	95	3.15	4.23	5.41	6.60	7.70	8.57	9.10

Tabla 1.- MGB.- Masa grasa del brazo, MMB.- masa magra del brazo, MGM.- masa grasa del muslo, MMB.- masa magra del muslo, MGSE.-masa grasa subescapular, MGA.- masa grasa abdominal.

Fuente: Larciprette 2003

CAPITULO 4. JUSTIFICACION

La adecuada atención a la embarazada y al feto repercuten positivamente, no sólo en la etapa perinatal, sino también con la posibilidad de mejorar la salud de generaciones posteriores. La teoría del origen fetal de la enfermedad reconoce el papel de los factores ambientales en el desarrollo de la enfermedad en individuos susceptibles por su desarrollo y crecimiento precoz. Dado que aunado a los factores intrínsecos/genéticos el ambiente intrauterino tiene gran impacto en el crecimiento y en el desarrollo postnatal, es importante reconocer estas anomalías en la etapa prenatal. El ultrasonido es la herramienta más importante de diagnóstico en el periodo anteparto para identificar las anomalías del crecimiento y se deben definir parámetros ultrasonográficos adecuados para este fin.

La determinación de la composición corporal fetal por ultrasonido es una herramienta no invasiva de gran utilidad en mujeres con embarazos normales y aquellas con alteraciones en el crecimiento fetal y abre la posibilidad de explorar intervenciones que limiten el acúmulo o disminución de grasa, alteraciones en el peso fetal y morbilidad potencial. Es importante investigar y validar estos parámetros ultrasonográficos y su aplicabilidad clínica en población general y de alto riesgo para macrosomía y restricción del crecimiento fetal.

OBJETIVO GENERAL

Descripción de parámetros biométricos para la valoración de la composición corporal fetal mediante técnicas basadas en ultrasonografía 3D

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Proponer técnicas de biometría fetal para evaluar la composición corporal fetal en un esquema de dos compartimentos
2. Estandarización de la técnica (anexo 3)
3. Determinar la concordancia intraobservador e interobservador en la medición de los parámetros ultrasonográficos para la evaluación de masa magra y masa grasa fetales

CAPITULO 5. MATERIAL Y METODOS

LUGAR

Instituto Nacional de Perinatología “Isidro Espinosa de los Reyes” en la Unidad de Investigación del servicio de Medicina Materno Fetal

UNIVERSO DE ESTUDIO

Pacientes embarazadas con edad gestacional entre 27 a 41 semanas.

POBLACION ACCESIBLE

Pacientes que acudan al Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes con embarazo de 27 a 41 semanas.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

Para una "r" esperada de 0.8 el número necesario de pacientes se determina por la siguiente ecuación:

$$N = \left[\frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})}{C} \right]^2 + 3 = 10$$

Donde $C = \frac{0.5 \times \ln [1/(1+r)]}{(1-r)}$

Para un alfa bilateral de 0.10.

Para un beta de 0.20.

Por lo que se requieren 10 pacientes para la primera fase

CRITERIOS DE INCLUSION

Pacientes embarazadas de 27 a 41 semanas, con feto único

CRITERIOS DE NO INCLUSION

- 1.- Embarazo múltiple
- 2.- Anomalías fetales estructurales mayores
- 3.- Tabaquismo durante la gestación
- 5.- Visualización pobre de las extremidades especificando motivo (líquido amniótico escaso, abundante panículo adiposo, movimiento o posición fetal)

ASPECTOS ETICOS

Mayor al mínimo, en este caso manteniendo el índice térmico y mecánico menor a El estudio es observacional y no contempla ningún cambio en el manejo clínico en las pacientes que deseen participar. El estudio no conlleva ningún daño potencial para la madre o para el feto. Las técnicas diagnósticas son parte de la práctica clínica médica aceptada y los pacientes reciben información acerca del propósito del estudio

DESCRIPCION DE LAS VARIABLES

Masa grasa de la extremidad en medida ultrasonográfica axial (fig 2)

Definición conceptual: Tejido que se encuentra entre piel y músculo que tiene función aislante, protección corporal y reserva energética en el ser humano a nivel de la extremidad.

Definición operacional.- Área delimitada en el corte tomográfico axial de la volumetría de la extremidad, y que comprende el total del área del corte axial menos el área central correspondiente al tejido magro que incluye hueso y musculo, delimitándose con trazo manual en proceso off-line

Categoría de la variable: Cuantitativa continua

Unidad de medición: Cm²

Masa magra de la extremidad en medida ultrasonográfica axial (fig 2)

Definición conceptual: Componente corporal metabólicamente activo, es el tejido que no es grasa y está compuesto por el tejido óseo, muscular y conectivo

Definición operacional.- Área delimitada en el corte tomográfico axial de la volumetría de la extremidad, y que comprende la imagen hiperecogénica correspondiente a hueso y área de ecogenicidad media entre el hueso y el área correspondiente a tejido subcutáneo delimitándose con trazo manual en proceso off-line

Categoría de la variable: Cuantitativa continua

Unidad de medición: Cm²

Masa grasa de la extremidad en medida ultrasonográfica sagital (fig 3)

Definición conceptual: Tejido que se encuentra entre piel y músculo que tiene función aislante, protección corporal y reserva energética en el ser humano a nivel de la extremidad.

Definición operacional.- Área delimitada en el corte tomográfico sagital de la volumetría de la extremidad, y que comprende la zona ecogénica en el borde exterior de la extremidad, delimitándose con medición lineal en proceso off-line

Categoría de la variable: Cuantitativa continua

Unidad de medición: mm

Masa magra de la extremidad en medida ultrasonográfica sagital (fig 3)

Definición conceptual: Componente corporal metabólicamente activo, es el tejido que no es grasa y está compuesto por el tejido óseo, muscular y conectivo

Definición operacional.- Área delimitada en el corte tomográfico sagital de la volumetría de la extremidad, y que comprende la zona de ecogenicidad media entre el hueso y la ecogenicidad correspondiente al tejido grasa subcutáneo, delimitándose con medición lineal en el proceso off-line.

Categoría de la variable: Cuantitativa continua

Unidad de medición: mm

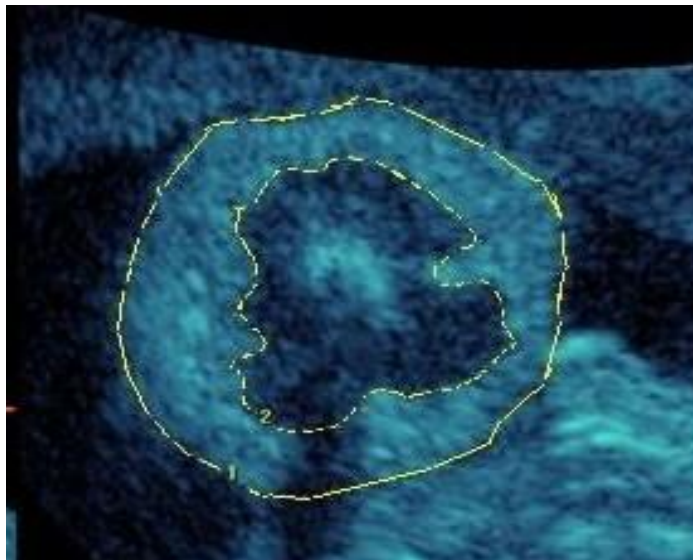


Figura 2

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología “Isidro Espinosa de los Reyes”

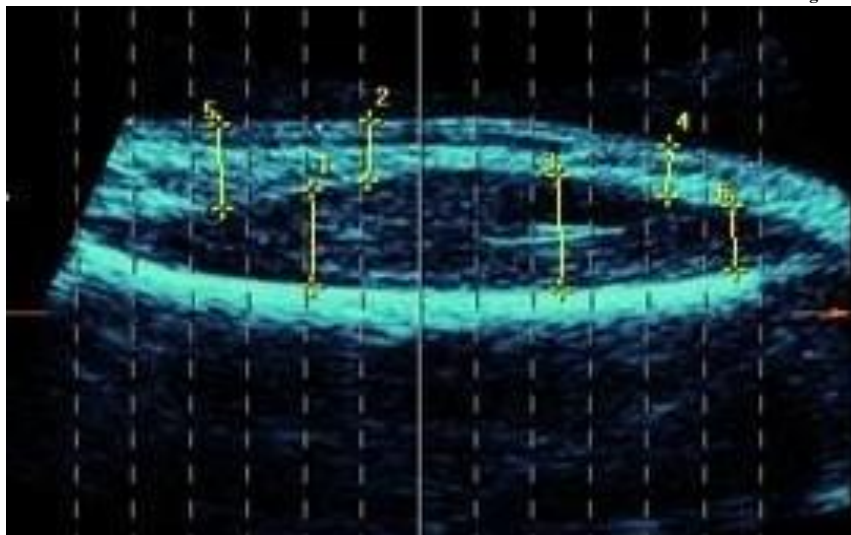
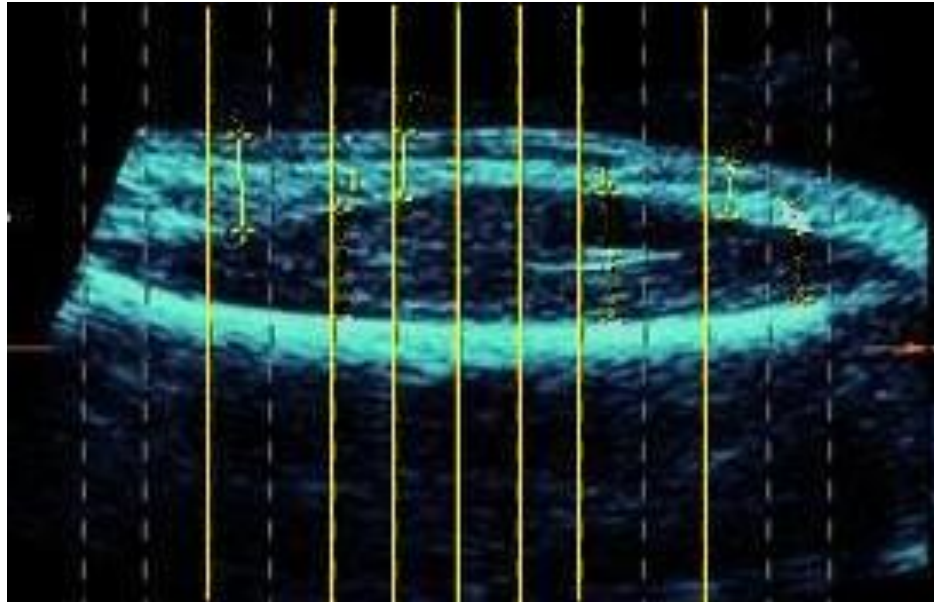


Figura 3

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología “Isidro Espinosa de los Reyes”

ESQUEMA DE TUI TOMOGRAPHIC ULTRASOUND IMAGING

Tercio proximal (a la izquierda)	Tercio medio	Tercio Distal (a la derecha)
-------------------------------------	--------------	---------------------------------



Mitad tercio proximal	Unión tercio proximal/medio	Unión cuartos proximales tercio medio	Mitad de la extremidad	Unión de cuartos distales tercio medio	Unión tercio medio /tercio distal	Mitad tercio distal
-----------------------	-----------------------------	---------------------------------------	------------------------	--	-----------------------------------	---------------------

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

Figura 4

En la figura 4 se muestra a qué nivel se realizaron los cortes tomográficos en la extremidad, se muestra como ejemplo la imagen en vista sagital del fémur, con la epífisis distal orientada hacia la izquierda de la pantalla, se realizan 13 cortes tomográficos, de los cuales se consideran 7 para los fines de este estudio

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Las pacientes que acuden a control de su embarazo en el Instituto Nacional de Perinatología Isidro Espinosa de los Reyes, referidas por obstetricia para fetometría a la Unidad de Investigación del Departamento de Medicina Materno Fetal y pacientes programadas para monitoreo cardiotocográfico o seguimiento hemodinámico que cumplieron con los criterios de inclusión fueron invitadas a participar en el estudio, se les explicó el proceso de revisión y se solicitó leer y firmar la hoja de consentimiento informado. Posterior a esto se llenó la hoja de recolección con sus datos generales e información a partir de su historia clínica y revisión de expediente para conducir las a las pacientes al área correspondiente a la Unidad de Investigación en Medicina Fetal (UNIMEF) y se realizó el estudio Ultrasonográfico por médicos fetales utilizando ultrasonidos Voluson 730 Expert; General Electric Medical System Europe-7.

Se realizó ultrasonografía para evaluación de DBP, CC, CA, LF y se calculó el peso estimado para la edad mediante la fórmula de Hadlock

Se realizó Ultrasonografía 3D para obtención de volúmenes de brazo y muslo fetal
Se realizó en un proceso off-line en el ordenador el proceso para cortes tomográficos (TUI) en vistas sagital y axiales de la volumetría de la extremidad (brazo o muslo) y se delimitó la masa magra y masa grasa en los cortes tomográficos de acuerdo a la técnica descrita en el anexo

Se llenaron las hojas de captura y la base de datos y se procedió al análisis estadístico

ANALISIS ESTADISTICO

Se realizó estadística descriptiva de las características demográficas maternas y parámetros fetales generales. Se utilizó el programa SPSS versión 15 para determinar el coeficiente de correlación intraclase en las medidas realizadas. De acuerdo con la escala propuesta por Fleiss JL (30), la fuerza de la concordancia se evaluó dependiendo del resultado del coeficiente de correlación intraclase, siendo una concordancia muy buena con un valor de $>.90$, Buena con una CCI de 0.71 a 0.89 , moderada de 0.51 a 0.70 , mediocre con un valor de 0.31 a 0.50 y mala o nula con un valor de <0.30 .

CAPITULO 6. RESULTADOS

En la tabla 2 se resumen las características demográficas de las paciente así como la edad gestacional al momento de realizar el ultrasonido, se realizó el estudio en 10 pacientes con edad media de 31.3 años, con número de embarazos entre 1 y 7, y la edad gestacional media al momento del estudio fue de 34.1 semanas, 4 de las pacientes fueron diagnosticadas con diabetes gestacional (DMG) y dos fetos con diagnóstico de RCIU al nacimiento.

Tabla2.
Características maternas y fetales al momento del ultrasonido

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Tip.
Edad materna	10	22	38	31.3	4.739
DMG	10	-	4	-	-
Gestas	10	1	7	3	1.82
Talla	10	1.44	1.67	1.59	.063
Peso materno	10	57	91	74.62	12.86
SDG FUM	10	29.4	38.1	34.1	3.0122
SDG Ultrasonido	10	29.1	39.2	34.3	3.2682
Peso estimado	10	1291	3968	2423.5	854.2
ILA	10	10.6	32	16	7.31

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

El grupo de estudio incluyó todos aquellos fetos en los que fue posible realizarse la volumetría de manera adecuada y en distintas edades gestacionales sin eliminar aquellos en los que se sospechó alguna alteración del crecimiento dado que el método debe ser reproducible en cualquiera de estas situaciones. Las edades gestacionales por ultrasonido fluctuaron entre las 29 y las 39 semanas, el peso fetal estimado medio fue de 2423.5 grs (1291-3968grs) y el índice de líquido amniótico tuvo una media de 16cm (10.6 - 32cm), en todos los casos se logró obtener un volumen adecuado de la extremidad superior e inferior. Los resultados de los coeficientes de correlación intraclase para la variabilidad interobservador se resumen en las tablas 2 y 3 para húmero y fémur respectivamente, en estos se puede observar que algunos de los mejores parámetros se localizan en la fracción intermedia de la extremidad, teniendo como posible explicación que en los tercios proximales se encuentran cercanas las áreas flexoras en donde se presenta mayor compresión de la extremidad.

Tabla 3.

Coeficiente de Correlación Intraclase interobservador en la estandarización de la evaluación de la masa grasa y masa magra por TUI en la adquisición del volumen de Húmero

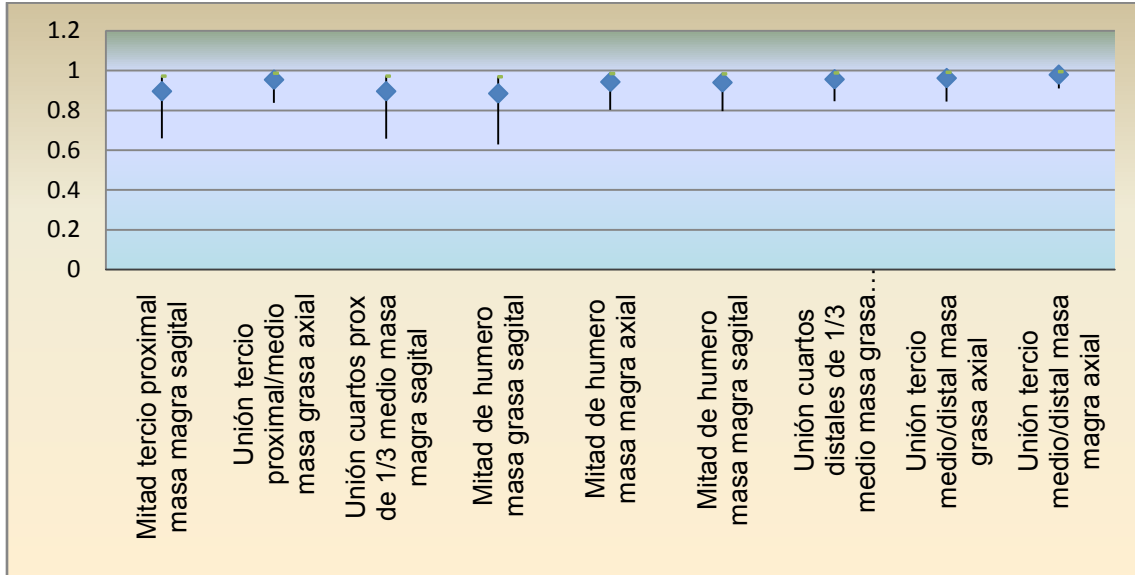
Parámetro Húmero	CCI	Límite inferior	Límite superior	Significancia
Mitad tercio proximal masa grasa axial	.907	.666	.978	.000
Mitad tercio proximal masa grasa sagital	.864	.568	.964	.000
Mitad tercio proximal masa magra axial	.760	.283	.939	.004
Mitad tercio proximal masa magra sagital	.897	.660	.973	.000
Unión tercio proximal/medio masa grasa axial	.955	.839	.988	.000
Unión tercio proximal/medio masa grasa sagital	.812	.436	.949	.001
Unión tercio proximal/medio masa magra axial	.776	.355	.938	.002
Unión tercio proximal/medio masa magra sagital	.783	.369	.940	.001
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa grasa axial	.944	.790	.987	.000
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa grasa sagital	.814	.442	.950	.001
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa magra axial	.932	.747	.984	.000
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa magra sagital	.897	.658	.973	.000
Mitad de humero masa grasa axial	.920	.728	.979	.000
Mitad de humero masa grasa sagital	.886	.629	.970	.000
Mitad de humero masa magra axial	.944	.804	.986	.000
Mitad de humero masa magra sagital	.941	.796	.985	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa grasa axial	.957	.847	.989	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa grasa sagital	.855	.544	.961	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa magra axial	.907	.687	.976	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa magra sagital	.867	.576	.965	.000
Unión tercio medio/distal masa grasa axial	.963	.845	.992	.000
Unión tercio medio/distal masa grasa sagital	.741	.279	.928	.003
Unión tercio medio/distal masa magra axial	.980	.911	.996	.000
Unión tercio medio/distal masa magra sagital	.848	.526	.959	.000
Mitad tercio distal masa grasa axial	.906	.543	.986	.001
Mitad tercio distal masa grasa sagital	.794	.315	.954	.003
Mitad tercio distal masa magra axial	.918	.594	.988	.001
Mitad tercio distal masa magra sagital	.837	.426	.964	.001

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

En la figura 5 se presentan los parámetros con la mejor correlación y reproducibilidad en húmero, con intervalos muy estrechos, siendo el de mejor correlación en la unión del tercio medio con el distal en el corte axial, con un CCI de 980 (0.911-0.959 y sig .000) tanto para los cortes sagitales como para los axiales.

Figura 5.

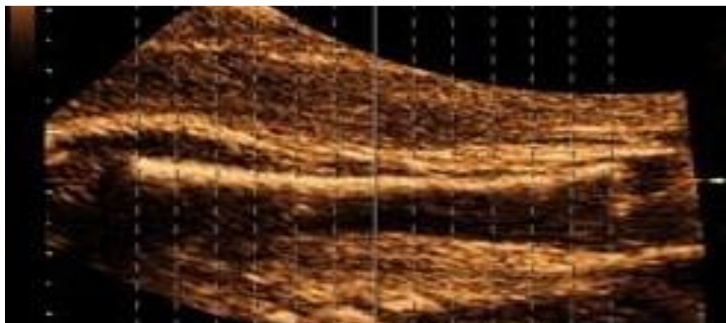
Parámetros que muestran mejor reproducibilidad en la evaluación del componente magro y graso en húmero.



Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



.955(.839-.988) .944(.804-.986) .957(.847-.989) .963(.845-.992) .98(.911-996)



.76(.283-.939) .776(.355-.938) .783(.369-.94) .741(.279-.928) .794(.315-.954)

Se muestran en la parte superior de la imagen principal los parámetros con mayor correlación y en la parte inferior de la imagen los de menor correlación en húmero. En la extrema superior e inferior una imagen representativa del corte en cuestión.

Figura 6

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

En la evaluación de los componentes magro y graso del fémur podemos observar correlaciones tan elevadas como de .993, la mayoría a nivel del tercio medio de la extremidad y los de menor reproducibilidad pueden encontrarse hacia los tercios proximal y distal

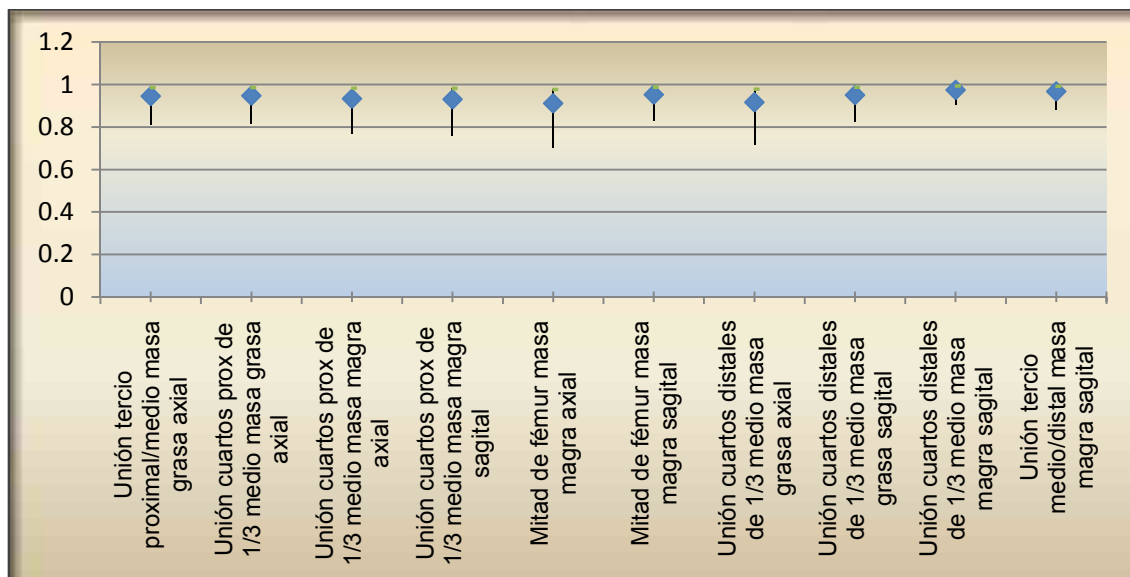
Tabla 3.
Coeficiente de Correlación Intraclase interobservador en la estandarización de la evaluación de la masa grasa y masa magra por TUI en la adquisición del volumen de Fémur

Parámetros Fémur	CCI	Límite inferior	Límite superior	Significancia
Mitad tercio proximal masa grasa axial	.927	.749	.981	.000
Mitad tercio proximal masa grasa sagital	.878	.605	.968	.000
Mitad tercio proximal masa magra axial	.807	.426	.948	.001
Mitad tercio proximal masa magra sagital	.948	.818	.987	.000
Unión tercio proximal/medio masa grasa axial	.945	.808	.986	.000
Unión tercio proximal/medio masa grasa sagital	.753	.305	.931	.000
Unión tercio proximal/medio masa magra axial	.911	.702	.977	.003
Unión tercio proximal/medio masa magra sagital	.799	.405	.945	.001
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa grasa axial	.947	.813	.986	.000
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa grasa sagital	.851	.532	.960	.000
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa magra axial	.933	.769	.983	.000
Unión cuartos proximal de 1/3 medio masa magra sagital	.930	.759	.982	.000
Mitad de fémur masa grasa axial	.839	.502	.957	.000
Mitad de fémur masa grasa sagital	.862	.562	.963	.000
Mitad de fémur masa magra axial	.911	.702	.977	.000
Mitad de fémur masa magra sagital	.952	.830	.988	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa grasa axial	.916	.716	.978	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa grasa sagital	.950	.823	.987	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa magra axial	.855	.545	.961	.000
Unión cuartos distales de 1/3 medio masa magra sagital	.974	.907	.993	.000
Unión tercio medio/distal masa grasa axial	.883	.621	.969	.000
Unión tercio medio/distal masa grasa sagital	.993	.770	.983	.000
Unión tercio medio/distal masa magra axial	.845	.517	.958	.000
Unión tercio medio/distal masa magra sagital	.967	.882	.992	.000
Mitad tercio distal masa grasa axial	.913	.684	.979	.000
Mitad tercio distal masa grasa sagital	.931	.763	.982	.000
Mitad tercio distal masa magra axial	.908	.669	.978	.000
Mitad tercio distal masa magra sagital	.923	.737	.980	.000

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

Figura 7.

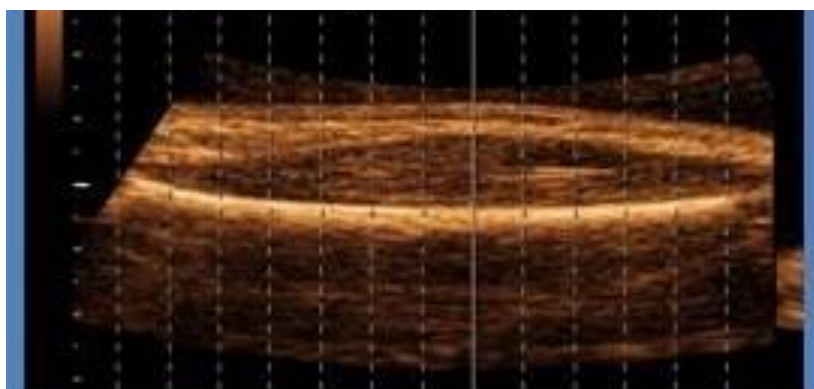
Parámetros que muestran mejor reproducibilidad en la evaluación del componente magro y graso en fémur.



Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"



.945(.808-.986) .947(.813-.986) .952(.830-.988) .974(.907-.993) .967(.882-.992)



.807(.426-.948) .753(.305-.931) .799(.405-.945) .839(.502-.957) .845(.517-.958)

Se muestran en la parte superior de la imagen principal los parámetros con mayor correlación y en la parte inferior de la imagen los de menor correlación en Fémur. En la extrema superior e inferior una imagen representativa de l corte en cuestión.



Figura 8

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

7. DISCUSION

Los fetos humanos tienen una gran proporción de masa grasa en comparación con otros mamíferos. La cantidad de esta masa grasa puede representar una diferencia significativa en el crecimiento entre 2 fetos con similar potencial de crecimiento. Los cambios de su acumulación durante el proceso de crecimiento in útero pueden traducirse en una manifestación clínica como la macrosomía o la restricción del crecimiento. En la etapa pediátrica los estudios para la evaluación nutricional incluyen la valoración de la masa grasa, la circunferencia en la porción media del húmero es usada como medida indirecta de la cantidad de grasa subcutánea. Estas investigaciones en el periodo postnatal sugieren que la evaluación del tejido blando debería proveer una visión más integral del estado nutricional del feto.

Estudios similares al nuestro como los de Lee y Romero en 2004 y 2009 en los que se evaluaron volúmenes en una fracción de las extremidades muestran concordancia interobservador adecuadas, ellos utilizaron un análisis de Bland-Altman con diferencias entre observadores desde -12.5 a 8.6%, mostraron además que el volumen de una fracción del muslo es el que presenta mayor correlación en un modelo de regresión lineal/múltiple con un porcentaje de masa grasa neonatal medido por pletismografía por desplazamiento de aire (46%), sin embargo este estudio solo contempla el volumen fraccionado de la extremidad y no realiza un subanálisis de los componentes magro y graso por separado como lo planteado por Bernstein, cuestión que puede ofrecer una oportunidad excelente de evaluación de la composición corporal fetal en un esquema de dos compartimentos.

Nuestra investigación es la primera en conjuntar parámetros de medición de masa grasa y magra con técnicas de manipulación de imágenes en tercera dimensión, además de tomar en cuenta mediciones tanto en los cortes axiales como en los de la vista sagital. Los parámetros en vista sagital no habían sido investigados en otras estudios similares y muestran una reproducibilidad muy buena (cercana a .9) en la fracción media de la extremidad superior e inferior, y que consideramos importante tomar en cuenta debido a que pueden ser utilizados con equipos menos complejos

8. CONCLUSIONES

Tanto la restricción del crecimiento como la macrosomía son el resultado de una alteración en la compleja interacción entre la madre, la placenta y el feto, que dependen del adecuado aporte de sustrato, transporte placentario y expresión de factores de crecimiento. Estos fetos con alteraciones del crecimiento son más susceptibles de presentar desenlaces perinatales adversos.

Uno de los principales objetivos en el cuidado prenatal es identificar a los fetos en riesgo de presentar alteraciones en el patrón de crecimiento y determinar cuáles desarrollarán el cuadro clínico de restricción en el crecimiento o macrosomía y diferenciarlos oportunamente de aquellos que son únicamente pequeños o grandes para la edad gestacional sin un componente hemodinámico que represente aumento en su morbilidad. Las herramientas que evalúan la composición corporal pueden ser las adecuadas para evaluar este objetivo y pueden contribuir en mejorar la predicción de peso si son incluidas en las fórmulas destinadas para ello.

La asociación entre las alteraciones del crecimiento al nacimiento y las enfermedades crónicas de la vida adulta ha generado la necesidad creciente de investigación para conocer los mecanismos a través de los cuales la nutrición precoz influye sobre la generación de las células adiposas y la regulación del metabolismo. La revisión de Beattie y colaboradores en el 2004 acerca de la evaluación neonatal del estado nutricional concluye en que *“solo aplicando mediciones apropiadas del estado nutricional neonatal en lugar de categorizar a los neonatos de acuerdo al peso al nacimiento, se pueden identificar a aquellos con alteración del crecimiento como la macrosomía, la restricción del crecimiento y la predicción de la morbimortalidad relacionada, por lo que se requieren métodos más sofisticados para identificar oportunamente a estos infantes y darles el beneficio de una intervención temprana para prevenir en lo posible, los procesos patológicos que impactarán adversamente en la salud de la vida adulta”*

Se han estudiado muchos parámetros biométricos fetales que intentan mejorar la valoración de la composición corporal en fetos con alteración del crecimiento, sin embargo, se reportan problemas en la reproducibilidad de la técnica o mala

correlación con los hallazgos al nacimiento. A pesar del entusiasmo de algunos reportes, muchos estudios han fallado en encontrar la utilidad clínica.

El principal objetivo de este estudio es incorporar nuevas tecnologías ultrasonográficas como la volumetría y los procesos de manipulación off-line, específicamente los cortes tomográficos, para obtener la composición corporal en un esquema de dos compartimentos como una herramienta más en la evaluación integral del crecimiento fetal. Los fetos detectados con este tipo de técnicas pueden beneficiarse de un seguimiento más estrecho y de intervenciones terapéuticas cuando así lo requieran.

La estimación de la adiposidad subcutánea puede ser un indicador muy sensible en la identificación de las alteraciones del crecimiento independientemente del peso. Estos parámetros son muy promisorios en la detección y pronóstico de alteraciones del crecimiento, especialmente útil en estos fetos si se detectan tempranamente pues se puede tener el tiempo suficiente para hacer cambios en el control prenatal que limiten la progresión de la enfermedad y el riesgo potencial de una reprogramación fetal, que a su vez los llevaría a un aumento de morbilidad en la vida extrauterina tanto a corto, como a mediano y largo plazo.

Este estudio realizado en el INPerIER cuenta con las fortalezas de realizarse por personal altamente capacitado en diagnóstico fetal por ultrasonografía y dominio en técnicas de adquisición y manipulación de volúmenes ultrasonográficos; de haberse realizado con la tecnología y el área adecuadas. Por ser un centro de tercer nivel, la población accesible a nuestro estudio se compone de embarazadas de riesgo elevado de presentar alteraciones en el crecimiento fetal. Nuestro estudio muestra que la concordancia interobservador para los parámetros ultrasonográficos propuestos se considera muy buena pues las diferencias entre observadores es mínima en la mayoría de los parámetros biométricos estudiados, así, nuestras observaciones pueden tener importantes implicaciones para el diagnóstico, el monitoreo y el manejo de fetos con alteraciones del crecimiento

En nuestra unidad hemos vislumbrado el potencial uso de la evaluación de la composición corporal in útero utilizando tecnología de punta y el personal capacitado con la que se cuenta en este centro, concluyendo que este estudio pretende ser el punto de partida de una línea de investigación muy amplia dedicada a un estudio exhaustivo de la composición corporal fetal y su repercusión en la vida postnatal. Durante muchos años se había pensado que la calidad de vida en los primeros meses después del nacimiento tendría un impacto por el resto de la vida de un ser humano. Ahora sabemos de acuerdo a las hipótesis de la programación fetal que la etapa en la cual se podrían estar generando las enfermedades del adulto como la diabetes, el síndrome metabólico, la hipertensión y la enfermedad coronaria es la etapa fetal. El conocimiento, clasificación y terapéutica de las condiciones de nutrición que se reflejan en el contenido de grasa, tejido magro y que al final determinan el peso fetal, es el inicio de una nueva medicina preventiva que podría impactar en mejorar la salud de las nuevas generaciones

ANEXO I
HOJA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
El servicio de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología
Isidro Espinosa de los Reyes le invita a participar en el estudio:
UTILIDAD DE NUEVAS TECNICAS BASADAS EN ULTRASONOGRAFIA DE
TERCERA DIMENSION E IMÁGENES TOMOGRAFICAS POR ULTRASONIDO
EN LA EVALUACION FETAL DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO

Si usted acepta participar en el estudio:

- 1, Responderé preguntas sobre mi historia médica, durante un tiempo aproximado de 15 minutos.
2. Me realizarán un ultrasonido para revisión de mi bebé, en el cual se realizarán mediciones para determinación de la grasa corporal de mi bebé.

BENEFICIOS

Es posible que no se produzca beneficio directo alguno para mí en participar en el estudio

RIESGOS

Se me ha explicado que este ultrasonido no representa ningún riesgo para mi bebé en comparación con un ultrasonido de rutina

CONFIDENCIALIDAD

Los resultados e información obtenida en este estudio así como mi identidad serán considerados confidenciales y serán usados sólo a efectos de investigación

El Dr.(a) _____ colaborador en la investigación ha discutido esta información conmigo y ha respondido a mis preguntas, entendiendo que si existiera alguna otra duda podre comunicarme al teléfono 55 20 99 00 ext 112 o 114

DERECHO A REHUSAR O ABANDONAR

Mi participación en el estudio es enteramente voluntaria y soy libre de rehusar a tomar parte o a abandonar en cualquier momento, sin afectar ni poner en peligro mi atención médica futura.

CONSENTIMIENTO

Consiento en participar en este estudio. He recibido una copia de este impreso y he tenido la oportunidad de leerlo. Se me ha proporcionado información suficiente acerca de todo lo referente al estudio, han respondido todas mis preguntas y me han otorgado información complementaria del proyecto, así mismo me han dado tiempo para tomar mi decisión.

MEXICO, D. F A _____ DE _____ DEL _____

Nombre y firma del paciente.

Nombre y firma del médico

Nombre y firma del testigo

Nombre y firma del testigo

ANEXO 2 HOJA DE RECOLECCION DE DATOS

NOMBRE _____ REGISTRO _____
 MOTIVO DE INGRESO _____ EDAD _____ G _____ P _____ C _____ A _____ E _____
 FUM _____ EDAD GESTACIONAL _____ Equipo de US _____ Sonografista _____
 ANTECEDENTE DE MACROSOMICOS (SI) (NO) _____
 DIABETES GESTACIONAL PREVIA (SI) (NO) _____ CARGA GENETICA PARA DM (SI) (NO) _____
 DIABETES GESTACIONAL (SI) (NO) _____
 TRATAMIENTO DIETA _____ Kcal INSULINA (SI) (NO) DOSIS _____
 CONTROL ADECUADO (SI) (NO) TAMIZ (VALOR) _____ CTGO _____ / _____ / _____ PESO _____ GRS TALLA _____ CM IMC _____
 PORCENTAJE DE SOBREPESO _____ % HB A1 _____
 USG 1er. Trimestre Fecha _____ (LCR): _____ mm _____ sdg _____
 RESULTADO PERINATAL : FECHA _____ / _____ / _____ HORA _____ : _____

VIA DE NACIMIENTO ABDOMINAL (SI) (NO) _____ (INDICACION) _____
 VAGINAL DISTOCIA (NO) (SI) _____ (EUTOCICO) (INSTRUMENTADO) _____
 INDICACIONES Y OBSERVACIONES _____
 PESO AL NACER _____ grs SEXO (F) (M) TALLA _____ cm
 CAPURRO _____ sem APGAR _____ / _____

GRASA FETAL					
Diámetro bi-parietal					
Circunferencia cefálica					
Circunferencia abdominal					
Grosor grasa abdominal línea media					
Grosor grasa abdominal paramedia derecha			V o l u m e n B r a z o		
Grosor grasa abdominal paramedia izq			V o l u m e n M u s l o		
Distancia Aorta/Piel corte sagital					
Distancia Aorta/piel corte axial					
Grosor grasa subescapular					
Distancia escapula/piel					
	A x i a l	S a g i t a l		A x i a l	S a g i t a l
L o n g i t u d H u m e r a l			L o n g i t u d F e m o r a l		
Mitad tercio proximal masa grasa			Mitad tercio proximal masa grasa		
Mitad tercio proximal masa magra			Mitad tercio proximal masa magra		
Unión tercio proximal/medio masa grasa			Unión tercio proximal/medio masa grasa		
Unión tercio proximal/medio masa magra			Unión tercio proximal/medio masa magra		
Unión cuartos proximales 1/3 medio masa grasa			Unión cuartos proximales 1/3 medio masa grasa		
Unión cuartos proximales 1/3 medio masa magra			Unión cuartos proximales 1/3 medio masa magra		
Mitad de humero masa grasa			Mitad de humero masa grasa		
Mitad de humero masa magra			Mitad de humero masa magra		
Unión cuartos distales 1/3 medio masa grasa			Unión cuartos distales 1/3 medio masa grasa		
Unión cuartos distales 1/3 medio masa magra			Unión cuartos distales 1/3 medio masa magra		
Unión tercio medio /distal masa grasa			Unión tercio medio /distal masa grasa		
Unión tercio medio/distal masa magra			Unión tercio medio/distal masa magra		
Mitad tercio distal masa grasa			Mitad tercio distal masa grasa		
Mitad tercio distal masa magra			Mitad tercio distal masa magra		

RESPONSABLE DEL LLENADO _____

REALIZO EL ESTUDIO _____

ANEXO 3

TECNICA MODIFICADA DE BERNSTEIN POR ULTRASONIDO PARA EL PROTOCOLO DE INVESTIGACION:

UTILIDAD DE NUEVAS TECNICAS BASADAS EN ULTRASONOGRAFIA DE TERCERA DIMENSION E IMÁGENES TOMOGRAFICAS POR ULTRASONIDO EN LA EVALUACION FETAL DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO

Para la estimación del tejido magro se realizan las mediciones de BPD, circunferencia cefálica, longitud femoral, humeral y áreas centrales de la porción media del brazo y el muslo. Las mediciones para tejido graso incluyen el engrosamiento de la pared abdominal anterior, engrosamiento subescapular y áreas subcutáneas de distintos segmentos del brazo y el muslo. Dado que se desconoce al momento cuales son los mejores parámetros, se propone una gran cantidad de mediciones para determinar cuáles son las mejores para la integración de la formula

Para la medición del tejido magro y graso en los cortes axiales de las extremidades se realiza la siguiente técnica:

Se selecciona el transductor para volumetría (4-8 MHz) y los settings iniciales son los mismos que para la imagen en 2D pero se aumenta el contraste y el zoom de manera que la estructura ocupe el 70 a 80% de la pantalla, recordando que una imagen pobre en 2D nos dará una imagen pobre en 3D, se ajusta el foco a la zona de interés y las ganancias se ajustan para optimizar la imagen. Se selecciona un ángulo de adquisición de volumen de 80° y se centra adecuadamente la extremidad. La calidad de las imágenes dependen de la velocidad de la exposición, se selecciona un escaneo rotacional (tipo ventilador) en un corte sagital en el plano Z, lo cual nos facilita la posibilidad de hacer las rotaciones en los planos X, Y y Z de manera más uniforme y anatómica. La volumetría se realizara del brazo y muslo (húmero/fémur) mas anterior a la pared abdominal materna colocando el transductor lo más cerca posible a la extremidad sin ejercer presión, en ausencia de movimiento fetal y materno, con la cara lateral externa de la extremidad en la parte superior de la pantalla y la epífisis proximal a la izquierda de la pantalla, la longitud del hueso es medido con la técnica de medición habitual para longitud femoral y humeral, modificando las ganancias y el ángulo de visualización, teniendo cuidado de tener el contorno inferior completo del muslo y se pueda observar claramente en el 75% de la totalidad de la pantalla. Se solicita a la paciente sostener la respiración en un periodo de ausencia de movimiento

somático del feto y se sostiene firmemente el transductor, se presiona el botón para la adquisición del volumen (obtención en aproximadamente 10 segundos) y se guarda la información previa revisión. El engrosamiento subcutáneo subescapular se obtiene en una vista parasagital del tronco fetal, visualizando un corte longitudinal de la escápula entre la superficie de la piel y el tejido subcutáneo en la interfase con los músculos supra espinoso e infra espinoso. ⁽²²⁾⁽³⁶⁾.

El engrosamiento de la pared abdominal se mide a nivel de la circunferencia abdominal en un corte axial alto en la que se observe columna, aorta, cámara gástrica, hígado seno porta y vena umbilical, se mide el grosor de la pared abdominal anterior a la mitad de la distancia entre la costilla y la línea media hacia ambos lados y en la línea media y anterior del abdomen. En ese mismo plano se visualiza la aorta abdominal y se realiza la medición del borde anterior de la aorta a piel de la línea media de abdomen.

Se despliegan y almacenan en el equipo en modalidad 2D y volumetría con multiplanar como se muestra en las imágenes. (figura 9 y 10)

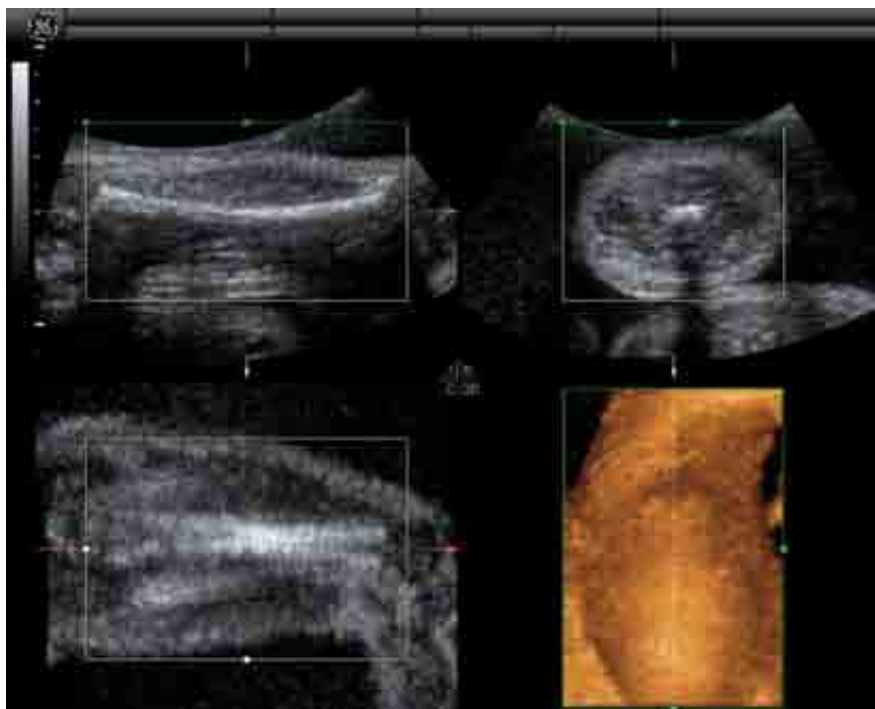


Figura 9

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

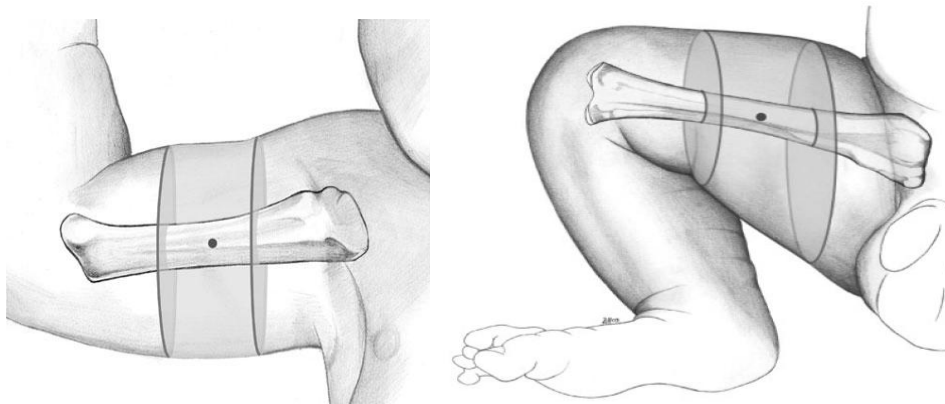


Figura 10

Fuente: Lee et al 2004 ⁽⁴⁶⁾

Una vez almacenada la información, se extrae del equipo de ultrasonido a un ordenador con procesador de imágenes, se despliegan las imágenes obtenidas para su manipulación, - en el proceso de estandarización se remueven los identificadores de las pacientes y se manipulan por 2 examinadores cegados -.

Para el proceso off-line se utiliza el programa ViewPoint, GE Healthcare versión 5.6.3.288 en el submenú de “Exploración”, se elige el archivo con las imágenes de la paciente, se elige la imagen de uno de los huesos largos, sea fémur o humero en la modalidad de exploración 4D. Se despliega como imagen principal el corte sagital del hueso largo, con la epífisis proximal lateralizada a la izquierda, se aplica en el menú para manipulación de imágenes un filtro color sepia o hielo (num 2 o 3) para delinear mejor los contornos de la masa magra y la masa grasa, en la modalidad TUI (Tomographic Ultrasound Imaging), se programan 13 cortes tomográficos y se centra la diáfisis para tener 6 cortes derechos y 6 izquierdos los cuales serán a nivel de la mitad del tercio proximal, en la unión de tercio proximal con el tercio medio, en la unión de los cuartos proximales del tercio medio, en la mitad de la diáfisis, unión de cuartos proximales del tercio medio, en la unión del tercio medio y distal y en la mitad del tercio distal de la diáfisis. Las mediciones se realizaran con la magnificación máxima posible que permita la observación de la totalidad del corte en el formato de visualización de 2 pantallas (fig 11)

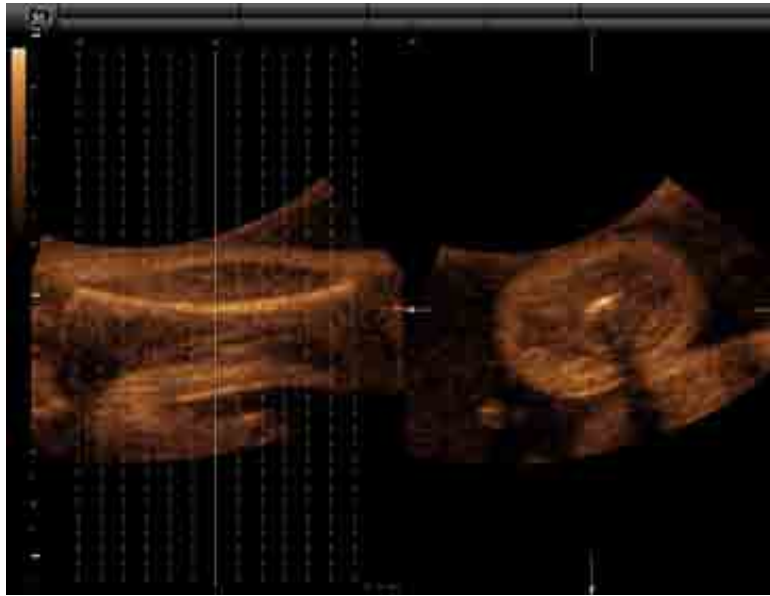


Figura 11

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

La masa grasa es medida tomando el total del área obtenida en esta imagen y sustrayendo el área central que corresponde a masa magra, consistente en hueso y músculo. Se realizan al menos dos mediciones de cada parámetro y se utiliza el valor medio de cada conjunto de observaciones para el análisis.

Una vez que se realizan las mediciones descritas se procede a realizar mediciones en una vista sagital de la extremidad de la masa magra y la masa grasa en los mismos niveles que los cortes tomográficos, del borde anterior del hueso a la zona hiperecogénica subcutánea que corresponde a masa magra y del área ecogénica que incluye piel y grasa que será considerada masa grasa. (Fig 12)

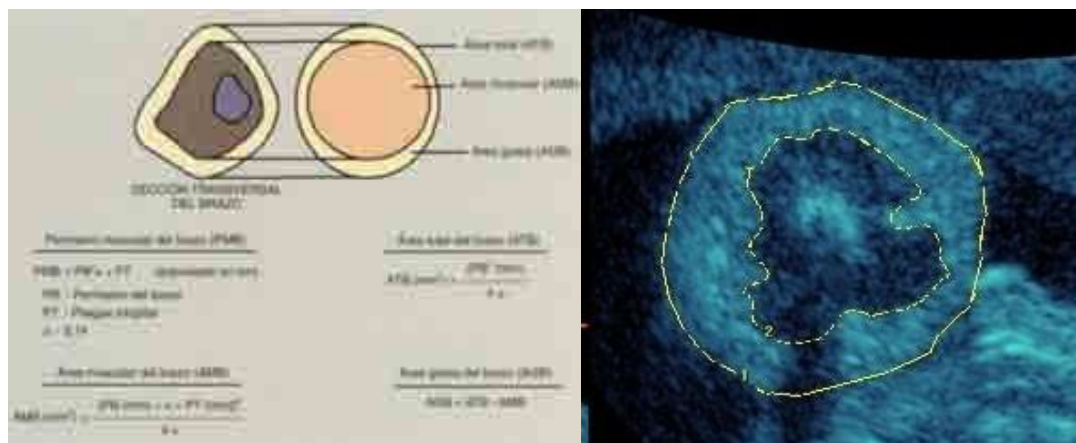


Fig 12

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

ANEXO 4
ESTANDARIZACIÓN DE LA TÉCNICA DE MEDICIÓN
UTILIDAD DE NUEVAS TÉCNICAS BASADAS EN ULTRASONOGRAFIA DE
TERCERA DIMENSION E IMÁGENES TOMOGRAFICAS POR ULTRASONIDO
EN LA EVALUACION FETAL DE PARAMETROS DE CRECIMIENTO

Grasa Fetal Estandarización			
Parámetro	Observador 1	Observador 2	Promedio
Diámetro biparietal			
Circunferencia cefálica			
Circunferencia abdominal			
Grosor grasa abdominal línea media			
Grosor grasa abdominal paramedia derecha			
Grosor grasa abdominal paramedia izquierda			
Distancia Aorta/piel corte sagital			
Distancia Aorta/piel corte axial			
Grosor grasa subescapular			
Distancia escapula/piel			
Longitud humeral			
Mitad tercio proximal masa grasa	3ª línea		
Mitad tercio proximal masa magra			
Unión tercio proximal/medio masa grasa	5ª línea		
Unión tercio proximal/medio masa magra			
Unión cuartos proximales de 1/3 medio masa grasa	6ª línea		
Unión cuartos proximales de 1/3 media masa magra			
Mitad de humero masa grasa	7ª línea		
Mitad de humero masa magra			
Unión cuartos distales 1/3 medio masa grasa	8ª línea		
Unión cuartos distales 1/3 medio masa magra			
Unión tercio medio/distal masa grasa	9ª línea		
Unión tercio medio/distal masa magra			
Mitad tercio distal masa grasa	11ª línea		
Mitad tercio distal masa magra			
Longitud Femoral			
Mitad tercio proximal masa grasa	3ª línea		
Mitad tercio proximal masa magra			
Unión tercio proximal/medio masa grasa	5ª línea		
Unión tercio proximal/medio masa magra			
Unión cuartos proximales de 1/3 medio masa grasa	6ª línea		
Unión cuartos proximales de 1/3 media masa magra			
Mitad de humero masa grasa	7ª línea		
Mitad de humero masa magra			
Unión cuartos distales 1/3 medio masa grasa	8ª línea		
Unión cuartos distales 1/3 medio masa magra			
Unión tercio medio/distal masa grasa	9ª línea		
Unión tercio medio/distal masa magra			
Mitad tercio distal masa grasa	11ª línea		
Mitad tercio distal masa magra			

Fuente: Unidad de Investigación en Medicina Fetal del Departamento de Medicina Materno Fetal del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes"

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Gleicher. *Tratamiento de las complicaciones clínicas del embarazo*. 3a.ed. Panamericana, 2004.
- 2.- Manning F. *Fetal medicine. Principles and Practice*. Ed Appleton and Lange, 1995.
- 3.- Lepercq J, Boileau P. «Fisiología del crecimiento fetal.» Cap. E-5-005-A-15 de *Enciclopedia Medico Quirurgica*. Elsevier SAS, 2005.
- 4.- Parreti E, Carignani L, Cioni R, Bartoli E, Borri P, La Torre P, Mecacci F, et al. «Sonographic evaluation of fetal growth and Body composition in women with different degrees of normal glucose metabolism.» *Diabetes Care* 2003 ;26 : 2741-8.
- 5.-Enzi G, Caretta I, Villani F, Zanardo V, DeBiasi F. «Development of adipose tissue in newborns of gestational-diabetic and insulin-dependent diabetic mothers.» *Diabetes* 1980; 29:100-4
- 6.- Shields B, Knight B, Powell R, Hattersley A, Wright D. «Assessing newborn body composition using principal components analysis:Differences in the determinants of fat and skeletal size.» *BMC Pediatrics* 2006; 6 : 1-11.
- 7.- Rodriguez G, Samper P, Ventura P, Moreno L, Olivares J, Perez JM. «Gender differences in newborn subcutaneous fat distribution.» *Eur J Pediatr* 2004: 163: 457-461.
- 8.- Moreno J, Serra D. «Alteraciones en la nutrición fetal y efectos a largo plazo ¿algo más que una hipótesis?» *Acta pediatr esp* 2001;59: 573-581.
- 9.- Sloboda D, Hart R, Doherty D, Penell C, Hickey M. «Age at menarche:influences of prenatal and postnatal growth.» *J Clin Endocrinol Metab* 2007;92 (1): 46-50.
- 10.- Duran P. «Nutrición temprana y enfermedades en la edad adulta; acerca de la "hipótesis de Barker".» *Arch argent pediatr* 2004 ;102(1): 26-32.
- 11.- Catalano P, Thomas A, Houston-Presley L, Amini S. «Increased fetal adiposity:a very sensitive marker of abnormal in utero development.» *Am J Obstet Gynecol* 2003;189, (6) : 1698-1704.
- 12.- Larciprete G, Valensise H, VasopolloB, Novelli G, Parretti S, Altomare F, Di Pierro G, et al. «Fetal subcutaneous tissue thickness (SCTT) in healthy and gestational diabetic pregnancies.» *ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 22: 591-597.
- 13.- Hillier T, Pedula K, Schmidt M, Mullen J, Charles M, Pettitt D. «Childhood obesity and metabolic imprinting.» *Diabetes Care* 2007;30(9): 2287-2291.
- 14.- Valensise H, Larciprete G, Arduini D, De Lorenzo A. «The fetal body compartments and their detection during pregnancy. .» *Acta Diabetol* 2003; 40 : S79-s82.
- 15.- Rohl J, Huston-Presley L, Amini S, Stepanchack B, Catalano P. «Factors associated with fetal growth and body composition as measured by ultrasound.» *Am J Obstet Gynecol* 2001; 185,(6): 1416-1420.
- 16.- Anzures LB. «Identificación de niños de alto riesgo para presentar diabetes mellitus tipo 2.» *Acta Pediatr Mex* 2002 23(5): 292-297
- 17.- Tene C, Espinoza-Mejia MY, Silva-Rosales NA, Giron-Carrillo JL. «El elevado al nacer como factor de riesgo para obesidad infantil.» *Gac Med Mex* 2003;139(1): 15-20.

- 18.- Sewell M, Huston-Presley L, Super D, Catalano P. «Increased neonatal fat mass, not lean body mass, is associated with maternal obesity.» *Am J Obstet Gynecol* 2006;195: 1100-1103.
- 19.- Guijard-Costa A, Papiernik E, Kolb S. «Maternal predictors of subcutaneous fat in the term newborn.» *Acta pæ diatr* 2004 ;93: 346-349.
- 20.- Abramowicks J, Robischon K, Cox C. «Incorporating sonographic cheek to cheek diameter, biparietal diameter and abdominal circumference improves weight estimation in the macrosomic fetus.» *Ultrasound Obstet Gynecol* 1997;9: 409-413.
- 21.- Sood A, Yancey M, Richards D. «Prediction of fetal macrosomia using humeral soft tissue thickness.» *Obstet Gynecol* 1995;85(6): 937-940.
- 22.- Bernstein I, Goran M, Amini S, Catalano M. «Differential growth of fetal tissues during the second half of pregnancy.» *Am J Obstet Gynecol* 1997;176 (1): 28-32.
- 23.- Rigano S, Ferrazzi E, Radaelli T, Taricco E, Cetin I, Pardi G. «Sonographic measurements of subcutaneous fetal fat in pregnancies complicated by gestational diabetes and in normal pregnancy.» *Croat med J* 2000; 41(3): 240-244.
- 24.- Bethune M, Bell R. «Evaluation of the measuremn of the fetal fat layer, interventricular septum and abdominal circumference percentile in the prediction of macrosomia in pregnancies affected by gestational diabetes.» *Ultrasound in Obstet Gynecol* 2003;22: 586-590.
- 25.- Cardenas-Lopez C, Haua-Navarro K, Suverza-Fernandez A, Perichart-Perera. «Mediciones antropometricas del neonato.» *Bol Med Hosp Infant Mex* 2005;62(3): 214-224.
- 26.- Rojas MI. «aspectos practicos de la antropometria en pediatria.» *Paediatrica* 2000;3(1): 22-26.
- 27.- Caiza M, Diaz J, Simini F. «Indice ponderal para calificar a una poblacion de recien nacidos a termino.» *An Pediatr (Barc)* 2003;59(1): 48-53.
- 28.- Catalano P, Tyzbir E, Allen S, McBeanJ, McAuliffe T. «Evaluation of fetal growth by estimation of neonatal body composition.» *Obstet Gynecol* 1992;79(1): 46-50.
- 29.- Whitelaw A. «subcutaneous fat in newborn infants of diabetic mothers: An indication of quality of diabetic control.» *The Lacet*, 1977;1: 15-18.
- 30.- Shen W, Wang Z, Punyanita M, Lei J, Sinav A, Kral J, Imielinska C, et al. «Adipose tissue quantification by imaging methods: A poposed classification.» *Obes Res* 2003;11(1): 5-16.
- 31.- De Bruin N, van Velthoven K, Stijnen T, Juttmann R, Degenhart H, Visser H. «Body fat and fat-free mass in infants:. new and classic anthropometric indexes and prediction equations compared with total-body electrical conductivity.» *Am J clin Nutr* 1995; 61: 1195-1205.
- 32.- Ellis K. «Evaluation of body composition in neonates and infants.» *seminars in fetal & neonatal medicine* 2007;12 : 87-91.
- 33.- Orlando A, Dempster P, Aitkens S. «A new air displacement plethysmograpf for the measurements of body composition in infants.» *Pediatric Research* 2003;53(3): 486-492.

- 34.- Guansheng M, Yao M, Liu Y, Lin A, Zou H, Urlando A, Wong W, et al. «Validation of a new pediatric air-displacement plethysmograph for assessing body composition in infants.» *Am J Clin Nutr* 2004;79: 653-660
- 35.- Ellis K, Yao M, Shypailo R, Urlando A, Wong W, Heird W. «Body composition assessment in infancy:air displacement plethysmography compared with a reference 4-compartment model.» *Am J Clin Nutr* 2007;85 : 90-95.
- 36.- Padoan A, Rigano S, Ferazzi E, Beaty B, Battaglia F, Galan H. «Differences in fat and lean mass proportions in normal and growth-restricted fetuses.» *American Journal Of Obstetrics and Gynecology* 2004;191: 1459-1464.
- 37.- Mallard E, Rees S, Stringer M, Cook ML, Harding R «Effects of chronic placental insufficiency on brain development in fetal sheep» *Pediatr Res* 1998;43:262–270
- 38.- Cragg B « The development of cortical synapses during starvation in the rat » *Brain* 1972;95:143–150
- 39.- Borradori C, Zimine S, Warfield S. «Early Alteration of Structural and Functional Brain Development in Premature Infants Born with Intrauterine Growth Restriction » *Pediatr Res* 2004;56:132-138
- 40.- Long NM, Vonnahme KA, Hess BW, Nathanielsz PW « Effects of early gestational undernutrition on fetal growth, organ development, and placentomal composition in the bovine » *J Anim Sci* 2009.87:1950-959.
- 41.- Lesage J, Del Favero F, Leonhardt M. «Prenatal stress induces intrauterine growth restriction and programmes glucose intolerance and feeding behavior disturbances in the aged rat» *Journal of Endocrinology* 2004; 181, 291–296
- 42.- Latini G, De Mitri B, Del Vecchio A « Foetal growth of kidneys, liver and spleen in intrauterine growth restriction: “programming” causing “metabolic syndrome” in adult age » *Acta Paediatr* 2004; 93: 1635-1639
- 43.- Tan T, Yeo G. « Intrauterine growth restriction» *Curr Opin Obstet Gynecol* 2005 17:135–142.
- 44 .- Holemans K, Aerts L, Van Assche F. « Lifetime consequences of abnormal fetal pancreatic development» *J Physiol* 2003 ; 547.1 : 11-20
- 45.- Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. *J Am Stat Assoc* 1987;82:1191
- 46.- Lee W, Deter RL, McNie B et al. Individualized growth assessment of fetal soft tissue using fractional thigh volume. *Ultrasound obstet gynecol* 2004;24:766-774
- 47.- Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL, et al. Fractional limb volume – a soft tissue parameter of fetal body composition : validation, technical considerations and normal ranges during pregnancy. *Ultrasound obstet gynecol* 2009; 33:427-440
- 48.- Lee W, Balasubramaniam M, Deter RL et al. Fetal growth parameters and birth weight: their relationship to neonatal body composition. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2009;33:441-446