

11282
3
20



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE MEDICINA

EFFECTO DEL GASTO ENERGETICO MATERNO
SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LA LACTANCIA
Y EL CRECIMIENTO DEL NIÑO

T E S I S

Q U E P R E S E N T A E L

M.C. SALVADOR VILLALPANDO HERNANDEZ

PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS MEDICAS

ASESOR ACADEMICO: DR. HOMERO MARTINEZ SALGADO

MEXICO, D. F.
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1996.
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

INDICE

Contenido	Página
I. Resumen	4
II. Antecedentes	
II.1 Crecimiento de los niños alimentados al pecho	6
II.2 Métodos de medición	
II.2.1 Producción de leche	8
II.2.2 Composición corporal	8
II.2.3 Gasto de energía	10
II.3 Producción de leche de las mujeres de comunidades pobres	12
II.4 Relación entre dieta, estado nutricional y composición de la leche	13
II.5 Efecto de suplementar dietéticamente a la madre sobre la producción y composición de la leche	15
II.6 Balance materno de energía, producción y composición de la leche	17
III.1 Investigaciones previas de autor acerca de mujeres lactantes y sus hijos en la comunidad de San Mateo Capulhuac, Estado de México	19
IV Justificación	23

V.	Objetivos	24
VI.	Hipótesis	24
VII.	Diseño del estudio	25
VIII.	Métodos	26
VIII.	Análisis estadístico	33
IX.	Resultados	
IX.1	Antropometría	34
IX.2	Consumo dietético	35
IX.3	Composición corporal	36
IX.4	Gasto Total de energía	37
IX.5	Gasto metabólico basal	38
IX.6	Nivel de actividad física y gasto por actividad física	38
IX.7	Patrón de actividad física	39
IX.8	Producción y composición de leche	39
IX.9	Requerimientos totales de energía	41
X.	Análisis casuístico de algunas variables	41
XI.	Discusión	44
XII.	Conclusiones	54
XII.	Bibliografía	56

RESUMEN

Las mujeres lactantes de países en vías de desarrollo producen leche con concentraciones mas bajas de lípidos y energía que las mujeres lactantes que viven en países desarrollados. En consecuencia sus hijos, alimentados exclusivamente al pecho podrían consumir cantidades insuficientes de energía, como parece sugerirlo la observación hecha en muchos países de que desaceleran su crecimiento de manera significativa entre los 4 y los 6 meses postparto. En estudios previos hemos mostrado que la magnitud de las reservas corporales de grasa de la madre, medidas como peso corporal, suma de pliegues cutáneos o como masa grasa, guardan una relación directa con la concentración de lípidos de la leche. La magnitud de las reservas corporales de grasa deben guardar a su vez una relación estrecha con el balance de energía de la madre. Explicar los mecanismos fisiológicos de esta asociación permitirán diseñar intervenciones nutricias mas efectivas, las cuales al mejorar el estado nutricional de la madre mejoren también el del niño. Esta investigación tiene como propósito comparar los elementos que integran el balance de energía, la composición corporal y la producción y composición de la leche de dos grupos de mujeres que viven en una comunidad rural pobre y que tienen estados de nutrición diferentes de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC). Bajo la hipótesis de que el balance de energía de la madre es una determinante de la producción y composición de la leche en mujeres que tienen reservas corporales limitadas de lípidos, mismas que afectan negativamente el contenido de lípidos y por lo tanto de energía de la leche.

Se estudiaron 40 mujeres lactantes de la comunidad Otomí de San Mateo Capulhuac, Estado de México, estratificadas de acuerdo a su IMC en dos grupos: uno con IMC <22.2 considerado como bajo y otro >23.5 considerado como moderado. A los 0.5, 3 y 6 meses se midieron el peso, la talla, los pliegues bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco; la historia dietética; la composición corporal mediante una técnica de dilución de isótopos estables; el gasto total de energía (GTE), y el gasto metabólico basal (GMB); así como la producción y composición de la leche producida en 24 hs. Resultados . Las mujeres de ambos grupos tuvieron una estatura similar, cercana a 148 cm. El peso corporal (10 kg), el agua corporal total (3 kg), la masa libre de grasa (4 kg) y la masa grasa (5 kg) fueron mayores en la mujeres con IMC moderada. El GTE no fue diferente entre los grupos, pero el GMB fue mayor y el Gasto por actividad física (GAF) menor en las mujeres con IMC moderado. Los análisis de varianza y covarianza confirmaron la asociación entre la masa grasa materna y las concentraciones de lípidos y energía de la leche, pero no demostraron ninguna asociación entre los componentes del balance de energía y la composición de la leche. En conclusión: Bajo estos niveles de nutrición la lactancia no fue subsidiada por la movilización de reservas corporales de energía. Tampoco fue subsidiada por mecanismos de ahorro de energía en el GMB o en el GAF, por lo tanto el GTE ni sus componentes influyeron sobre la eficiencia de la lactancia. El costo de la lactancia fue cubierto por adecuaciones en la ingesta de energía. Como hallazgo colateral se pudo confirmar que las técnicas de encuesta dietética, aun las mas cuidadosa subestiman importantemente el consumo de energía.

ANTECEDENTES

Crecimiento de los niños alimentados al pecho

Los niños que viven en comunidades marginadas de países en desarrollo crecen eficientemente durante las primeras semanas de vida. Existen datos que sugieren que la alimentación exclusiva al seno materno mantiene un crecimiento adecuado hasta alrededor del tercer mes postparto, desacelerándose poco después. No está claro si tal deficiencia en el crecimiento se debe a una producción insuficiente de leche materna o a que los requerimientos energéticos son mayores en estos lactantes debido a la alta prevalencia de enfermedades infecciosas que sufren. Las infecciones agudas además de aumentar las necesidades de energía disminuyen el consumo de alimentos a causa de la anorexia. Mas aun, los efectos catabólicos de algunas interleucinas perduran aun después de que la infección desaparece (1-5).

La edad a la cual se hace evidente y la gravedad de la desaceleración del crecimiento de los niños alimentados predominantemente al pecho varía según las poblaciones (1). En general, el crecimiento promedio de los niños alimentados al pecho en comunidades con salarios promedio, educación y sanidad ambiental buenos, a las cuales llamaremos de aquí en adelante: comunidades protegidas, se separa del percentil 50 de la referencia del NCHS a partir del 4º-6º mes de vida (6-7). Sus contrapartes de comunidades con salarios bajos, educación y sanidad ambiental malos, a las cuales llamaremos de aquí en adelante: comunidades pobres, se apartan más temprano y con más intensidad de la mediana de los datos de referencia. El peso y la longitud al nacimiento de los niños de estas últimas comunidades suelen ser menores, debido a que el periodo inicial de crecimiento acelerado

termina mas temprano, entre los 2 y 3 meses de edad. El período de crecimiento rápido es seguido habitualmente por una desaceleración más notable que la que ocurre en los niños de comunidades protegidas (7-9).

Un problema de salud pública aún sin resolver es el dilema acerca de la manera de prevenir tal deficiencia en el crecimiento temprano, ya que puede abordarse suplementando a la mujer lactante o directamente al hijo que está alimentado al pecho (1-10).

La introducción temprana de alimentos suplementarios en la dieta del niño aumenta el riesgo de enfermedades infecciosas y puede desplazar a la leche humana. Esto puede dar como resultado una disminución neta en el consumo de nutrimentos indispensables, especialmente si la calidad nutricia del alimento suplementario es pobre y su densidad energética es baja.

Los factores de riesgo que pueden deteriorar el estado nutricional de los lactantes, al introducir alimentos suplementarios antes de los tres meses de edad han sido claramente descritos (10); y están relacionados con la mayor frecuencia de infecciones y el desplazamiento de alimentos de mayor densidad energética y calidad alimenticia. El riesgo de que se deteriore el estado nutricional debido a la introducción de alimentos diferentes a la leche materna después de los tres meses de edad, no es muy claro. Por otra parte un niño suplementado, mejor nutrido, puede tolerar más fácilmente la agresión de las infecciones.

Métodos para medir la producción diaria de leche, la composición corporal y el gasto de energía.

Producción de leche. En la mayoría de los trabajos la producción de leche humana ha sido estimada por la técnica de pesaje, la cual consiste en pesar al bebe antes y después de cada tetada. La diferencia entre ambos pesos es considerada como la cantidad de leche consumida por el lactante (11). Se requieren para ello balanzas de gran precisión (variabilidad menor a 1 g) y madres con nivel de educación suficiente, ampliamente comprometidas con el estudio. En el caso de mujeres iletradas o con bajo nivel de compromiso es necesario que un trabajador de campo realice las mediciones mediante una gran inversión de tiempo y esfuerzo. Un método alternativo para medir la producción de leche, es el de dilución isotópica utilizando un isótopo estable, generalmente deuterio, administrado a la madre (12). Este procedimiento ha sido utilizado de manera limitada, principalmente en mujeres inglesas y americanas (13,14). También ha sido utilizado en mujeres lactantes de Gambia (14), Papua-Nueva Guinea (15) y México por nuestro grupo (16). La producción diaria de leche fue comparable en los tres estudios, variando entre 813-863 g/d entre el 4º y 6º mes postparto.

Composición corporal. La composición corporal puede evaluarse por métodos antropométricos, de dilución, morfométricos y densitométricos. Todos ellos están basados en un modelo corporal con dos compartimentos: la masa grasa y la masa libre de grasa. La primera esta constituida por la acumulación de triacilgliceroles depositados principalmente en el tejido adiposo. El segundo está conformado por el tejido muscular, los órganos, las faneras y el complejo celular del esqueleto, es decir por la masa celular activa. La mayor

parte de estos métodos miden el espacio de agua corporal; restando el peso equivalente al espacio de agua del peso corporal total, la diferencia corresponde gruesamente a la masa grasa.

Métodos antropométricos. El método antropométrico más directo consiste en estimar la densidad corporal, relacionando el peso corporal con el volumen de agua desplazado por el cuerpo menos el volumen de aire pulmonar residual (17). La medición de pliegues cutáneos permiten estimar la adiposidad, sin embargo las variaciones en la distribución de la grasa corporal que ocurren debido a la edad, el sexo y el estado fisiológico hace difícil la interpretación de un solo pliegue. Es conveniente medir varios pliegues para tener mejores aproximaciones.

Métodos de dilución. La administración de dosis conocidas de colorantes, o isótopos radioactivos o estables capaces de difundir eficientemente en los espacios acuosos del cuerpo, permiten estimar el tamaño del espacio total de agua. Una vez que el trazador se diluyó de manera homogénea, su concentración es igual en cualquier líquido corporal. Por lo tanto, el espacio total de agua se calcula dividiendo la dosis total del trazador administrada inicialmente entre su concentración en un líquido biológico dado, multiplicado por 100 (18).

Métodos morfométricos y densitométricos. Estos métodos tienen una base común, que es la capacidad de diferenciar las densidades de cada uno de los espacios. Para ellos se involucran diferentes procedimientos que incluyen la absorción de radiaciones (Dexa), la tomografía computarizada, la impedancia o la conductancia corporales en respuesta al paso de corrientes eléctricas de frecuencia variable. Finalmente los cálculos expresan mediciones

tanto de la masa grasa como de la masa libre de grasa (masa magra). Cada uno de estos métodos tiene ventajas y desventajas, los de mayor especificidad y sensibilidad son en orden decreciente: la densitometría corporal, los métodos de dilución y la dexa. Los de conductancia e impedancia tienen una menor precisión debido a que conceptualizan al cuerpo humano como una serie de cilindros regulares, lo cual distorsiona los cálculos. La densitometría corporal requiere de instalaciones especiales y costosas; el procedimiento hace difícil un seguimiento longitudinal. Los métodos de dilución colorimétricos son invasivos ya que el colorante se administra por vía venosa y es necesario tomar al menos una muestra de sangre; sin embargo son de bajo costo. Los de dilución isotópica no son invasivos pero los isótopos estables y su medición son costosos, y el riesgo inherente a los isótopos radioactivos limitan éticamente su uso. El método de absorciometría de rayos X (Dexa) no es invasivo, permite diferenciar otros compartimentos como el compartimento mineral óseo, pero requiere de instalaciones especiales y de costo elevado (18).

Medición del gasto de energía. Las mediciones más tempranas del gasto total de energía del cuerpo humano se basaron en la estimación del calor irradiado por el cuerpo a una cámara cerrada de agua y fue llamado método de calorimetría directa. El avance tecnológico ha permitido la evolución de estas cámaras de agua primitivas ideadas en el siglo pasado, a cámaras con las dimensiones de una habitación normal. En ellas se puede medir el calor irradiado por un sujeto en un período determinado de tiempo, computando los cambios de temperatura inducidos. Desde el siglo 18, Lavoisier sentó las bases de lo que más tarde sería la calorimetría indirecta. Este químico francés midió los componentes del aire, antes y después de la inspiración pulmonar, encontrando que el aire espirado contenía una mayor

cantidad de carbono (aire fijado) y una menor concentración de oxígeno. Con tales premisas propuso que el enriquecimiento del aire con carbono era producto de la combustión de los alimentos. Los estudios hechos desde el siglo pasado por Voit y perfeccionados más tarde por Rubner, Atwater, Weir, Harris y Benedict y Dubois confirmaron que la relación estequiométrica entre el consumo de oxígeno y la liberación de calor que ocurre durante la oxidación de sustratos biológicos, es similar a la que ocurre durante las reacciones químicas que ocurren durante la combustión. Por lo tanto el gasto de energía y la tasa de oxidación de sustratos específicos pueden ser medidos mediante calorimetría directa o mediante la medición simultánea del consumo de oxígeno, la producción de CO₂ y la excreción urinaria de oxígeno (19,20). El procedimiento de calorimetría indirecta que consiste en la medición del intercambio de gases respiratorios, usa tradicionalmente circuitos cerrados en los cuales el paciente respira en una mascarilla o en una pequeña tienda. También se han desarrollado sistemas tan amplios como una habitación, con un flujo controlado de aire y sensores para medir las concentraciones de oxígeno y CO₂. Este procedimiento no permite efectuar mediciones en condiciones de vida libre. El método de agua doblemente marcada, usando isótopos estables del hidrógeno y el oxígeno, ha cobrado popularidad muy rápidamente como una herramienta nueva para investigar el metabolismo de energía. Es el primer método realmente no invasivo para medir el gasto de energía en sujetos viviendo libremente, además permite medir el gasto habitual por períodos continuos de 10 a 20 días. La precisión y exactitud es superior a la obtenida por métodos factoriales tradicionales. Nuestro grupo tiene experiencia en el manejo de esta técnica en niños (21) y adolescentes midiendo el gasto total de energía. También se ha validado la estimación de la producción

de leche usando isótopos estables mediante la administración de la dosis a la madre comparándolo con el método de pesaje, como estándar de oro (14,22). A pesar de que el método se maneja en un número reducido de centros, ya ha sido utilizado en niños prematuros y recién nacidos, lactantes, preescolares, mujeres embarazadas y lactantes, adultos normales y obesos, atletas, pacientes hospitalizados y ancianos. (19). El método está basado en la estimación de la producción diaria de CO₂, misma que se calcula como la diferencia entre los espacios de dilución del O¹⁸ y del Deuterio y sus curvas de desaparición, después de la administración de una dosis de ambos isótopos. Aunque solamente mide la producción de CO₂ y no el consumo de oxígeno, este puede ser calculado con mucha precisión si se tiene una buena medición de la mezcla de macronutrientes contenidos en la dieta de los sujetos bajo estudio. El cálculo ponderado de los cocientes respiratorios de cada uno de los nutrientes da como resultado un cociente de los alimentos (CA). El método propuesto por Black y col permite convertir el CA a Coeficiente Respiratorio, aun en condiciones de desbalance con un error potencial no mayor del 2% (23, 24).

Producción de leche por mujeres de comunidades pobres.

Los estudios que han evaluado la eficiencia de la lactancia en mujeres con alimentación marginal no son concluyentes. En unos se ha informado que la producción de leche es adecuada tanto cuantitativa como cualitativamente (13,16,25,26) pero en otros se ha encontrado inadecuada (27-30), tanto en volumen como en composición.

En poblaciones protegidas, el promedio de producción diaria de leche varia desde 525 hasta 789 g/d (26,30,31). En el caso de países pobres los volúmenes informados varían entre 500 - 850 ml (13,22,26,29,30). En un estudio patrocinado por la OMS, los volúmenes de leche producidos por mujeres de comunidades pobres guardaron relación con el nivel socioeconómico. Así, las de nivel mas alto tuvieron volúmenes menores, probablemente debido a la mayor frecuencia de casos en los cuales se combinaba el uso de sucedáneos de la leche con la alimentación al pecho y la mas temprana introducción de alimentos sólidos (26). La interpretación de esos resultados es difícil debido a que no se midió o no se informó en el estudio el consumo de alimentos complementarios por los niños. Vale la pena llamar la atención, que en este mismo estudio (26), las mujeres de Zaire, cuyos índices de masa corporal fueron los mas bajos que se registraron, tuvieron una producción de leche sistemáticamente baja. La producción diaria de leche parece verse afectada también en comunidades que sufren variaciones cíclicas en la disponibilidad de alimentos. En Gambia, Kenya, Zaire y Bangladesh la producción láctea diaria varió de acuerdo a las estaciones del año. Estas diferencias estacionales se asociaron a cambios en la disponibilidad de alimentos, ya que la producción mas baja ocurrió en las estaciones que coincidían con los periodos de siembra (13,29,32,33). Durante ellos la reserva de alimentos obtenida en la cosecha previa, está en su nivel mas bajo, mientras que la inversión de trabajo físico es la mas alta.

Relación entre dieta, estado de nutrición y composición de la leche.

Los estudios realizados en comunidades pobres han proporcionado datos contradictorios acerca de las consecuencias de una nutrición materna deficiente sobre la composición de su

leche (26). La composición de la leche de mujeres africanas con nutrición subóptimas tuvo una concentración de proteínas similar a la de mujeres europeas bien alimentadas. Lo anterior sugiere que las proteínas de la leche no se ven afectadas cuantitativamente por las variaciones del estado nutricional materno (15,34). En mujeres de varias comunidades con alimentación marginal, cuya dieta habitual tiene un contenido de energía y proteína inferior a los requerimientos, entre ellos uno realizado por nuestro grupo, han demostrado concentraciones bajas de lípidos en la leche (3,22,26, 35, 36). Otros estudios no han confirmado estos hallazgos (15,37,38). Las concentraciones promedio de los lípidos en la leche de estas mujeres variaron entre 15.7 y 23.1 mg/g respectivamente en comparación con los 35.0 a 40.0 mg/g que han sido informados en mujeres bien nutridas.

La concentración de lípidos en la leche humana guarda una relación directa con la adiposidad corporal materna según estudios llevados a cabo en Gambia (13), Bangladesh (3) y Honduras (39) y por nuestro grupo en México (14). En el estudio de Gambia a pesar de que las mujeres movilizaron parte de sus reservas de grasa durante la lactancia, su producción de leche disminuyó durante la estación de lluvias, que es un tiempo de escasez de alimentos. Además la concentración de lípidos de la leche disminuyó de manera paralela a la grasa subcutánea materna (37) durante esta temporada. Tales concentraciones bajas de lípidos en la leche pueden ser atribuibles al alto consumo de hidratos de carbono y bajo de lípidos en la dieta. Las mujeres de Costa de Marfil (35), Guatemala (26) y México (22), cuyas dietas contienen cerca de 70% de su energía como hidratos de carbono y menos del 20% como lípidos producen leche con bajas concentraciones de lípidos. La baja cantidad de energía consumida como lípidos puede ser determinante del contenido de lípidos en la

leche en mujeres con este nivel de nutrición, ya que un bajo consumo dietético de lípidos obliga a una mayor síntesis de novo por la glándula mamaria (40). La glándula mamaria parece tener una capacidad para sintetizar ácidos grasos de novo tal, que resulta insuficiente para alcanzar, por sí sola, las concentraciones de lípidos en la leche que suele alcanzar una mujer cuya dieta contribuye con la mayor parte de los ácidos grasos necesarios (41).

Otros factores además de los nutricios, pueden influir sobre la producción de leche, tal es el caso de las alteraciones que pueden ocurrir en los niveles séricos de cortisol y hormona de crecimiento en respuesta a situaciones sostenidas de tensión. El escaso contacto entre la madre y el hijo que incluye un menor número de tetadas, reduce los estímulos fisiológicos para la síntesis y eyección de la leche. Los episodios de infección agudas del niño producen anorexia y por lo tanto disminuyen su demanda de leche.

Efecto de suplementar dietéticamente a la madre sobre la producción y composición de la leche.

Con el propósito de evitar los riesgos inherentes a la introducción temprana de alimentación suplementaria se han diseñado varios estudios de intervención cuyo objetivo ha sido mejorar la producción materna de leche. Ninguno de ellos demostró efectos significativos sobre el crecimiento de los niños o sobre la composición y producción de la leche. Un buen número de tales estudios carecían de un diseño apropiado. Solamente dos de ellos tuvieron diseños que se antojan adecuados, ya que suplementaron a las mujeres lactantes con una cantidad de energía suficiente como para prever efectos metabólicos significativos.

Además, midieron la cantidad de energía desplazada de la dieta habitual por el suplemento. En uno de ellos, se suplementó a madres lactantes con cerca de 800 Kcal por día pero no se observó ningún cambio en la producción diaria de leche y los observados en la composición de la leche no fueron significativos (42). El otro estudio más reciente, realizado en Guatemala, también se suplementó a las madres, teniendo especial cuidado en medir con gran precisión la producción diaria de leche. Los autores observaron en ese estudio un incremento de 47 g por día en la producción de leche después de 20 días de suplementación (43), pero no informaron cambios en la composición.

Debido a la información anterior, se ha puesto en duda la capacidad de las mujeres que viven en comunidades pobres para producir leche suficiente en cantidad y contenido de nutrientes, que garantice el crecimiento óptimo de sus hijos (Capacidad de lactancia). Tal duda se basa en la hipótesis de que las circunstancias socioeconómicas en las que viven no les permiten alcanzar una nutrición adecuada y por lo tanto un funcionamiento sistémico óptimo para la producción eficiente y suficiente de leche. El estado nutricional de estas mujeres se encuentra muy frecuentemente en desmedro (stunting) y menos frecuentemente en desmedro y emaciación (wasting) (16). Muchas mujeres de estas comunidades realizan durante el embarazo y la lactancia trabajos que demandan un alto gasto de energía. Tal es el caso de las labores agrícolas y el empleado en transportarse dentro de la comunidad y hacia los campos de cultivo. Es muy probable que lo anterior interfiera de manera adicional con el desarrollo de una capacidad óptima de lactancia.

Balance materno de energía, producción y composición de la leche.

La lactancia es la fase del ciclo reproductivo humano que tiene el costo energético mas alto. Su costo energético puede ser cubierto por aumento en el consumo dietético, movilización de las reservas corporales de grasa, disminución del gasto energético o aumento de la eficiencia metabólica. Los expertos de la FAO/WHO/UNU (44) han recomendado que se suplemente la dieta habitual de la madre lactante con aproximadamente 550 kcal diarias durante los primeros 6 meses de lactancia. Esa recomendación está basada en el cálculo factorial que asume una producción diaria de leche de 796 mL/d, con un contenido de energía de aproximadamente 7 kcal/ml, una eficiencia de conversión de energía de la dieta a leche del 80% y una movilización de grasa materna de 250 kcal/d. Si durante el embarazo no hay una adecuada aposición de grasa entonces la recomendación es de suplementar a la madre con 720 kcal/d. En los países pobres es difícil cubrir el costo energético de la lactancia mediante un aumento en el consumo de energía de la dieta como lo demuestran varios estudios que describen el consumo dietético de mujeres lactantes en países en desarrollo (38, 45-47). Esos estudios concuerdan en que el consumo de energía de las mujeres lactantes de comunidades pobres está muy por abajo de las recomendaciones de la FAO/WHO/UNU. Mas aun, aunque algunos estudios informan que las mujeres de estas comunidades pierden peso durante la lactancia, la mayoría está de acuerdo en que el peso permanece excepcionalmente estable (48).

En mujeres sin depleción de reservas de energía y con ilimitada disponibilidad de alimentos, el costo energético de la lactancia es cubierto fácilmente por pequeños incrementos en el consumo dietético y discretas movilizaciones de sus reservas corporales

de energía (49, 50). A diferencia de otras especies que amamantan numerosas crías que crecen rápidamente, en la mujer la demanda de energía debida a la lactancia es comparativamente mas baja, alcanzando apenas un 25% de su gasto energético diario (49). Además, sus reservas corporales de energía son proporcionalmente mas amplias, permitiéndole maniobrar con mayor facilidad para adaptarse metabólicamente utilizando diferentes estrategias. Mujeres con reservas corporales de energía no depletadas son capaces de mantener una lactancia exitosa aun cuando al mismo tiempo consuman intencionalmente dietas para reducir de peso (51). Aun cuando las mujeres en estas condiciones nutricias se encuentren en un balance negativo de energía, continúan lactando eficientemente (52). A pesar de que existen relaciones recíprocas indudables entre el consumo de energía y los cambios en el peso corporal postparto, la producción de la leche en estas mujeres no esta limitada por la disponibilidad inmediata de energía de su dieta (53, 54). En contraste, las mujeres de países pobres con reservas corporales de energía limitadas ven seriamente afectada su capacidad para lactar cuando entran en un balance negativo de energía, debido a la falta de opciones para aumentar su consumo de energía dietética (3,13, 15,21). Cualquier disminución en el consumo de energía de la dieta podría obligarlas a adoptar como estrategia una disminución en la producción de energía y nutrimentos de la leche (3,15,21).

Es indudable que la eficiencia de la lactancia es una función del estado y balance de energía de las madres, sin embargo el umbral del balance de energía a partir del cual la producción de leche se altera no ha sido claramente identificado en humanos. Es muy posible que bajo las condiciones de restricción nutricia descrita en los párrafos anteriores,

las mujeres lactantes desarrollen mecanismos de ahorro de energía que les impidan o retrasen la inminencia de un balance negativo de energía. Poco se sabe del papel que juegan estos mecanismos ahorradores de energía durante la lactancia. (49). Existe controversia acerca de si el metabolismo basal aumenta (31), disminuye (55), o permanece igual (47,56) durante la lactancia. En un estudio realizado en mujeres lactantes el efecto térmico de los alimentos fue menor en un 30% (56). Los cambios en la actividad física pueden conservar o aumentar el gasto total de energía diaria dependiendo de la carga de trabajo de la mujer y la etapa de la lactancia (57). El gasto energético total diario y la actividad física de la mujer lactante han sido estimados por calorimetría indirecta y por el método de agua doblemente marcada (47, 58-60), pero la eficiencia de la lactancia (volumen y composición de la leche y crecimiento del niño) no ha sido evaluada simultáneamente en ninguno de estos estudios. El efecto del balance de energía materno sobre la eficiencia de la lactancia tampoco ha sido estudiado directamente. El umbral crítico mínimo del balance de energía capaz de comprometer la eficiencia de la lactancia tampoco ha sido definido. Este puede estar en función de la talla materna y composición corporal, tipo y duración de la actividad física durante la etapa de la lactancia.

Investigaciones previas del autor acerca de la nutrición de mujeres lactantes y sus hijos en la comunidad de San Mateo Capulhuac.

Desde 1987 el investigador principal y su grupo han llevado a cabo estudios en la comunidad de Sn Mateo Capulhuac, México con el propósito de explicar las causas del crecimiento deficiente de los niños alimentados exclusivamente al pecho. Esta comunidad

rural, fue seleccionada como sujeto de estudio por su alta prevalencia de lactancia al pecho y porque se tenía evidencia documental de que los lactantes alimentados al pecho desaceleran su crecimiento de manera temprana. La alimentación complementaria que se les proporciona en sus casas es mínima durante los primeros 6 meses de edad, a pesar de los esfuerzos que se ha hecho para evitar los efectos de este tabú cultural.

Se estudió una cohorte de niños alimentados predominantemente al pecho durante los primeros 6 meses de vida con el propósito de describir su patrón de crecimiento (22). El crecimiento se desaceleró de tal manera que a los 6 meses se observaron claras diferencias tanto con los datos de referencia del NCHS (2,25) como con los de niños alimentados exclusivamente al pecho por mujeres bien alimentadas de Houston, Tex. (61). A los 6 meses de edad se encontraban a -0.81 unidades Z de peso para la edad y a -1.51 unidades Z de talla para la edad. Controlando las diferencias en peso y longitud al nacimiento, los niños otomíes desaceleraron su crecimiento en peso y talla más rápidamente que los niños de Houston entre los 4 y 6 meses de edad. A los 6 meses la velocidad de crecimiento correspondía aproximadamente al 50% de la de los niños de Houston.

La eficiencia de la lactancia de 30 mujeres de Capulhuac se estudió de manera transversal a los 4 y 6 meses postparto (16). Se midió la producción de leche mediante el método de agua doblemente marcada (22), resultando, en promedio de 885 (146) y 869 (150) g/d a los 4 y 6 meses respectivamente. La composición de la leche de las mujeres otomíes se encontró dentro de los límites informados para mujeres bien alimentadas en lo que se refiere a las concentraciones de proteína y lactosa. La concentración de lípidos, y por consecuencia de energía, de 23.4 (6.9) mg/g a los 4 meses y de 21.1 (6.6) mg/g a los 6

meses resultaron sensiblemente menores en comparación con los 34.0 mg/g informados para mujeres bien alimentadas (53). Esta concentración anormalmente baja de lípidos no se vió compensada por una mayor producción de leche ($r = -0.24$ $p < 0.23$).

Según los datos antropométricos, las mujeres otomíes podrían ser clasificadas como con desmedro ("stunted"). Sin embargo, la variación considerable en el peso corporal (38-59 kg.), el índice de masa corporal (IMC) (19-29 kg/m²) y la grasa corporal expresada como porcentaje del peso (11.-34%), refleja un amplio espectro del estado nutricional. Ocho de las 30 mujeres del estudio tuvieron menos del 20% de grasa corporal, considerado bajo para una mujer adulta, particularmente en el período de postparto. El consumo promedio de energía y proteínas de las 30 mujeres correspondió al 68% y 80% de las recomendaciones internacionales, respectivamente. El alto consumo de maíz en la dieta de las mujeres otomíes sugiere una digestibilidad pobre de la energía en general y de los nutrientes en particular, una calidad baja de las proteínas e insuficiencia de varios nutrientes.

El 17% y 76% de la energía de la dieta fue aportada por lípidos y carbohidratos, respectivamente. A pesar de que posiblemente se haya subestimado la ingestión dietaria, la pérdida continua de peso durante la lactancia y los porcentajes bajos de grasa corporal fueron consistentes con un inadecuado consumo habitual de energía, al menos en un segmento de la población.

La eficiencia de la lactancia de las mujeres otomíes guardó relación con la talla y composición corporal materna, pero no con la dieta. La producción de leche fue alta pero la de energía y grasa fue menor en las mujeres más delgadas. El peso materno, la grasa corporal, el BMI y la suma de los pliegues correlacionaron negativamente con la

producción de leche, pero positivamente con las concentraciones de grasa y energía en la leche.

La desaceleración de la velocidad de crecimiento de los niños que describimos párrafos arriba podría ser explicada, al menos en parte, por las concentraciones de grasa anormalmente bajas en la leche y la limitada alimentación complementaria entre los 4 y 6 meses de edad. El gasto diario de energía de los niños otomfes, medido por agua doblemente marcada, resultó significativamente mayor por kg de peso corporal que el de los niños de Houston (21). Durante el estudio 7 de los 40 niños estudiados tuvieron episodios de infecciones agudas de manera fortuita, el gasto total de energía de estos niños resultó aun mayor. Estos datos pusieron en evidencia que los requerimientos de energía de estos lactantes son mayores que los de niños que viven en situaciones mas protegidas (62).

JUSTIFICACION

En este estudio se pretende analizar la relación entre el gasto total de energía y sus componentes, la composición corporal materna y la producción y composición de la leche de mujeres con estados nutricios contrastantes. Para ello se ha diseñado un estudio longitudinal cuya meta inmediata es identificar las determinantes maternas de la eficiencia de la lactancia y de entre ellas cuales son potencialmente modificables. La meta mediata es prevenir la desaceleración del crecimiento temprano de los niños alimentados al seno materno, pero excede los alcances de la presente investigación.

Estos conocimientos pueden permitir asimismo identificar poblaciones en riesgo de deterioro nutricional durante uno de los periodos más críticos para la nutrición de la madre y del niño. Debido a que la etiología de la desaceleración del crecimiento en los niños alimentados al pecho permanece aún sin aclararse, no se han podido realizar intervenciones efectivas para mejorar su crecimiento. Existe gran controversia acerca de si los niños alimentados exclusivamente al pecho deban ser suplementados tempranamente con riesgo de introducir agentes infecciosos, o si la mujer lactante deba ser el blanco de la intervención nutricional. Es importante establecer si esta desaceleración del crecimiento del niño es el resultado, al menos en parte, de una inadecuada producción láctea debido tanto a reservas de energía limitadas en la madre como a un balance de energía negativo.

Específicamente, se evaluarán los efectos de los cambios en el balance de energía, composición corporal, cantidad y calidad de la dieta sobre la efectividad de la lactancia en mujeres con diferente estado nutricional. Esto es, relacionar los niveles de actividad física materna, el balance de energía y las reservas corporales de energía y su relación con la

eficiencia de la lactancia. La información así obtenida contribuirá a ofrecer bases objetivas para diseñar intervenciones nutricias efectivas. Tales intervenciones podrán enfocarse a aspectos específicos y críticos del balance de energía y al estado nutricional materno que puedan mejorar la capacidad de lactancia.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Evaluar el balance energético materno midiendo el consumo de alimentos, el gasto energético diario, la producción y composición de la leche y los cambios en las reservas corporales de energía a los 3 y 6 meses postparto.
2. Relacionar el balance energético materno con la producción y composición de la leche.
3. Relacionar alternativamente los efectos de la dieta materna y la composición corporal sobre la producción y la composición de la leche.
4. Comparar los componentes del gasto energético diario (tasa metabólica basal y nivel de actividad física) de las mujeres con estados nutricionales contrastantes para explorar posibles mecanismos de adaptación energética durante la lactancia.

HIPOTESIS

El balance energético de la madre es una determinante de la producción y composición de la leche en mujeres con reservas corporales de lípidos limitadas. Un balance negativo de energía junto con reservas corporales de lípidos limitadas afectan negativamente el contenido de lípidos de la leche que es su principal componente energético

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio longitudinal en el cual se comparó el gasto total de energía, la composición corporal, la producción de leche, el consumo dietario de las madres y la producción y composición de la leche de dos grupos de mujeres estratificadas según su índice de masa corporal a los 4 y 6 meses postparto.

Descripción del área de estudio.

El estudio se llevará a cabo en la comunidad rural de San Mateo Capulhuac, perteneciente al municipio de Ocotlán, México, localizada a 100 Km al sureste de la ciudad de México a 2800 m sobre el nivel del mar y con una extensión de aproximadamente 25 Km². Sus 5500 habitantes son principalmente indígenas otomíes que dependen económicamente de la agricultura de autoconsumo. La migración del jefe de familia por empleo es mínima. La dieta frecuente de la comunidad es a base de maíz, con un consumo bajo de lípidos (17%) y ligeramente insuficiente en proteínas (11%), las cuales son principalmente de origen vegetal. El consumo de alimentos de origen animal es escaso, el alimento de esta categoría que se consume con mayor frecuencia es el huevo. Mas del 90% de las viviendas dispone de agua intubada, pero cerca del 97% de los habitantes practican el fecalismo a ras de suelo. La mortalidad infantil es de 35/1000, la causa específica mas frecuente son las infecciones respiratorias que han superado sistemáticamente a la diarrea durante los últimos 5 años.

Selección de sujetos

Se estudiaron 40 mujeres con edades comprendida entre 18-35 años; con paridad de 2 a 4. No sufrían enfermedades crónicas, ni consumían medicamentos o alcohol de manera

crónica. Se estratificaron de acuerdo a su índice de masa corporal (IMC): 19 mujeres con índice de masa postparto > 23.5 , que llamaremos de aquí en adelante IMC moderado; y un grupo de 21 mujeres con IMC postparto < 22.5 , que llamaremos de aquí en adelante IMC bajo. Los embarazos cursaron normalmente dando luz a productos únicos, a término con peso apropiado para la edad gestacional. Los niños pretérmino y pequeños para la edad gestacional no fueron incluidos en el estudio. Un tamaño de muestra de 20 sujetos, en cada grupo es capaz de detectar diferencia iguales o mayores a 112 g/d en la producción de leche, con una potencia de 0.8 ($p = 0.05$). Con los resultados finales un tamaño de muestra de 20 sujetos para cada grupo tuvo poder suficiente para detectar diferencias de 584 kJ/d en el balance de energía. El tamaño de muestra de 40 sujetos correspondientes a la muestra total permitió la detección de correlaciones biológicamente importantes entre los componentes del balance de energía y las variables dependientes hasta de 0.30.

METODOS

Antropometría.

El peso y la estatura corporales fueron medidos en una balanza electrónica marca Tanita 500, con sensibilidad de 50 g y capacidad de 0 a 200 kg (Tanita Co., Tokyo, Japón) y en un estadiómetro (Holtain Limited, Crymich, UK), respectivamente. Las circunferencias de tórax, cintura, cadera, brazo, muslo y pierna fueron medidas por duplicado con una cinta métrica de fibra de vidrio. Los pliegues cutáneos de localización tricípital, bicipital, subescapular y suprailíaca, fueron medidos también por duplicado utilizando un calibrador

de pliegues Lange (Cambridge Scientific Industries, Cambridge, MD) al milímetro mas cercano. Todas las mediciones antropométricas fueron hechas por la misma persona.

Consumo dietético.

El consumo de alimentos de las madres se midió a los 3 y 6 meses postparto, durante tres días consecutivos en cada ocasión, mediante una combinación de los métodos de pesas y medidas y recordatorio. El día de la medición una trabajadora de campo estuvo presente en el domicilio de la encuestada de las 0700 a las 1900 hs para registrar y pesar todos los ingredientes utilizados en la preparación de los alimentos de la dieta familiar. Se pesaron los alimentos crudos utilizados para la confección de platillos, y la ración de estos consumida por la madre. Este método fue validado y usado en el Collaborative Research and Support Program on Food Intake and Human Function en México (63). El cálculo del consumo de nutrimentos específicos se hizo relacionando los alimentos consumidos con los valores de las tablas de composición de alimentos publicadas por el Instituto Nacional de la Nutrición de México (64).

Composición corporal.

El agua corporal total de las madres se midió por el método de dilución de deuterio (^2H). Para tal efecto se les administró oralmente una dosis de 40 mg a los 15 días postparto y de 100 mg a los 4 y 6 meses postparto de $^2\text{H}_2\text{O}/\text{kg}$ de peso corporal (Isotec Inc., Miamisburg, Ohio). La razón de administrar una mayor dosis de deuterio a los 4 y 6 meses es porque así se requería para la medición del gasto total de energía utilizando agua doblemente marcada. El tamaño de la dosis no afecta la exactitud ni la precisión del método (23). Se colectaron

muestras de orina antes y después de la administración de deuterio, las cuales fueron congeladas a -20°C hasta que se efectuaron las mediciones de abundancia isotópica. La abundancia de deuterio en la orina se midió en un espectrómetro de masas para medir la tasa de isótopos en gases marca Finnigan Delta-E (Finnigan MAT, San José CA) (65). El espacio de dilución del deuterio se calculó mediante el método de puntos múltiples de pendiente intercepto (23), convirtiéndolo en agua corporal total (ACT) al dividirlo entre 1.04. Mediante este procedimiento se corrigen las pérdidas del isótopo por intercambio con el hidrógeno de los lípidos, proteínas y carbohidratos corporales. Para ésta corrección se pueden utilizar las constantes publicadas por otros autores; sin embargo, resulta mas conveniente obtener tales constantes de manera experimental. El experimento consiste en restar el espacio de dilución del deuterio del espacio de dilución correspondiente al ^{18}O , ya que este ultimo prácticamente no es secuestrado por los compuestos orgánicos arriba señalados (23). La masa libre de grasa (MLG) se calculó dividiendo el ACT entre la constante de hidratación de la MLG, la cual se consideró de 0.75 a los 0.5 meses y de 0.73 a los 3 y 6 meses postparto (66). La masa grasa (MG) se calculó restando el ALG del peso corporal total..

Gasto total de energía (GTE).

El gasto total de energía (GTE) se midió por el método de agua doblemente marcada. Con tal propósito se administró oralmente a las madres dosis de 100 mg de $^2\text{H}^2\text{O}$ y 125 mg de H_2O^{18} por kg de peso corporal (Isotec Inc., Miamisburg, OH). Se colectaron muestras de orina antes y durante 14 días después de la administración de la dosis, las cuales fueron congeladas hasta su determinación. La abundancia isotópica de deuterio se midió según fue

descrito en la sección de composición corporal. La abundancia de O^{18} se midió en un espectrómetro de masas VG-SIRA 12/ISOPREP-18 (Isotech Limited, Middlewich, Cheshire, UK). Las mediciones de la abundancia de ambos isótopos se midieron con una precisión de 1.4% y 0.10%, respectivamente; la exactitud fue en promedio de -4.6% y 0.32% respectivamente.

El cálculo del gasto total de energía se hizo utilizando el método de puntos múltiples de pendiente-intercepto (23). Mediante este método se estimaron los espacios de dilución y las tasas de recambio fraccional de ambos isótopos (2H y ^{18}O). Las diferencias entre ambos es considerada como la tasa de producción de CO_2 (rCO_2), ya que el total de las pérdidas fraccionadas de agua equivalieron a $2.3 rCO_2$. El consumo de oxígeno (rO_2) fue calculado a partir del rCO_2 multiplicándolo por un cociente de los alimentos de 0.92, este cociente se obtuvo midiendo de manera experimental el contenido de macronutrientes en una muestra e la dieta típica de mujeres lactantes otomiles de la misma comunidad (67). La conversión de rCO_2 y rO_2 a gasto total de energía se hizo mediante la ecuación de Weir: Gasto total de energía = $5.68 rO_2 + 1.59 rCO_2 - 2.17 N_u$ (23). A lo largo de los 14 días de estudio se midió de manera continua la temperatura y la humedad de la vivienda de las mujeres en estudio, preferentemente en la habitación donde pasaba la mayor parte del tiempo, mediante un higrotermógrafo (Cole Parmer, Chicago Ill.). Estos datos resultan importantes porque la humedad ambiente puede modificar la velocidad de pérdida de agua corporal y la temperatura incidir en el gasto total del individuo debido a termogénesis termorreguladora.

Gasto metabólico basal (GMB)

Las mujeres lactantes y sus hijos fueron alojados en la unidad médica de campo de San Mateo Capulhuac la tarde anterior a la medición del gasto metabólico basal (GMB). Esa misma tarde se les practicó un estudio de prueba con el propósito de que se familiarizaran con el aparato y el procedimiento, muy especialmente con la tolerancia a respirar en la capucha de acrílico. Las mujeres durmieron en la clínica suspendiéndose la administración de alimentos y líquidos 12 horas antes de la prueba. Por la mañana, después de despertar a la madre el niño fue llevado a otra habitación; la madre permaneció acostada y cubierta con los cobertores necesarios para mantener el confort según su criterio. La temperatura de la habitación se mantuvo entre 20-22°C utilizando un calentador eléctrico. En estas condiciones se midió durante 40 min el consumo de O₂ y la producción de CO₂, para derivar de ellos el GMB, utilizando un calorímetro indirecto Delta Trac (Sensor Medics Corp, Yorba Linda, CA). Antes de cada medición se calibró el calorímetro utilizando mezclas de 96 % de O₂, y 4% de CO₂ certificadas por Sensor Medics y una prueba de combustión de alcohol. También se realizaron periódicamente calibraciones de la sensibilidad del electrodo que mide la concentración de oxígeno haciendo circular por el sistema una mezcla de N₂/CO₂.

Gasto por Actividad física (GAF). La energía gastada en actividad física se calculó mediante la siguiente fórmula: $GAF = GTE - GMB - (0.1GTE)$. La fracción de 0.1 del GTE corresponde al estimado del efecto térmico de los alimentos.

Nivel de actividad física (NAF)

El nivel de actividad física (NAF) es la proporción de energía gastada en esta actividad en relación al GMB tomado como unidad, calculándose como GTE/GAF .

Patrón de Actividad Física.

La actividad física de las madres lactantes fue registrada en su casa por una trabajadora de campo durante 12 horas entre las 0700 y las 1900 hs, a los 3 y 6 meses postparto. Se instruyó a las madres para que realizaran sus actividades normales, la trabajadora de campo las acompañó durante todo el tiempo inclusive cuando se desplazaban fuera de la casa. El formato de registro permitió registrar tanto la descripción de la actividad como la duración de ésta, minuto a minuto. Las actividades diurnas fueron resumidas en 7 categorías: 1.- Tareas domésticas (barrer, trapear, sacudir), 2.- Preparación de alimentos y cocinar, 3.- Lavar ropa y trastos, 4.- Sentada, 5.- Parada, 6.- Caminando y 7.- Caminando con carga. Se calculó el número total de minutos que cada madre empleó en cada una de las categorías de actividad física y se asumió que durante las 12 hs que no fueron observadas las mujeres emplearon 4 hs en actividades de descanso y 8 hs. Durmiendo. El gasto de energía correspondiente a las categorías de actividad física descritas arriba se calculó como múltiplos del GMB medido individualmente de la siguiente manera: Tareas domésticas = 2.7 MB; Preparación de alimentos y cocinar = 1.8GMB; Lavar ropa y trastos = 3.0GMB; Sentada = 1.4 GMB; Parada = 1.5GMB; Caminando = 3GMB; Caminando con carga = 4.0 GMB; Descansando = 1.2GMB y Durmiendo = 1.0GMB (44).

Producción y Composición de la leche.

La producción de leche fue medida en los domicilios de las participantes a los 3 y 6 meses postparto por medio de la técnica de pesaje de 24 hs, utilizando una balanza electrónica con una precisión de 0.1 g (Sartorius, mod 3862MP8, Gottingen, Germany). Una trabajadora de campo, quien permaneció en la casa de la madre participante, pesó al bebe antes y después de cada tetada durante 24 hs. La sumatoria de las diferencias de los pesos pre y post tetada ocurridas en 24 hs fue considerada como la producción diaria de leche. Los alimentos complementario o líquidos que le fueron ofrecidos al niño, se cuantificaron por el mismo procedimiento.

La composición de la leche se determinó en una mezcla ponderada de muestras de leche extraídas a las 1000, 1400 y 1800 hs mediante vaciamiento completo del pecho izquierdo, utilizando una bomba eléctrica (Egnell, Inc, Cary, Ill). El niño no succionó del pecho seleccionado las dos horas previas a la extracción de la muestra. Se midieron las concentraciones de energía, nitrógeno total, nitrógeno proteico y no proteico, lactosa y lípidos. La energía se midió en una bomba calorimétrica adiabática (Parr Instruments, Moline, Ill). El Nitrógeno se analizó por el método de Kjeldahl antes y después de precipitar las proteínas de la leche con ácido tricloroacético (Kjeltec Autoanalyzer, Tecator, Hoganas, Suecia); el nitrógeno proteico fue estimado como la diferencia entre el nitrógeno total y el nitrógeno no proteico. La lactosa se determinó por un método enzimático automatizado (Yellow Spring Instruments, Yellow Spring OH) y la grasa por gravimetría después de ser extraída usando una modificación del método de Jeejeebhoy (68).

ANALISIS ESTADISTICO

Se utilizó el programa de computación Minitab Statistical Software versión 10.5X (Minitab Inc, 1995 State College PA) para capturar y organizar los datos así como para el análisis descriptivo básico. Las diferencias entre los grupos se analizaron mediante pruebas de t de Student y Chi cuadrada. La comparación entre los grupos con IMC bajo y moderado, y entre los períodos de tiempo 0.5, 3 y 6 meses postparto se hicieron mediante un análisis de varianza y covarianza con mediciones repetidas utilizando el programa BMDP2V (Statistical Software Inc, 1993, Los Angeles CA). Las categorías de IMC fueron consideradas como tratamiento (Grupo) y los tiempos postparto como niveles (Tiempo). Las variables componentes del Gasto Total de energía (GMB, GAF, NAF) se correlacionaron como variables dependientes con las variables relacionadas con la composición corporal y la composición de leche como variables independientes mediante regresiones múltiples. En cada análisis se probó si existía interacción de la variable independiente de interés con las categorías de grupo y tiempo ($Y = X + \text{Group} + X * \text{group}$). Cuando se encontró interacción, el análisis se repitió incluyendo una sola de las variables. El ANCOVA permitió normalizar los datos, pero el intercepto no fue forzado a pasar por cero.

RESULTADOS

Características maternas y de la comunidad. La edad, la escolaridad, el estado civil (60% casadas, 8% solteras y 32% en unión libre), el número de gestas y la paridad fueron comparables en los grupos con IMC bajo y moderado (Cuadro 1). Las mujeres incluidas en el estudio trabajaban fundamentalmente en tareas relacionadas con el hogar y la crianza de los hijos además de algunas labores en el huerto familiar. El trabajo agrícola extenuante y la recolección de leña los hace principalmente los varones de la comunidad. El padre de familia trabajaba en agricultura de autoconsumo (62%), obreros (5%), pequeños comerciantes (19%) y otras ocupaciones (14%). Las casas tienen en promedio de 2.4 ± 0.8 cuartos y están construidas de adobe (72%), ladrillo (25%) u otros materiales (3%). Los pisos son de cemento (30%) o tierra (70%). Los techos son de losa de concreto (12%), tejas (28%) o lámina de cartón (60%). La cocina, frecuentemente de humo, está localizada en su mayoría (82%) fuera del área habitacional. Solamente una casa tenía letrina. Todas las viviendas contaban con energía eléctrica y la mayoría tenía aparatos de radio (92%) y una gran proporción tenían receptor de televisión (62%). Cabe hacer notar que ninguna de las viviendas contaban con refrigerador. El agua intubada está disponible en la mayor parte de las casas (92%) y pocas mujeres (8%) acarreaban agua del río o de un manantial cercano.

Antropometría

El IMC fue significativamente diferente entre grupos por la definición establecida en el diseño del estudio, y fue debido específicamente a diferencias en el peso corporal ($p <$

0.001), ya que los promedios de estatura fueron similares en ambos grupos. El peso corporal a los 3 y 6 meses fue en promedio de 47.2 ± 3.5 y de 46.3 kg en el grupo con IMC bajo, y en el grupo con IMC moderado de 56.7 ± 6.1 y 56.3 ± 6.8 kg, respectivamente (Cuadro2). En ambos grupos se observó una ligera disminución lineal del peso corporal entre los 0.5 y 6 meses postparto. La pérdida de peso entre los 0.5 y los 6 meses postparto fue de 0.23 ± 0.35 kg/mes para el grupo con IMC bajo y de 0.06 ± 0.47 kg/mes para el de IMC moderado. Las circunferencias corporales y los pliegues cutáneos fueron significativamente mayores en el grupo con IMC moderado.

Consumo dietético.

Las encuestas dietéticas mostraron que el consumo de energía y proteínas del grupo con IMC bajo fue a los 3 meses de 8862 ± 1677 y de 53 ± 10 g/día respectivamente. Mientras que a los 6 meses fue de 8504 ± 1578 kJ/día, y de 52 ± 11 . El consumo del grupo con IMC moderado fue a los 3 meses de 9579 ± 1356 kJ/día y de 60 ± 14 g/día, respectivamente. A los 6 meses fue de 8900 ± 1857 kJ/día y de 54 ± 14 g/día, respectivamente. La diferencia entre ambos grupos fue significativa ($p=0.05$). Ambos grupos tendieron a disminuir su consumo de energía y proteínas entre los 3 y los 6 meses, pero el efecto del tiempo no fue significativo (Cuadro3). Las diferencias en el consumo de energía y proteínas desaparecieron al ajustar por peso corporal. El consumo de hidratos de carbono y de lípidos fue similar en ambos grupos, así como lo fue la composición de la dieta (10% de proteínas, 71% de hidratos de carbono y 19% de grasa).

Composición corporal.

La composición corporal estimada por dilución de H^2 se presenta en el cuadro 4. Debido a que se observaron interacciones significativas de dos vías entre los niveles de grupo y tiempo, los datos de composición corporal se analizaron de manera separada, primero con tiempo y después con grupo. El agua corporal total (ACT), La masa libre de grasa (MLG) y la grasa corporal total (GCT) expresadas como masa absoluta, fueron consistentemente menores en el grupo con IMC bajo que en el grupo con IMC moderado ($p=0.001$). Cuando se expresaron como porcentaje del peso corporal, el ACT, la MLG y la GCT fueron comparables a los 0.5 meses postparto, pero a los 3 y 6 meses el ACT y la MLG fueron mayores y la GCT menor en el grupo con IMC bajo en comparación con el grupo con IMC moderado ($p<0.006$). El ACT (kg) disminuyó de manera lineal con el tiempo en ambos grupos ($p<0.04$). En el grupo con IMC moderado la MLG y la MG (kg, o % del peso corporal) no cambiaron significativamente en los 6 meses postparto.

Los cambios en el peso corporal, la MLG y la MG se presentan en términos absolutos de masa y también en términos de equivalentes de energía en el Cuadro 5. Los cambios ocurridos en el peso corporal fueron muy similares en ambos grupos. Estos cambios en peso se correlacionaron significativamente con los cambios en la masa grasa a lo largo de los 6 meses de observación ($r=0.85$, $p<0.001$). Los intervalos de los cambios en peso corporal fueron más amplios en el grupo con IMC moderado (-6.8 a 4.5 kg), en comparación con el grupo con IMC bajo (-5.0 a 2.6 kg).

El IMC correlacionó positivamente con el porcentaje de grasa corporal a los 0.5 meses ($r=0.36$, $p<0.03$), a los 3 meses ($r=0.70$, $P<0.001$) y a los 6 meses ($r=0.70$, $p<0.001$). A

los 0.5 meses el porcentaje de grasa corporal se asoció también con las circunferencias del brazo y la cadera, así como con los pliegues bicipital, tricipital y suprailíaco ($r = 0.44$ a 0.60 , $p < 0.05$), (Cuadros 2 y 4).

Gasto Total de energía

El gasto total de energía (GTE) fue en promedio de 8912 ± 1296 (intervalo de 6878 a 11296) kJ/día y de 9253 ± 1298 (intervalo de 7005 a 11923) kJ/día a los 3 y 6 meses, respectivamente para los grupos con IMC bajo y moderado (Cuadro 6). Los espacios de dilución de ambos isótopos (Deuterio y O^{18}) fueron significativamente mayores en las mujeres con IMC moderado ($p < 0.001$). Las tasa de recambio fraccional de O^{18} y de Deuterio fueron mayores en el grupo con bajo IMC. La tasa de producción de CO_2 y por lo tanto la de consumo de O_2 y del GTE no fueron diferentes entre grupos ni entre períodos de tiempo. El GTE se correlacionó positivamente con el peso corporal ($r=0.39$, $p<0.01$) y con la MLG ($r=0.52$, $p<0.001$). Cuando se ajustó por peso corporal el GTE no fue significativamente diferente entre los grupos ($p=0.1$). Sin embargo, cuando se ajustó el GTE por MLG, aquel fue significativamente mayor en el grupo con IMC bajo en comparación con el grupo con IMC moderado (medias ajustadas 9406 vs. 8669 kJ/día) ($p<0.05$).

La temperatura y la humedad ambiente promedio registrada durante 24 hs el día en que se realizó el estudio, no tuvieron ningún efecto sobre el GTE, el GMB, el NAF o el gasto de energía por actividad física (GEAF). Aunque tanto la temperatura como la humedad

ambiente tendieron a elevarse durante la estación de lluvias (Junio a Septiembre), no se observaron efectos estacionales sobre el GTE, el GMB, el NAF o el GEAF.

Gasto Metabólico basal

En términos absolutos el GMB fue significativamente menor en el grupo con IMC bajo en comparación con el de IMC moderado ($p < 0.001$) (Cuadro 7). El GMB correlacionó significativamente con el peso corporal ($r = 0.83$, $p < 0.001$) y con la MLG ($r = 0.74$, $p < 0.001$). Cuando se controló por peso corporal, o MLG, las diferencias en GMB entre grupos desaparecieron.

Nivel de actividad Física y Gasto de energía por actividad física

El índice del nivel de actividad física (NAF), fue significativamente mayor en el grupo con IMC bajo que en el de IMC moderado ($p < 0.03$) (Cuadro 7). El NAF se relacionó de manera inversa con el porcentaje de grasa corporal a los 3 y 6 meses ($r = -0.30$, -0.42 , $p < 0.06$, 0.01 , respectivamente). En cambio, el gasto por actividad física (GEAF), expresado en términos absolutos, no fue diferente entre los dos grupos. Cuando el GEAF fue ajustado por peso corporal o por MLG, resultó significativamente mayor en el grupo de mujeres con IMC que en las de IMC moderado (medias ajustadas de 2786 vs 2022 kJ/día, $p < 0.05$; y de 2906 vs 1872 kJ/día, $p < 0.006$, respectivamente).

La edad materna (intervalo de 18 a 28 años), el número de gesta (intervalo de 1 a 6), y la paridad (intervalo de 1 a 6) no guardaron correlación con el GTE, el GMB, el NAF o el GEAF. En cambio el GTE ($r = 0.39$ y 0.57 , $p < 0.01$) y el GMB ($r = 0.72$ y 0.87 , $p < 0.001$)

correlacionaron positivamente con el peso corporal y la MLG a los 3 y 6 meses postparto. Los cambios en el peso corporal también correlacionaron positivamente con el GTE ($r=0.30$ y 0.29 ; $p<0.02$ y 0.08 , respectivamente) y con el GMB ($r=0.28$ y 0.52 ; $p<0.09$ y 0.001 , respectivamente) a los 3 y 6 meses postparto.

Patrón de actividad física

Las mujeres de ambos grupos tuvieron un patrón de actividad física similar con la siguiente distribución expresada como porcentaje de las 24 hs del día: Tareas domésticas: $26\pm 10\%$, preparación de alimentos $15\pm 9\%$, sentada $30\pm 12\%$, lavando ropa o trastes $9\pm 10\%$, parada $6\pm 6\%$, caminando $4\pm 5\%$, y caminando con carga 6 ± 6 . Al transformar estos porcentajes de actividad física observada a unidades de gasto de energía los promedios resultaron de 8905 ± 976 kJ/día y 8668 ± 1715 kJ/día a los 3 y 6 meses respectivamente.

Composición y producción de leche

La producción diaria de leche y las concentraciones de proteínas y lactosa no fueron diferentes en ambos grupos (Cuadro 8), en cambios las concentraciones de lípidos fueron significativamente menores en el grupo con IMC bajo que en el de IMC moderado ($p<0.04$). La producción diaria de leche correlacionó de manera inversa con las concentraciones de lípidos ($r=-0.47$ y -0.43 ; $p<0.01$) y de energía ($r=-0.38$ y 0.45 ; $p<0.01$) a los 3 y 6 meses postparto. En consecuencia la producción diaria de nutrientes y de energía de la leche no fueron diferentes entre grupos, debido a la compensación producida por la diferencia en el volumen de leche producido por cada grupo.

La producción diaria de leche correlacionó de manera inversa con el porcentaje de grasa corporal a los 3 y 6 meses postparto ($r=-0.30$ y -0.39 ; $p<0.08$ y 0.03 respectivamente.). En cambio la concentración de lípidos de la leche correlacionó directamente con la grasa corporal tanto expresada en términos absolutos o como porcentaje del peso corporal a los 3 y 6 meses ($r=0.32$ y 0.40 ; $p<0.04$ y 0.01 , respectivamente).

La producción diaria de leche, de energía, la concentración y producción diaria de macronutrientes no se correlacionaron significativamente con el GTE, el GMB y el GEAF, cuando se controló por peso corporal. El NAF tampoco guardó correlación con ninguna de las variables relacionadas con las características de la leche, enumeradas al principio de este párrafo. El balance de energía expresado como cambios en el peso corporal, en la MLG o en la MG no afectó el volumen producido de leche, ni el contenido o producción de macronutrientes de la leche. Con el propósito de probar si los efectos de los cambios en el peso corporal sobre las variables relacionadas con la producción y composición de la leche dependían del porcentaje de grasa corporal, se introdujo un término de interacción en la regresión múltiple. Los términos incluidos como predictores fueron: cambio en el peso corporal, porcentaje de grasa corporal y cambio en el peso corporal x porcentaje de grasa corporal y alternativamente como variables dependientes, las variables relacionadas con la producción y composición de la leche. Este término de interacción no resultó significativo en ninguna de las regresiones.

Requerimientos totales de energía

Los requerimientos totales de energía (Gasto total de energía + energía exportada en la leche) fueron similares en ambos grupos. Los requerimientos totales de energía a los 3 y 6 meses postparto fueron de 11.26 ± 1.37 y de 10.82 ± 1.36 mJ/día para el grupo con IMC bajo y de 11.60 ± 1.7 y de 11.26 ± 1.39 mJ/día para el grupo con IMC moderado. Se observó una tendencia de los requerimientos totales de energía a disminuir entre los 3 y los 6 meses ($p < 0.07$).

Análisis casuístico de algunas variables

El tratamiento estadístico propuesto en este estudio para el análisis primario de los datos, pudiera haber ocultado algunas tendencias de las variables como resultado de la regresión a la media que imponen estos procedimientos. Con el propósito de examinar tal posibilidad se hizo un análisis secundario de algunas variables. El análisis consistió en integrar dos grupos, estratificados según las modificaciones de su peso corporal ocurridas entre los 0.5 y los 6 meses postparto. En una categoría se agruparon 8 mujeres que perdieron más de 1 kg y en el otro 12 mujeres que ganaron más de 1 kg de peso corporal durante ese período. Con excepción de un caso, todas las mujeres que ganaron peso corporal pertenecían al grupo con IMC moderado, mientras que las que perdieron peso pertenecían al grupo con IMC bajo, exceptuando dos casos. Se compararon mediante pruebas de t de Student los promedios de las siguientes variables correspondientes a estos dos grupos extremos: Gasto total de energía, Tasa metabólica basal, Gasto por actividad física, Agua corporal total, Masa libre de grasa, Grasa corporal total, Volumen de leche en 24 h, Contenido por 100 ml de

leche de Energía, Lípidos, Proteínas y Lactosa; así como el equivalente en unidades de energía de la cantidad de grasa corporal o masa libre de grasa que movilizó o apuso cada mujer entre los 0.5 y los 6 meses post parto.

No se encontró ningún cambio esencial a los resultados que se obtuvieron mediante el análisis primario. En síntesis, el agua corporal total, la masa libre de grasa, la masa grasa, la tasa metabólica basal ($p < 0.07$) y la concentración de lípidos de la leche fueron mayores en las mujeres que ganaron que en las que perdieron peso. No se encontraron diferencias en el Gasto total de energía y el Gasto por actividad física entre ambos grupos. El volumen de leche producido en 24 h tendió a ser menor ($p < 0.09$) y su contenido de energía por 100 ml tendió a ser mayor ($p < 0.06$) en las mujeres que ganaron peso que en las que lo perdieron. Las variables analizadas de manera individual se comportaron de acuerdo a patrones característicos del estrato descrito arriba.

FALTA PAGINA

No. **43**

DISCUSION

Esta investigación fue diseñada para evaluar los efectos del balance materno de energía sobre las variables que miden la eficiencia de la lactancia en un grupo de mujeres otomíes, que viven en circunstancias similares a las de muchas comunidades pobres de mesoamérica. El estudio fue muy amplio en el número de variables que se midieron de manera simultánea y longitudinal. Los resultados señalan varios hallazgos importantes, el primero es que el costo energético de la lactancia fue subsidiado de manera mínima por la movilización de las reservas tisulares de la madre, ya que el peso corporal materno disminuyó modestamente a lo largo de los 6 meses de observación. Por lo tanto la eficiencia de la lactancia no fue afectada por el balance de energía (cambios en el peso o la composición corporal) en estas mujeres cuyo IMC variaron entre 18 y 31 kg/m², y el porcentaje de grasa corporal entre 20 y 44%. El segundo es que la adiposidad corporal se correlacionó de manera positiva sobre la concentración de lípidos de la leche, pero debido a la relación inversa entre el volumen de leche producido por día y la concentración de lípidos de la leche, la cantidad total de lípidos exportados en la leche fue similar en ambos grupos. El tercer hallazgo importante es que el gasto total de energía y el gasto por actividad física, ajustados por masa libre de grasa fueron mayores en el grupo de mujeres con IMC bajo. Esto no ocurrió con el gasto metabólico basal ajustado por masa libre de grasa, ya que resultó similar en ambos grupos. Contrario a nuestras expectativas no encontramos evidencia de mecanismos ahorradores de energía al menos en el metabolismo basal y en el gasto por actividad física, por lo tanto la eficiencia de la lactancia no se vio afectada por las variaciones en el gasto total de energía

ni por el gasto debido a actividad física. Por último el cuarto hallazgo importante es que los requerimientos totales de energía de ambos grupos fueron similares (alrededor de 11.2 mJ/día) a pesar de la diferencia de 20% en el peso corporal, teniendo estaturas similares. La evidencia de que estas mujeres no activaron ningún mecanismo ahorrador de energía y de que movilizaron cantidades muy limitadas de reservas corporales, llevan a la conclusión de que el costo energético de la lactancia es cubierto de manera preponderante por la dieta.

El método de agua doblemente marcada fue usado para medir el gasto total de energía y el gasto de energía por actividad física, en condiciones de vida libre, y la composición corporal de estas mujeres otomíes. A pesar de que este método ha sido validado en comparación con la calorimetría indirecta, bajo condiciones de laboratorio y de campo bien controladas, su aplicación a mujeres lactantes se limita a 4 estudios, de los cuales solo uno fue realizado en un país en vías de desarrollo (60, 69-71)). Esto resulta importante porque existe una fuente potencial de error que es inherente a la lactancia y que consiste en el intercambio y secuestro isotópico que ocurre durante la síntesis de novo de lípidos y lactosa de la leche. Basados en cálculos teóricos, la exportación de hidrogeno unido a sólidos de la leche puede resultar en una subestimación de 1.0 a 1.3 % de la producción de CO₂ (23). El secuestro de deuterio puede incrementar esta subestimación entre 1.5 a 3.4%.

Antropometría

Un balance negativo de energía en una mujer lactante es compatible con una lactancia exitosa, cuando tiene reservas corporales de grasa adecuadas. Las mujeres lactantes de comunidades bien alimentadas, generalmente pierden peso a una velocidad promedio de 0.6

a 0.8 kg/mes durante los primeros 6 meses postparto (52). En un grupo de mujeres bien nutridas (IMC=25 kg/m²) que redujeron su consumo dietético de energía en 23%, con propósito de perder peso corporal excesivo (0.45 kg/semana) no tuvieron ninguna alteración en su producción de leche, ni en la velocidad de crecimiento de sus hijos (51). Varios investigadores fueron incapaces de encontrar asociaciones entre algunas variables antropométricas maternas importantes y la producción y composición de leche de mujeres bien nutridas (31, 70, 72,73).

No existen datos en la literatura que demuestren que la mujeres de países en desarrollo pierdan cantidades importantes de peso durante la lactancia, excepto bajo circunstancias de restricción importante en la disponibilidad de alimentos. A pesar de que la pérdida de masa grasa en estas mujeres se ha informado como muy variable, estas pérdidas están muy por abajo de los 2 a 4 kg que se asumen en los cálculos factoriales en los cuales están basadas las recomendaciones actuales para el consumo de energía durante la lactancia (44). Mujeres lactantes de Gambia, perdieron 0.74 kg/mes durante la estación de lluvias, en la cual la disponibilidad de alimentos se ve seriamente disminuida, sin embargo tal pérdida no fue diferente a la observada en mujeres no embarazadas, no lactantes (50). En cambio, durante la estación de secas, que corresponde a la de mayor disponibilidad de alimentos las mujeres lactantes ganaron peso corporal a una velocidad de 0.59 kg/mes, significativamente mayor que la de mujeres no embarazadas, no lactantes. En los altos de Guatemala, las mujeres lactantes pierden en promedio 0.37 kg/mes (47). En Taiwan, un grupo de mujeres rurales con nutrición marginal tuvieron una ganancia neta de peso durante el primer mes postparto, misma que fue seguida por una pérdida progresiva de peso (0.28 a 0.29 kg/mes), en los

meses subsiguientes (74). En otro grupo de mujeres Filipinas pobres (IMC=20, Grasa corporal =25.26%) perdieron peso (1.5 kg, 0.27 kg/mes), y grasa corporales (0.7 kg, 0.13 kg/mes) entre la semana 6 y 30 postparto (75). En la India la pérdida de peso promedio de un grupo de mujeres lactantes bien nutridas (IMC=21.7 kg/m²) fue de 0.65 kg de la semana 4 a la 24 postparto; mientras otro grupo de mujeres lactantes subnutridas (IMC=19 kg/m²) perdieron 2.6 kg de peso en los primeros 6 meses postparto (76). La pérdida de peso corporal experimentada por las mujeres otomíes fue de magnitud modesta, como ocurrió en las poblaciones rurales que se discuten arriba, ya que fueron en promedio de 0.23 y 0.06 kg/mes para las de IMC bajo y moderado respectivamente, indicando que se encontraban en un balance de energía ligeramente negativo.

Composición corporal

Los cambios en la composición corporal durante la lactancia no han sido estudiados de manera amplia. La movilización de grasa corporal durante la lactancia fue demostrada en mujeres estadounidenses (53) y suecas (77), sin embargo en las mujeres británicas no se pudo demostrar tal movilización (70). La disminución en la grasa corporal correlacionó con disminuciones similares en el grosor de los pliegues cutáneos, excepto en el tricipital. El grosor de este pliegue ha aumentado en varios estudios de mujeres bien alimentadas (53, 54, 77-79). En mujeres de países en vías de desarrollo no se han medido los cambios que ocurren en la composición corporal, las inferencias sobre la movilización de las reservas corporales de grasa se han hecho con base en mediciones antropométricas. Los cambios observados en los pliegues cutáneos fueron proporcionales a los modestos cambios

observados en el peso corporal durante la lactancia en mujeres de Gambia (37), Guatemala (47), Bangladesh (3) y Filipinas (75). La grasa corporal medida por dilución de deuterio disminuyó significativamente en el grupo con IMC bajo, mientras que en el grupo con IMC moderado no cambió significativamente. A pesar de que las pérdidas de peso no fueron diferentes entre ambos grupos, los datos de composición corporal demostraron que solamente el grupo con IMC bajo tuvo algún grado de movilización de grasa corporal.

A pesar de los casi 10 kg de diferencia en el peso corporal entre el grupo con IMC bajo y moderado, las reservas corporales de grasa no fueron significativamente diferentes a los 15 días postparto. A medida que la lactancia progresó, el grupo con IMC bajo, disminuyó significativamente sus reservas corporales de grasa, dando como resultado una diferencia significativa con el porcentaje de grasa corporal del grupo con IMC moderado tanto a los 3 como los 6 meses. Con base en estudios previos, esperábamos encontrar mujeres magras en el grupo con IMC bajo. Sin embargo, los datos de composición corporal indican que ambos grupos tenían reservas corporales de grasa no depletadas. Por lo tanto, no fuimos capaces de probar la hipótesis de que la producción y composición de la leche de mujeres magras en balance negativo de energía se ve afectada negativamente, o al menos se vio limitada por el intervalo de nuestras observaciones de la grasa corporal (20 a 40 % del peso corporal).

El balance materno de energía, expresado como cambios en el peso o la composición corporales, no tuvo ningún impacto sobre la producción o composición en macronutrientes de la leche.

Producción y composición de la leche

El volumen diario de leche producido por las mujeres otomíes fue igual o mayor al informado para mujeres bien alimentadas, pero las concentraciones de lípidos fueron menores en las mujeres con IMC bajo. Las concentraciones de lípidos de la leche han sido correlacionadas con la grasa corporal materna en estudios realizados en Bangladesh (3), Gambia (48), y Honduras (39). Los cambios estacionales en los lípidos de la leche estuvieron relacionados con los cambios ocurridos en el grosor del pliegue tricípital en las mujeres de Gambia. Las concentraciones de lípidos y energía de la leche, ajustados por edad, fueron mayores en las mujeres de Bangladesh con pliegues tricípitaes y circunferencias de brazo mayores. En mujeres hondureñas de bajos ingreso la densidad energética de la leche correlacionó positivamente con el peso corporal, el IMC, y el porcentaje de grasa corporal a los 4,5 y 6 meses postparto. Sin embargo, el impacto sobre la producción diaria de energía se vio atenuado por la producción de un mayor volumen de leche, como ocurrió en nuestro estudio.

Recientemente, Prentice revisó 41 estudios para decidir si el IMC era útil como predictor de una lactancia eficiente (80), sin encontrar una relación significativa entre el IMC y el volumen de leche de 24 hs o la concentración de energía. El autor concluyó sorprendentemente que la eficiencia de la lactancia era independiente del IMC, al menos cuando era mayor de 18.0 kg/m². Sin embargo cuando se analizan las contrastaciones dentro de un mismo estudio, en los cuales la comparabilidad de métodos utilizados no es un confusor importante, las mujeres con nutrición menos buena tienen una eficiencia de la lactancia relativamente mas mala.

Gasto total de energía

El GTE promedio del grupo con IMC bajo de 8.9 mJ/día (1.66xGMB) y de 9.2 MJ/día (1.55xGMB) del grupo con IMC moderado, se encuentran intermedios entre el límite mas alto informado (10.4 mJ/día; 1.95xGMB) en mujeres de Gambia (60) y los valores mas bajos (8.9 MJ/día; 1.54xGMB) informados en mujeres inglesas (70). El GTE de mujeres estadounidenses (10.1 MJ; 1.76xGMB) (71) y suecas (10.7 MJ; 1.8xGMB) (69), fueron también mayores que los de las mujeres otomíes. El nivel de actividad física de las mujeres otomíes puede ser clasificado como moderado en el grupo con IMC bajo y como ligero en el grupo con IMC moderado, de acuerdo a los criterios de la FAO/OMS/UNU (44). No se observó ningún efecto estacional o del estadio de la lactancia sobre el GTE de las mujeres del presente estudio. Se esperaba que las mujeres de Capulhuac tuvieran una mayor actividad física, pero tanto el GEAF como los patrones de actividad física fueron compatibles con niveles de actividad física entre moderados y ligeros. Los datos del registro diario de actividad física fueron muy similares a los medidos por el método de agua doblemente marcada. La actividad principal de estas mujeres consistió en las labores domésticas y el cuidado de los hijos. Al menos en las familias de este estudio las actividades mas demandantes de energía tales como el trabajo del campo y la recolección de leña fueron realizados principalmente por los varones. La mayor parte de las viviendas tenían disponible agua intubada por que el trabajo de acarreo de agua, frecuentemente laborioso, ha sido eliminado. Las mujeres lactantes participaban en la limpieza y desgranado de maíz, pero la mayoría molía su nixtamal en el molino eléctrico que existe en el pueblo.

Gasto metabólico basal

El GMB ajustado por peso o MLG no fue significativamente diferente entre los dos grupos. Contrario a nuestra expectativa, el grupo con IMC bajo no activó ningún mecanismo ahorrador de energía que disminuyera el metabolismo basal. Visto de manera retrospectiva, esto resulta lógico ya que no estaban depletadas de energía y en el peor de los casos el balance de energía fue ligeramente negativo. El GMB promedio resultó mayor que la predicción basada en la edad, el peso y la estatura corporales (44). Si la síntesis de leche fuera en realidad un proceso continuo e ineficiente se debería esperar una elevación en el metabolismo basal, pero no hay consenso acerca de esto último. Varios investigadores no han encontrado diferencias en el GMB de mujeres lactantes y de mujeres no embarazadas, no lactantes (47, 55, 60, 70, 76, 81, 82); otros han encontrado el GMB más alto en las lactantes (31, 69, 83, 84); finalmente otros pocos lo han encontrado más bajo (58,75). La gran altura de San Mateo Capulhuac sobre el nivel del mar (aproximadamente 2800 m) podría haber contribuido al mayor GMB debido a la respuesta térmica al frío o a la hipoxia. En estudios hechos a gran altura sobre el nivel del mar se han encontrado mayores tasas de GMB (85-88).

Gasto de energía por actividad física y patrones de actividad física

En teoría, estas mujeres podrían haber balanceado sus requerimientos de energía aumentados por la lactancia reduciendo su gasto por actividad física o aumentando la eficiencia en la ejecución de sus labores rutinarias. Pocos estudios han demostrado diferencias significativas en el costo de las actividades físicas durante la lactancia. En este

estudio no encontramos evidencia de que el grupo con IMC bajo tendiera a conservar energía en comparación con el de IMC moderado, por el contrario el NAF y GEAF ajustados por tamaño corporal fueron mayores en el grupo con IMC bajo. Al igual que en Gambia el porcentaje de grasa corporal se relacionó de manera inversa con el NAF (60). Es posible que las mujeres con IMC moderada mantengan sus reservas de energía siendo menos activas físicamente.

Estudios de la actividad física de mujeres que viven en comunidades rurales de autoconsumo informan que las mujeres reanudan sus tareas habituales domésticas y agrícolas en los primeros meses de lactancia. En Filipinas se observó una actividad física de ligera a moderada durante los primeros meses de lactancia (NAF=1.61), pero a partir del tercer mes se reanudó el trabajo físico intenso (NAF =1.80-1.98) (75). En Gambia, la actividad física regresa a niveles pre-embarazo después del primer mes de lactancia (57). Las mujeres lactantes de Nepal desarrollan una intensa actividad física durante los meses del monzón (NAF= 1.94) independientemente de si están embarazadas o lactando, ya que el trabajo obligado por las condiciones climáticas no puede ser disminuido (89). El papel de la disminución de la actividad física como mecanismo de ahorro de energía está siendo cuestionado en las condiciones que acontecen en el Tercer Mundo (90). Las mujeres latinoamericanas que participan en labores agrícolas tienen en promedio un gasto energético menor relacionado con el trabajo agrícola que las de mujeres africanas y asiáticas. Estudios de registro de actividad física demuestran que el trabajo agrícola que desempeñan las mujeres de estos países aumenta en la medida que su economía se transforma de agricultura de autoconsumo a agricultura comercial (91). La comunidad de San Mateo Capulhuac tiene

una economía basada predominantemente en el autoconsumo y un porcentaje alto de las participantes (cerca de 40%), no basaban su economía en la agricultura.

A los niveles observados de GTE y GEAF la producción, la composición y la exportación de macronutrientes por la leche no se vieron afectados por las variaciones en la actividad física. Sin embargo estas observaciones no excluyen la posibilidad de que la eficiencia de la lactancia se vea afectada negativamente cuando el balance negativo de energía sea más intenso o el nivel de actividad física sea más alta.

Requerimientos de energía

El consumo dietético de energía de las mujeres de este estudio (8.5 a 9.6 MJ/día o 165-189 kJ/kg/día) estuvieron muy por abajo de las recomendaciones internacionales para mujeres lactantes moderadamente activas (10.8-11.7 MJ/día ó 219 kJ/kg/día) (44). La estimación de los requerimientos totales de energía obtenida de la suma de el GTE más el valor de la energía exportada en la leche, resultó en promedio de 11.0 MJ para el grupo con IMC bajo y de 11.4 MJ para el grupo con IMC moderada, de los cuales 2.2 MJ/día fueron exportados al través de la leche. Según nuestros datos de balance de energía, la movilización de reservas corporales compensó solo una fracción pequeña de los requerimientos totales de energía (0.20 y 0.06 MJ/día para cada grupo), por lo tanto el consumo dietario debió haber sido subestimado en alrededor de 20%. Estas mujeres lactantes debieron estar consumiendo suficiente energía para poder mantener la producción de leche. Los supuestos en los cuales se basan las recomendaciones totales de energía de la FAO/OMS/UNU (2.9 MJ/día) fueron válidas en las mujeres del presente estudio ya que la movilización de grasa corporal fue mínima.

CONCLUSIONES

1.- El costo energético de la lactancia fue subsidiado de manera mínima por la movilización de las reservas corporales de energía de las mujeres de este estudio.

2.- La adiposidad materna, medida como grasa corporal total o como porcentaje de grasa, IMC o grosor de los pliegues cutáneos, se correlacionó de manera positiva con la concentración de lípidos de la leche.

3.- El gasto total de energía y el gasto por actividad física ajustados por masa libre de grasa fueron mayores en las mujeres con IMC bajo.

4.- No se encontraron pruebas de que existiera algún ahorro de energía en el gasto metabólico basal, ni en el gasto por actividad física, por lo tanto el gasto total de energía de las madres, ni sus componentes influyeron en la eficiencia de la lactancia.

5.- Los cambios tan limitados en la masa corporal de las madres durante la lactancia, sugiere que su balance de energía se encontraba cerca del estado de equilibrio. Por lo anterior se puede concluir que el costo energético de la lactancia fue cubierto principalmente por cambios en la ingesta de energía.

6.- Las mediciones de la ingesta diaria de energía, a pesar de haber sido muy minuciosas, no reflejaron tales cambios. Considerando que el balance de energía estaba en el equilibrio, el gasto total de energía debió ser similar a la ingesta diaria, sin embargo este última resultó 20% inferior al gasto total de energía.

A la luz de estos resultados, la relación directa entre la masa grasa de las madres y la composición lipídica de la leche, y la falta de correlación de esta última con el consumo

dietético de energía y nutrientes, parecería sugerir que las intervenciones de tipo nutricio resultan tardías y por lo tanto ineficientes durante la lactancia. Deberían enfocarse mejor a etapas más tempranas durante las cuales la madre podría acumular una mayor masa grasa. Tal sería el caso del embarazo, durante el cual ocurren cambios metabólicos y hormonales encauzados a facilitar tal almacenamiento de reservas corporales de grasa.

Por otra parte la diferencia en la concentración de lípidos de la leche no impactó sobre la producción diaria de lípidos ni de energía, debido a que las mujeres con IMC menor produjeron mayores volúmenes de leche. En consecuencia los hijos de estas mujeres recibieron cantidades de energía y lípidos similares a las que recibieron los hijos de mujeres con mejor IMC. El crecimiento de los niños de ambos grupos (no presentado en este estudio), fue estadísticamente similar, confirmando los resultados esperados con base en los datos de producción de leche. Aun así, el impacto sobre el bienestar nutricio de la madre en futuros embarazos y durante la etapa post reproductiva merece un estudio concienzudo.

Asimismo los datos presentados en este estudio abren nuevas preguntas para futuras líneas de investigación. Quizá las dos más importantes están relacionadas en primer lugar en entender los mecanismos hormonales y metabólicos que permiten que dos grupos de mujeres viviendo en un hábitat muy similar sean unas capaces de acumular masa grasa, mientras las otras la movilizan. Especialmente cuando estos cambios ocurren mientras las mujeres enfrentan un reto metabólico tan importante como el de la lactancia. La segunda pregunta se relaciona con los mecanismos que controlan la síntesis y transferencia de lípidos hacia la leche, para identificar las señales que permiten dirigir la maquinaria metabólica del lactocito para producir leche con una composición diferente.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Waterlow JC. Observations on the suckling's dilemma a personal view. *J Hum Nutr* 1981; 35:85-98.
- 2.- Rowland MGM, Paul AA, Whitehead RG. Lactation and infant nutrition. *Br Med Bull* 1981; 37:77-82
- 3.- Brown KH, Ahmed Akhtar, Robertson AD, Giashuddin Ahmed M. Lactational capacity of marginally of nourished mothers: relationships between maternal nutritional status and quantity and promote and composition of milk. *Pediatr* 1986A; 78:909-919.
- 4.- Brown KH, Stallings RY, Creed de Kanashiro H, López de Romana G, Black RE. Effects of common illnesses on infants' energy intakes from breast milk and other foods during longitudinal community-based studies in Huascar (Lima), Peru. *Am J Clin Nutr* 1990; 52:1005-1013.
- 5.- Martorell R, Yarbrough S, Klein RE. The impact of ordinary illnesses on the dietary intake of malnourished children. *Am J Clin Nutr* 1980; 33:345-350.
- 6.- U.S.Department of Health Education and Welfare. National Center For Health Statistics (NCHS) Growth Curves For Children, Birth-18 Years. Washington, D.C. DHEW Publication No. (PHS) 78-1650, 1977.
- 7.- Kim I, Pollitt E. Differences in the pattern of weight growth of nutritionally at-risk and well-nourished infants. *Am J Clin Nutr* 1987; 46:31-35.
- 8.- Brown KH, Robertson AD, Ahmed Akhtar N. Lactational capacity of marginally nourished mothers: infants' milk nutrient consumption and patterns of growth. *Pediatr* 1986B; 78:920-927.
- 9.- López de Romana G, Brown KH, Black RE, Creed Kanashiro H. Longitudinal studies of infectious diseases and physical growth of infants in Huascar and underprivileged peri-urban community in Lima, Peru. *Am J Epid* 1989; 129:769-784.
- 10.- Underwood BA. Weaning practices in deprived environments: the weaning dilemma. *Pediatr* 1985; 75(suppl): 194-198.
- 11.- Woolridge MW, Butte NF, Dewey KG, Ferris AM, Garza C, Keller RP. Milk volume. In: *Human Lactation: Milk components and methodologies*. Jensen RG, Neville MC (Edit), Plenum Press (Pub), New York NY, 1985, pp 5-22

- 12.- Coward WA, Cole TJ, Sawyer MB, Prentice AM. Breast-milk intake measurement in mixed-fed infants by administration of deuterium oxide to their mothers. *Hum Nutr Clin Nutr* 1982; 36C: 141-148.
- 13.- Prentice A, Paul A, Prentice A, Black T, Cole T, Whitehead R. Cross-cultural differences in lactational performance. In: M Hamosh and AS Goldman, eds. *Hum Lactation 2: Maternal and Environmental Factors*. Plenum Press, New York: 13-44 (1986).
- 14.- Butte NF, Wong WW, Patterson BM, Garza C, Klein PD. Human milk intake measured by administration of deuterium oxide to the mother: a comparison with the test-weighing technique. *Am J Clin Nutr* 1988; 47: 815-821.
- 15.- Orr-Ewing AK, Heywood PF, Coward WA. Longitudinal measurement of breast milk output by a H^2O^{18} tracer technique in rural Papua New Guinea women. *Hum Nutr Clin Nutr* 1986; 40C: 451-467.
- 16.- Villalpando S, Butte N, Wong W, Flores-Huerta S, Hernández-Beltrán MJ, Smith EO, Garza C. Lactation performance of rural Mesoamerindians. *Europ J Clin Nutr* 1992; 46: 337-348.
- 17.- Durnin J, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16-72 y. *Br J Nutr* 1974; 32: 77-79.
- 18.- Gibson RS. *Principles in nutritional assesement*. Oxford Univ Press, New York, 1990.
- 19.- Kinney JM, Tucker HN. *Energy metabolism. Tissue determinants and cellular corollaries*. Raven Press, NY, 1991.
- 20.- Carpenter KJ. *Protein and Energy. A study of changing ideas in Nutrition* Cambridge Univ Press, Cambridge UK, 1994.
- 21.- Butte NF, Villalpando S, Wong WW, Flores-Huerta S, Hernández-Beltrán MJ, Smith EO. Higher total energy expenditure contributes to growth faltering in breast-fed infants living in rural Mexico. *J Nutr* 1993; 123: 1028-35.
- 22.- Butte N, Villalpando S, Wong W, Flores-Huerta S, Hernández Beltrán MJ, Smith EO, Garza C. Human milk intake and growth faltering of rural Mesoamerindian infants. *Am J Clin Nutr* 1992; 55: 1109-16.
- 23.- International Dietary Energy Consulting Group, International Atomic Energy Agency, Prentice AM, de. *The doubly-labeled water method for measuring energy expenditure. Technical recommendations for use in humans. NAHRES-4, IFA, Vienna, Austria 1990.*

- 24.- Black AE, Prentice AM, Coward WA. Use of food quotients to predict respiratory quotients for the doubly labelled water method for measuring energy expenditure. *Hum Nutr: Clin Nutr* 1986; 40C: 381-91.
- 25.- Whitehead RG, Paul AA. Infant growth and human milk requirements. *Lancet* 1981; 2:161-163.
- 26.- World Health Organization (1985): The quantity and quality of breast milk. Geneva: World Health Organization.
- 27.- Martínez C, Chávez A. Nutrition and development in infants of poor rural areas 1. Consumption of mother's milk by infants. *Nutr Reports International* 1971; 4: 139-149.
- 28.- Rajalakshmi R. Reproductive performance of poor Indian women on a low plane of nutrition. *Trop Geogr Med* 1971; 23: 117-25.
- 29.- Van Steenberg WM, Kusin JA, de With C, Lacko E, Jansen AAJ. Lactation performance of mothers with contrasting nutritional status in rural Kenya. *Acta Paediatr Scand* 1983; 72: 805-810.
- 30.- Imong SM, Jackson DA, Wongsawadit L, Ruckphaophunt S, Tansuhaj A, Chiowanich P, Woolridge MW, Drewett RF, Baum JD, Amatayajul K. Predictors of breast milk intake in rural Northern Thailand. *J Pediatr Gastro Nutr* 1989; 8: 359-370.
- 31.- Sadurskis A, Kabir N, Wager J, Forsum E. Energy metabolism, body composition, and milk production in healthy Swedish women during lactation. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 551-559.
- 32.- Hennart P, Vis HL. Breast-feeding and postpartum amenorrhoea in Central Africa. *J Trop Pediatr* 1980; 26: 177-183.
- 33.- Brown KH, Black RE, Robertson AD, Becker S. Effects of season and illness on the dietary intake of weanlings during longitudinal studies in rural Bangladesh. *Am J Clin Nutr* 1985; 41: 343-355.
- 34.- Lönnerdal B, Forsum E, Gebre-Medhin M, Hambraeus L. Breast milk composition in Ethiopian and Swedish mothers. II. Lactose, nitrogen, and protein contents. *Am J Clin Nutr* 1976; 29: 1134-41.
- 35.- Reinhardt MC, Lauber E. Maternal diet, breast-feeding and infant's growth. *J Trop Pediatr* 1981; 27: 229-36.
- 36.- Crawford MA, Hassam AG. The role of lipids in maternal and infant undernutrition during pregnancy and lactation. *Ind J Nutr Dietet* 1979; 16: 321-40.

- 37.- Prentice A, Prentice AM, Whitehead RG. Breast milk fat concentrations of rural African women. 2. Long term variations within a community. *Br J Nutr* 1981; 45: 495-503.
- 38.- Prentice A, Prentice AM, Whitehead RG. Breast milk fat concentrations of rural African women. 1. Short term variations within individuals. *Br J Nutr* 1981; 45: 483-94.
- 39.- Pérez-Escamilla R, Cohen RJ, Brown KH, Rivera LL, Canahuati J, Dewey KG. Maternal anthropometric status and lactation performance in a low-income Honduran population: evidence for the role of infants. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 528-34.
- 40.- Insull W, Hirsch J, James T, Ahrens EH. The fatty acids of human milk. II. Alterations produced by manipulation of caloric balance and exchanges of dietary fats. *J Clin Invest* 1959; 38: 443-450.
- 41.- Villalpando S, Del Prado M, Stafford J, Delgado G. Diurnal variations in the fatty acid composition of milk fat from marginally nourished women. *Arch Med Res* 1995; 26: S139-43.
- 42.- Prentice AM, Roberts SB, Prentice A, Paul AA, Watkinson AA, Whitehead RG. Dietary supplementation of lactating Gambian women. I. Effect on breast-milk volume and quality. *Hum Nutr: Clin Nutr* 1983; 37C:53-64.
- 43.- González-Cosío T, Habitch JP, Delgado H, Rasmussen KM. Food supplementation during lactation increases infant milk intake and the proportion of exclusive breast-feeding. *FASEB J* 1991; 5; S917.
- 44.- FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Energy and protein requirements. Geneva, Switzerland. World Health Organization. Tech Report Ser 724, 1985.
- 45.- Adair LS, Pollitt E. (1982) Energy balance during pregnancy and lactation. *Lancet* 2: 219.
- 46.- Reynolds RD, Moser PB, Acharya S, McConnell W, Andon MB, Howard MP. Nutritional and medical status of lactating women and their infants in the Kathmandu Valley of Nepal. *Am J Clin Nutr* 1983, 47: 722-728.
- 47.- Schutz Y, Lechtig A, Bradfield R. Energy expenditure and food intakes of lactating women in Guatemala. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 892-902.
- 48.- Prentice AM, Whitehead RG, Roberts SB, Paul AA. Long-term energy balance in child-bearing Gambian women. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2790-2799.
- 49.- Prentice AM, Prentice A. Energy costs of lactation. *Ann Rev Nutr* 1988; 8: 63-79.

- 50.- Prentice AM, Prentice A. Maternal energy requirements to support lactation. In: Breast-feeding, nutrition, infection and infant growth in developed and emerging countries. Atkinson SA, Hanson LA, Chandra RK eds. ARTS Biomedical Publishers and Distributors, St. John's, Newfoundland 1990, pp. 67-86.
- 51.- Dusdieker LB, Hemingway DL, Stumbo PJ. Is milk production impaired by dieting during lactation? *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 833-40.
- 52.- Institute of Medicine, Subcommittee on Nutrition During Lactation. Nutrition During Lactation. Washington DC National Academy Press, 1991.
- 53.- Butte NF, Garza C, Stuff JE, Smith EO, Nichols BL: Effects of maternal diet and body composition on lactational performance. *Am J Clin Nutr* 1984; 39: 296-306
- 54.- Mannig-Dalton C, Allen L. The effects of lactation on energy and protein consumption, postpartum weight change and body composition of well nourished North American women. *Nutr Res* 1983; 3: 293-308.
- 55.- Illingworth PJ, Jung RT, Howie PW, Leslie P, Isles TE. Diminution in energy expenditure during lactation. *Br Med J* 1986; 292: 427-441.
- 56.- Blackburn MW, Calloway DH. Heart rate and energy expenditure of pregnant and lactating women. *Am J Clin Nutr* 1985; 32: 1161-1169.
- 57.- Roberts AB, Paul AA, Cole TJ, Whitehead RG. Seasonal changes in activity, birth weight and lactational performance in rural Gambia women. *Transact Roy Soc Trop Med Hyg* 1982, 76: 668-78.
- 58.- Lawrence M, Whitehead RG. Physical activity and total energy expenditure of child-bearing Gambia village women. *Eur J Clin Nutr* 1988; 42: 145-160.
- 59.- Blackburn MW, Calloway DH. Energy expenditure and consumption of mature pregnant and lactating women. *J Am Diet Assoc* 1976; 69: 29-37.
- 60.- Singh J, Prentice AM, Diaz E, Coward WA, Ashford J, Sawyer M, Whitehead RG. Energy expenditure of Gambia women during peak agricultural activity measured by the doubly-labeled water method. *Brit J Nutr* 1989; 62: 315-329.
- 61.- Stuff JE, Nichols BL. Nutrient intake and growth performance of older infants fed human milk. *J Pediatr* 1989; 115:959-968.

- 62.- Wong WW, Butte NF, Villalpando S, Flores-Huerta S, Klein P. Energy requirements during infancy determined by the doubly-labelled water method. In: Gopalan C. Recent Trends in Nutrition. Oxford University Press (Pub), Oxford, UK, 1993, pp. 65-73
- 63.- Allen LH, Pelto HG, Chávez A. The collaborative research and support program on food intake and human function (México project-final report). Connecticut: The University of Connecticut, CT and Mexico: Instituto Nacional de la Nutrición 1987.
- 64.- Hernández M, Chávez A, Bourges H. Valor nutritivo de los alimentos mexicanos. Tablas de uso práctico. Instituto Nacional de la Nutrición, México 1977.
- 65.- Wong WW, Lee LS, Klein PD. Deuterium and Oxigen-18 measurements on microliter samples of urine, plasma, saliva and human milk. *Am J Clin Nutr* 1987, 45:905-13
- 66.- Forbes GB. Human body composition. New York: Springer-Verlag, 1987, p. 31.
- 67.- Black AE, Prentice AM, Coward WA. Use of food quotients to predict respiratory quotients for the doubly-labelled water method of measuring energy expenditure. *Hum Nutr Clin Nutr* 1986; 40C: 381-391
- 68.- Jeejeebhoy KN, Ahmad S, Kozak G. Determination of fecal fats containing both MCT, LCT and fatty acids. *Clin Biochem* 1970; 3: 157-63.
- 69.- Forsum E, Kabir N, Sadurskis A, Westerterp K. Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 334-342.
- 70.- Goldberg GR, Prentice AM, Coward WA, et al. Longitudinal assessment of the components of energy balance in well-nourished lactating women. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 788-98.
- 71.- Lovelady CA, Meredith CN, McCrory MA, Nommsen LA, Joseph LJ, Dewey KG. Energy expenditure in lactating women: a comparison of doubly labeled water and heart-rate-monitoring methods. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 512-518.
- 72.- Lovelady CA, Lonnerdal B, Dewey KG. Lactation performance of exercising women. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 103-9.
- 73.- Dewey KG, Heining MJ, Nommsen LA, Lonnerdal B. Maternal vs infant factors related to breast milk intake and residual milk volume: the DARLING study. *Pediatrics* 1991; 87: 829-37.
- 74.- Adair LS, Pollitt E, Mueller WH. Maternal anthropometric changes during pregnancy and lactation in a rural Taiwanese population. *Hum Biol* 1983; 55: 771-87.

- 75.- Guillermo-Tuazon MA, Barba CVC, van Raaij JMA, Hautvast JGAJ. Energy intake, energy expenditure, and body composition of poor rural Philippine women throughout the first 6 mo of lactation. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 874-80.
- 76.- Madhavapeddi R, Rao BSN. Energy balance in lactating undernourished Indian women. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46: 349-54.
- 77.- Forsum E, Sadurskis A, Wager J. Estimation of body fat in healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *Am J Clin Nutr* 1989; 50: 465-73.
- 78.- Dewey Kg, Heinig MJ, Nommsen LA. Maternal weight-loss patterns during prolonged lactation. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 162-6.
- 79.- Brewer MM, Bates MR, Vannoy LP. Postpartum changes in maternal weight and body fat depots in lactating vs nonlactating women. *Am J Clin Nutr* 1989; 49: 259-65.
- 80.- Prentice AM, Goldberg GR, Prentice A. Body mass index and lactation performance. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48: S78-89.
- 81.- Motil KJ, Montandon CM, Garza C. Basal and postprandial metabolic rates in lactating and non-lactating women. *Am J Clin Nutr* 1990; 52: 610-615.
- 82.- Piers LS, Diggavi SN, Thangam S, van Raaij JMA, Shetty PS, Hautvast JGAJ. Changes in energy expenditure, anthropometry, and energy intake during the course of pregnancy and lactation in well-nourished Indian women. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 501-513.
- 83.- Khan L, Belavady B. Basal metabolism in pregnant and nursing women and children. *Indian J Med Res* 1973; 61: 1853-1860.
- 84.- Spaaij CJK, van Raaij JMA, de Groot LCPGM, van der Heijden LJM, Boekholt HA, Hautvast JGAJ. Effect of lactation on resting metabolic rate and on diet-and work-induced thermogenesis. *Am J Clin Nutr* 1994; 59: 42-47.
- 85.- Gill MB, Pugh LGCE. Basal metabolism and respiration in men living at 3,800 m (19,000 ft). *J Appl Physiol* 1964; 19: 949-954.
- 86.- Grover RF. Basal oxygen uptake of man at high altitude. *J Appl Physiol* 1963; 18: 909-912.
- 87.- Nair CS, Malhotra MS, Gopinath PM. Effect of altitude and cold acclimatisation on the basal metabolism in man. *Aerospace Med* 1971; 42: 1056-1059.

88.- Picon-Reategui E. Basal metabolic rate and body composition at high altitudes. *J Appl Physiol* 1961; 16: 431-434.

89.- Panter-Brick C. Seasonality of energy expenditure during pregnancy and lactation for rural Napali women. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 620-628.

90.- Ferro-Luzzi, A. Seasonal Energy stress in marginally nourished rural women: interpretation and integrated conclusions of a multicentre study in three developing countries. *Eur J Clin Nutr* 1990; 44: 41-46

91.- McGuire JS. Seasonal changes in energy expenditure and work patterns of rural Guatemalan women. Ph.D. Dissertation. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 1979.

Cuadro 1. Características de las madres y sus hijos

	IMC Bajo	IMC Moderado
<u>Madres</u>		
Edad (años)	21.3 ± 4.3*	22.3 ± 3.0
Escolaridad (años)	4.2 ± 2.5	2.8 ± 2.0
Gestas	2.9 ± 1.4	3.0 ± 1.6
mediana (límites)	3 (1-6)	3 (0-6)
Paridad	2.7 ± 1.3	2.7 ± 1.6
mediana (límites)	3 (0-5)	3 (0-5)
Peso Postparto (kg)**	47.5 ± 3.2	56.8 ± 5.2
Estatura (m)	1.49 ± 0.05	1.48 ± 0.05
IMC**	21.4 ± 0.9	25.7 ± 1.9
<u>Niños</u>		
Edad gestacional (semanas)	39.8 ± 1.3	40.3 ± 1.4
Género (M/F)	14/7	10/9
Peso al nacer (g)	2944 ± 249	3010 ± 331
Talla al nacer (cm)	48.4 ± 1.7	48.3 ± 1.4
Circunferencia cefálica (cm)	33.8 ± 1.2	34.5 ± 3.0

* Promedio ± DE

** P=0.001 IMC Bajo vs. IMC Moderado

Cuadro 2. Antropometría de las mujeres otomíes a los 0.5, 3 y 6 meses postparto

	IMC bajo			IMC moderado			ANOVA valores de p		
	0.5 meses	3 meses	6 meses	0.5 meses	3 meses	6 meses	Grupo	Tiempo	G x T
Peso (kg)	47.5 ± 3.2*	47.2 ± 3.5	46.3 ± 4.0	56.8 ± 5.2	56.7 ± 6.1	56.3 ± 6.8	.001	0.02	NS
Estatura (m)	1.49 ± 0.05			1.49 ± 0.05					
IMC (kg/m ²)	21.4 ± 0.9	21.2 ± 0.9	20.8 ± 1.1	25.7 ± 1.9	25.7 ± 2.5	25.6 ± 2.7	.001	NS	NS
<u>Circunferencias (cm):</u>									
Tórax	86.1 ± 3.5	84.2 ± 2.7	83.0 ± 3.4	91.6 ± 4.6	91.2 ± 4.6	90.2 ± 5.0	.001	.001	.01
Cintura	74.2 ± 3.6	73.3 ± 4.0	72.6 ± 4.0	84.1 ± 6.3	82.7 ± 6.8	81.4 ± 6.8	.001	.001	NS
Cadera	86.9 ± 2.4	86.1 ± 2.7	85.0 ± 3.0	94.4 ± 4.1	93.0 ± 4.1	92.2 ± 4.7	.001	.001	NS
Brazo	24.0 ± 0.9	24.3 ± 0.9	24.0 ± 0.9	26.5 ± 3.2	27.6 ± 2.5	27.5 ± 2.5	.001	.001	NS
Muslo	42.8 ± 3.2	43.1 ± 2.3	42.0 ± 1.7	46.7 ± 5.8	47.8 ± 3.0	47.5 ± 3.2	.001	NS	NS
Pierna	29.0 ± 1.6	29.4 ± 1.5	29.1 ± 1.6	31.8 ± 1.3	31.9 ± 1.8	31.8 ± 1.7	.001	NS	NS
<u>Pliegues cutáneos (mm):</u>									
Biceps	4.0 ± 0.9	4.8 ± 1.8	4.4 ± 1.9	5.6 ± 2.3	7.2 ± 3.2	6.5 ± 2.7	.001	.001	NS
Triceps	13.6 ± 3.0	14.2 ± 3.9	13.8 ± 3.3	18.1 ± 4.7	18.5 ± 5.7	19.1 ± 4.8	.001	NS	NS
Subescapular	18.1 ± 5.6	17.3 ± 4.7	15.8 ± 4.4	26.1 ± 8.3	24.6 ± 6.0	23.1 ± 6.1	.001	.006	NS
Suprailiaco	19.1 ± 5.5	16.6 ± 4.7	17.2 ± 5.1	24.9 ± 5.7	25.6 ± 6.6	27.5 ± 7.4	.001	NS	.00

* Media ± DE

Cuadro 3. Consumo dietético de las mujeres otomíes a los 3 y 6 meses postparto

	IMC bajo		IMC moderado		ANOVA valor de p	
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	Grupo	Tiempo
Energía (kJ/d)	8862 ± 1677*	8504 ± 1578	9579 ± 1356	8900 ± 1857	.05	NS
Carbohidratos (g/d)	378 ± 84	367 ± 81	414 ± 66	387 ± 83	NS	NS
Lípidos (g/d)	47 ± 16	40 ± 10	46 ± 10	42 ± 11	NS	.04
Proteínas (g/d)	53 ± 10	52 ± 11	60 ± 17	54 ± 14	.05	NS

* Media ± DE

Cuadro 4. Composición corporal de las mujeres otomías a los 0.5, 3 y 6 meses postparto basadas en dilución de deuterio

	IMC bajo			IMC moderado			ANOVA valores de p		
	0.5 m	3 m	6 m	0.5 m	3 m	6 m	Grupo	Tiempo	G x T
Agua Corporal Total (kg)	24.8 ± 2.1*	24.6 ± 1.9	24.1 ± 1.9	28.9 ± 2.1	27.4 ± 2.3	27.1 ± 1.8	.001	0.001	.05
(%peso)	52.2 ± 2.8	52.2 ± 3.0	52.3 ± 3.9	51.3 ± 3.2	48.4 ± 3.1	48.4 ± 4.0	.008	.04	.03
Masa libre de grasa (kg)	32.9 ± 2.8	33.7 ± 2.6	33.0 ± 2.6	38.3 ± 2.8	37.5 ± 3.1	37.1 ± 2.5	.001	NS	NS
(%peso)	69.2 ± 3.7	71.5 ± 4.1	71.6 ± 5.4	68.1 ± 4.3	66.4 ± 4.2	66.4 ± 5.5	.008	NS	.03
Masa grasa (kg)	14.6 ± 1.9	13.5 ± 2.5	13.2 ± 3.2	18.1 ± 3.6	19.2 ± 4.0	19.2 ± 5.3	.001	NS	.03
(%peso)	30.8 ± 3.7	28.5 ± 4.1	28.4 ± 5.4	31.9 ± 4.3	33.6 ± 4.2	33.6 ± 5.5	.008	NS	.03

* Media ± DE

Cuadro 5. Cambios en el peso y la composición corporales de las mujeres otomies y sus equivalentes en unidades de energía

	IMC bajo			IMC moderado		
	0.5 a 3 m	3 a 6 m	0.5 a 6 m	0.5 a 3 m	3 a 6 m	0.5 a 6 m
Peso (kg)	-0.39 ± 1.37	-0.92 ± 1.17	-1.25 ± 1.94	-0.09 ± 2.46	-0.42 ± 1.57	-0.34 ± 2.58
(g/d)	-4.9 ± 18.0	-10.0 ± 12.8	-7.5 ± 11.5	-1.4 ± 32.3	-4.6 ± 17.1	-2.0 ± 15.4
Masa libre de grasa (kg)	0.77 ± 1.61	-0.65 ± 1.77	0.12 ± 1.46	-0.82 ± 2.29	-0.62 ± 2.0	-1.03 ± 2.03
Masa grasa (kg)	-1.16 ± 2.33	-0.28 ± 2.10	-1.4 ± 2.77	0.93 ± 2.31	0.20 ± 2.36	0.82 ± 3.55
<u>Equivalentes de energía:</u>						
Peso (MJ)	-10.5 ± 37.4	-25.1 ± 31.8	-34.1 ± 52.7	-2.5 ± 67.0	11.5 ± 42.7	-9.1 ± 70.3
(kJ/d)	-133 ± 489	-271 ± 349	-205 ± 312	-38 ± 880	-127 ± 466	-56 ± 418
Masa libre de grasa (MJ)**	3.5 ± 7.4	-3.0 ± 8.2	0.5 ± 6.7	-3.8 ± 10.5	-2.8 ± 9.2	-4.7 ± 9.4
(kJ/d)	46 ± 96	-33 ± 88	4 ± 42	-54 ± 142	-29 ± 100	-29 ± 54
Masa grasa (MJ)	-45.4 ± 91.6	-10.9 ± 90.8	-54.0 ± 82.4	36.6 ± 92.7	7.7 ± 109	32.3 ± 139.8
(kJ/d)	-586 ± 1197	-121 ± 887	-326 ± 644	498 ± 1204	75 ± 1004	188 ± 824

* Media ± DE

** Los equivalentes de energía para el peso, la masa libre de grasa y la masa grasa fueron calculados con las siguientes constantes: 27.2 MJ/kg, 4.6 MJ/kg y 39.3 MJ/kg, respectivamente.

Cuadro 6. Espacios de dilución isotópica, tasas de recambio fraccional de ^2H y ^{18}O , pérdidas fraccionadas de agua, y gasto total de energía de las mujeres Otomías a los 3 y 6 meses postparto

	IMC bajo		IMC moderado		ANOVA valor de p	
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	Grupo	Tiempo
Temperatura (°C)	13.3 ± 2.9*	12.4 ± 3.0	13.0 ± 2.2	12.3 ± 3.6	NS	NS
Humedad relativa (%)	81.4 ± 10.0	75.4 ± 13.4	80.1 ± 9.9	74.8 ± 11.6	NS	.02
Pérdida fraccional de agua	0.26 ± 0.05	0.25 ± 0.04	0.26 ± 0.04	0.26 ± 0.03	NS	NS
N_H (kg) **	25.6 ± 1.9	25.1 ± 2.0	28.5 ± 2.4	28.2 ± 1.9	.001	.05
N_0 (kg)	24.8 ± 2.2	24.1 ± 2.0	27.5 ± 2.2	27.1 ± 1.9	.001	.04
N_H/N_0	1.033 ± 0.025	1.039 ± 0.021	1.036 ± 0.018	1.038 ± 0.021	NS	NS
k_H (d ⁻¹)**	-0.113 ± 0.020	-0.114 ± 0.023	-0.105 ± 0.011	-0.102 ± 0.012	NS	NS
k_0 (d ⁻¹)**	-0.146 ± 0.021	-0.147 ± 0.025	-0.135 ± 0.012	-0.132 ± 0.012	.03	NS
r_{H_2O} (L/d)**	2.9 ± 0.6	2.8 ± 0.5	3.0 ± 0.4	2.9 ± 0.4	NS	NS
r_{CO_2} (L/d)	405 ± 55	385 ± 59	411 ± 66	409 ± 48	NS	NS
r_{O_2} (L/d)	440 ± 60	418 ± 64	447 ± 72	444 ± 52	NS	NS
Gasto Total de Energía (kJ/d)	9132 ± 1249	8681 ± 1336	9278 ± 1501	9225 ± 1072	NS	NS

* Media ± DE

** N = Espacio de dilución del isótopo. $K = \text{días}^{-1}$, $r = \text{tasa de flujo del isótopo}$

Cuadro 7. Gasto metabólico basal (GMB), gasto de energía por actividad física (GEAF) y nivel de actividad física (NAF) de las mujeres otomías a los 3 y 6 meses postparto

	IMC bajo		IMC Moderado		ANOVA	
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	valor de p Grupo	Tiempo
GMB (kJ/d)	5314 ± 408*	5386 ± 385	5841 ± 360	5936 ± 421	.001	NS
GEAF** (kJ/d)	2905 ± 957	2367 ± 1155	2316 ± 1108	2367 ± 767	NS	NS
NAF**	1.72 ± 0.20	1.60 ± 0.24	1.55 ± 0.21	1.55 ± 0.14	.03	NS

* Media ± SD

** Gasto de energía por actividad física (GEAF) = GTE-GMB-(0.1xGTE);

+Nivel de actividad física (NAF) = GTE/GMB

DOCTORAL THESIS. MATERNAL ENERGY EXPENDITURE AND LACTATION PERFORMANCE.

Doctoral candidate: Salvador Villalpando Hernández

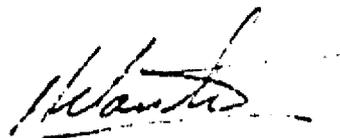
ABSTRACT

Lactating women from developing countries produce breast milk with lower concentrations of lipids and energy than their better nourished counterparts living in developed countries. As a consequence their exclusively breast-fed infants might have a lower intake of energy, as suggested by the growth stunting evident between 4 and 6 months of age. Early studies in our laboratory evidenced that the size of maternal fat stores, measures as body weight, sum of skinfold thickness or as true fat mass were directly related to the lipid concentrations in milk. It seems of common sense that the magnitude of the maternal fat stores must be strongly related to their maternal energy balance. Answers about the physiological mechanisms controlling such an association might allow for designs of effective nutritional interventions that aiming to improve the maternal nutritional status will impact on the nutritional status of their infants. This research aims to compare the components of the energy balance, the body composition, the production and composition of the milk of two groups of lactating women living in a poor rural community, bearing contrasting nutritional status as by their Body Mass Index (BMI). Under the working hypothesis that the energy balance of the mother is a determinant of the production and composition of the milk in women with limited of bodily energy stores, which in time affect negatively the content of energy and lipids of the milk.

Forty lactating women from the Otomi Indian community of San Mateo Capulhuac, Estado de México were stratified into two groups: one with BMI <22, considered as low, and the

second with BMI >25.5 considered as moderate. At 0.5, 3 and 6 months post partum were measured: Body weight, height, tricepita, bicepita, subscapular and suprailiac skinfold thickness; dietary history; body composition by using stable isotopes dilution techniques: Total energy expenditure (TEE), Basal metabolic rate (BMR); and daily production and composition of milk. Results. Women in the two groups had similar heights around 148 cm. Bo weight (10 kg), total body water (3 kg), fat-free mass (4kg), and fat mass (5 kg) were higher in women with moderate BMI. TEE was not different between groups, but BMR was higher and Physical activity expenditure (PAE) was lesser in women with moderate BMI. Variance and covariance analyses confirmed the association between maternal fat mass and the concentrations of energy and fat in milk, but were unable to demonstrate any association among the components of the energy balance and the milk components. In conclusion: At these planes of nutrition lactation was not subsidized by mobilization of maternal bodily depots or by energy sparing mechanisms related to BMR or PAE. Thus, TEE nor its components had any effect on lactation performance. The energy cost of lactation was met by adequations in energy intake. As a collateral we were able to confirm that dietary registries, no matter how scrupulous, always underestimate energy intake.

Academic Supervisor



Dr. Homero Martínez Salgado

TESIS DE DOCTORADO: EFECTO DEL GASTO ENERGETICO MATERNO
SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DE LA LACTANCIA Y EL CRECIMIENTO
DEL NIÑO.

CANDIDATO DOCTORAL SUSTENTANTE: MED. CIR. SALVADOR

VILLALPANDO HERNANDEZ

RESUMEN

Las mujeres lactantes de países en vías de desarrollo producen leche con concentraciones mas bajas de lipidos y energía que las mujeres lactantes que viven en países desarrollados. En consecuencia sus hijos, alimentados exclusivamente al pecho podrían consumir cantidades insuficientes de energía, como parece sugerirlo la observación hecha en muchos países de que desaceleran su crecimiento de manera significativa entre los 4 y los 6 meses postparto. En estudios previos hemos mostrado que la magnitud de las reservas corporales de grasa de la madre, medidas como peso corporal, suma de pliegues cutáneos o como masa grasa, guardan una relación directa con la concentración de lipidos de la leche. La magnitud de las reservas corporales de grasa deben guardar a su vez una relación estrecha con el balance de energía de la madre. Explicar los mecanismos fisiológicos de esta asociación permitirán diseñar intervenciones nutricias mas efectivas, las cuales al mejorar el estado nutricional de la madre mejoren también el del niño. Esta investigación tiene como propósito comparar los elementos que integran el balance de energía, la composición corporal y la producción y composición de la leche de dos grupos de mujeres que viven en una comunidad rural pobre y que tienen estados de nutrición diferentes de acuerdo a su Índice de Masa Corporal (IMC). Bajo la hipótesis de que el balance de energía de la madre es una determinante de la producción y composición de la leche en mujeres que tienen reservas corporales limitadas de lipidos, mismas que afectan negativamente el contenido de lipidos y por lo tanto de energía de la leche.

Se estudiaron 48 mujeres lactantes de la comunidad Otomí de San Mateo Capatzauc, Estado de México, estratificadas de acuerdo a su IMC en dos grupos: uno con IMC <22.2 considerado como bajo y otro >23.5 considerado como moderado. A los 0.5, 3 y 6 meses se midieron el peso, la talla, los pliegues bicipital, tricípital, subescapular y suprailíaco; la historia dietética; la composición corporal mediante una técnica de dilución de isótopos estables: el gasto total de energía (GTE), y el gasto metabólico basal (GMB); así como la producción y composición de la leche producida en 24 hs. Resultados . Las mujeres de ambos grupos tuvieron una estatura similar, cercana a 148 cm. El peso corporal (10 kg), el agua corporal total (3 kg), la masa libre de grasa (4 kg) y la masa grasa (5 kg) fueron mayores en la mujeres con IMC moderada. El GTE no fue diferente entre los grupos, pero el GMB fue mayor y el Gasto por actividad física (GAF) menor en las mujeres con IMC moderado. Los análisis de varianza y covarianza confirmaron la asociación entre la masa grasa materna y las concentraciones de lípidos y energía de la leche, pero no demostraron ninguna asociación entre los componentes del balance de energía y la composición de la leche. En conclusión: Bajo estos niveles de nutrición la lactancia no fue subsidiada por la movilización de reservas corporales de energía. Tampoco fue subsidiada por mecanismos de ahorro de energía en el GMB o en el GAF, por lo tanto el GTE ni sus componentes influyeron sobre la eficiencia de la lactancia. El costo de la lactancia fue cubierto por adecuaciones en la ingesta de energía. Como hallazgo colateral se pudo confirmar que las técnicas de encuesta dietética, aun las mas cuidadosa subestiman importantemente el consumo de energía.

Vo Bo del Asesor Académico



Dr. Homero Martínez Salgado

Cuadro 8. Eficiencia de la lactancia de las mujeres otomías a los 3 y 6 meses postparto

<u>Producción y composición de la leche</u>	IMC bajo		IMC moderado		ANOVA valor de p	
	3 meses	6 meses	3 meses	6 meses	Grupo	Tiempo
Volumen (g/d)	843 ± 171*	823 ± 222	810 ± 167	752 ± 148	NS	NS
No de tetadas	12.7 ± 2.1	12.9 ± 2.0	12.3 ± 2.7	12.6 ± 2.6	NS	NS
Energía (kJ/g)	2.73 ± 0.37	2.53 ± 0.33	2.89 ± 0.35	2.80 ± 0.46	NS	.01
Proteína (mg/g)	8.5 ± 1.5	8.3 ± 1.4	9.3 ± 1.1	8.9 ± 1.3	NS	NS
Lactosa (mg/g)	66.6 ± 2.9	67.2 ± 2.9	66.0 ± 3.0	65.1 ± 4.3	NS	NS
Lípidos (mg/g)	31.8 ± 9.0	29.1 ± 8.7	36.7 ± 7.6	35.7 ± 9.2	.04	NS
<u>Exportación diaria en la leche</u>						
Energía (kJ)	2274 ± 381	2061 ± 502	2343 ± 574	2058 ± 363	NS	.01
Proteína (g/d)	7.1 ± 2.2	6.8 ± 1.9	7.6 ± 2.2	6.9 ± 2.2	NS	NS
Lactosa (g/d)	56.5 ± 12.5	55.4 ± 16.5	53.7 ± 13.2	49.7 ± 10.7	NS	NS
Lípidos (g/d)	26.0 ± 6.1	23.4 ± 7.7	29.9 ± 8.4	25.7 ± 5.3	NS	.02

* Media ±DE