

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO



INSTITUTO NACIONAL DE PERINATOLOGÍA  
"ISIDRO ESPINOSA DE LOS REYES"

SUBDIRECCIÓN DE NEONATOLOGÍA

"EVALUACIÓN DEL APORTE ENERGÉTICO EN  
RECIEN NACIDOS PREMATUROS DE UNA  
TERAPIA INTERMEDIA"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

ESPECIALISTA EN NEONATOLOGÍA

P R E S E N T A:

DRA. NORMA ELISA CORDOVA MUÑOZ

DR. LUIS A. FERNÁNDEZ CARROCERA  
PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

DR. OLGA LETICIA ECHANIZ AVILEZ  
DIRECTOR DE TESIS



MÉXICO, D.F.

Febrero 2007



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## DEDICATORIA

A Dios: Que ilumina mi camino y guía mis pasos en todo momento.

En especial a Mis Queridos Padres:

A mi padre porque con su ejemplo único de dedicación, responsabilidad y horas de desvelo dedicadas a mi formación, ha sido mi mejor maestro y mi mayor ejemplo a seguir; A mi madre, por su inmenso amor, devoción y apoyo en todo momento. Gracias por estar conmigo siempre.

A Enrique y Adalid: Mis queridos hermanos a quienes siempre tengo presente donde quiera que estoy.

A Claudia: Por su cariño y apoyo incondicional en el camino que juntas aprendimos. Gracias por ser un motor que me impulsa a seguir adelante en la búsqueda de nuestras metas.

A mis queridas amigas: Lucecita y mechita, como yo las llamo con cariño, por la dicha de haberlas conocido y haberme brindado su amistad que es invaluable para mi, siendo el mayor de los tesoros.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Luis Alberto Fernández Carrocera: Por ser un magnifico jefe y mejor persona, por toda sus enseñanzas y apoyo brindado a nuestra formación académica.

Al Dr. José Mael Delgadillo Avendaño: por su calidez humana y especialmente por su confianza depositada en mi persona.

A la Dra. Leticia Echaniz : Por tener la fortuna de haberla conocido y trabajar en este proyecto, ya que sin su ayuda y entusiasmo no hubiera sido posible la realización de este proyecto. Gracias.

Al Instituto nacional de Perinatología: Por ser mi casa y la mejor escuela, durante estos dos años, y permitirme alcanzar mi meta. A todos sus miembros por brindarme sus conocimientos. Los llevo en el corazón.

## INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
CAPITULO 1. MARCO TEORICO Y CONCEPTUAL	
1.1 Fundamentación de la teoría y los métodos.....	4
1.2 Justificación.....	8
1.3 Objetivos.....	9
1.4 Hipótesis.....	10
CAPITULO II: MATERIAL Y METODOS	
2.1 Diseño.....	11
2.2 Población de estudio.....	11
2.3 Muestra y cálculo del tamaño muestral.....	11
2.4 Criterios de inclusión.....	11
2.5 Criterios de exclusión.....	11
2.6 Criterios de eliminación.....	11
2.7 Metodología.....	12
2.8 Variables de estudio.....	13
2.9 Técnicas de análisis estadístico.....	14
CAPITULO III: RESULTADOS.....	15
CAPITULO IV: DISCUSION.....	16
Conclusiones.....	18
Carts de consentimiento.....	19
Referencias bibliográficas.....	20
Gráficas.....	23

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar la proporción de Recién Nacidos Pretérmino con aporte energético adecuado, excesivo y subóptimo en una unidad de cuidados intermedios, se llevó a cabo, previo consentimiento informado de los padres, un estudio observacional, transversal y descriptivo mediante el cual se estudió de manera inicial a un grupo de 9 recién nacidos prematuros sin morbilidad asociada, preferentemente en la segunda semana de vida, durante el periodo comprendido del 15 de marzo al 30 de junio del 2006 en el servicio de UCIREN ( Unidad de Cuidados Intensivos del Recién Nacido). Se determinó el gasto energético, consumo de oxígeno, producción de dióxido de carbono y cociente respiratorio a través del método de calorimetría indirecta y mediante el empleo de una ecuación de predicción del mismo (Pierro).

Posteriormente se comparó el gasto energético obtenido con el aporte calórico real brindado al paciente y se clasificó el aporte en subóptimo <90% de la cobertura de los requerimientos calóricos, excesivo >110% de cobertura de los requerimientos calóricos y adecuado si estaba dentro de  $\pm 10\%$  de la cobertura de los requerimientos calóricos. Asimismo se compararon los resultados obtenidos por calorimetría y la fórmula de predicción de gasto calórico de Pierro.

Resultados: El promedio de la edad gestacional de la población evaluada en el estudio es de  $34.6 \pm 1.8$  semanas, 3 (33.3%) del sexo masculino y 6 (66.7%) del sexo femenino. La producción de CO<sub>2</sub> en promedio fue de  $6.43 \pm 1.6$  ml/kg/min, el consumo de O<sub>2</sub> de  $7.50 \pm 2.37$  ml/kg/min y el cociente respiratorio promedio (RQ) de  $1.07 \pm 0.46$ . El gasto energético obtenido mediante calorimetría indirecta fue de  $80.1 \pm 22.5$  Kcal/kg/día. El aporte calórico total brindado en promedio fue de  $119.8 \pm 27.3$  Kcal/día. El gasto energético obtenido mediante la ecuación de Pierro fue de  $83.87 \pm 18.79$  Kcal/día.

De los 9 pacientes estudiados, 8 de ellos recibió un aporte calórico >110% y sólo 1 recibió un aporte calórico  $\pm 10\%$  de sus requerimientos.

Con respecto a la correlación entre lo obtenido por medio de la ecuación de Pierro y lo medido mediante calorimetría indirecta fue de 0.50.

Conclusiones: Dado que se cuenta únicamente con 9 casos no es posible emitir recomendaciones pero sí hacer hincapié en que en esta pequeña muestra ya se observa una tendencia a brindar un aporte energético excesivo que pueden desencadenar complicaciones como hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, hígado graso, y a largo plazo y de acuerdo con las recientes publicaciones acerca del concepto de Programación, generar cambios en la composición corporal en este período crítico de la vida que se reflejen en enfermedades crónicas degenerativas a distancia.

## INTRODUCCION

El apoyo nutricional es un aspecto indispensable en el tratamiento del recién nacido pretérmino que requiere de terapia intensiva. Su importancia radica en que este grupo de pacientes tiene con frecuencia depleción nutricional desde su nacimiento y comúnmente se agregan condiciones como sepsis, síndrome de dificultad respiratoria, cardiopatías congénitas y el stress quirúrgico que favorecen alteraciones en el metabolismo energético.

En estas condiciones un aporte energético inadecuado o excesivo, retarda la recuperación y prolonga la estancia intrahospitalaria con el impacto subsecuente en la supervivencia, así como en el neurodesarrollo a largo plazo.

El uso apropiado de calorimetría indirecta para determinar los requerimientos calóricos permite conocer las necesidades energéticas y así adecuar el aporte tomando en cuenta sus necesidades reales y sin el error que representa hacer una estimación en base a las ecuaciones de predicción que suelen sobre o subestimar las necesidades de los pacientes.

En este estudio se consideró relevante primero establecer si el aporte energético brindado a los pacientes era adecuado, excesivo o subóptimo de acuerdo al gasto energético medido mediante calorimetría indirecta y por otro lado, conocer la correlación entre el gasto energético medido y el obtenido mediante una ecuación de predicción aplicable a neonatos.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El método de la calorimetría indirecta es el más utilizado en la determinación del gasto energético del recién nacido prematuro y nos permite evaluar de una manera específica los requerimientos energéticos de cada paciente en particular y en forma ideal adecuar el aporte a las necesidades reales del paciente.

Esto adquiere particular importancia debido a que se ha reportado que la magnitud en las alteraciones del gasto energético que pudieran tener consecuencias a largo plazo en el crecimiento y neurodesarrollo pudiesen ser tan pequeñas como 3-4 kcal/kg/d, por lo que es importante determinar exactamente los requerimientos energéticos para prevenir las complicaciones de sobre o subalimentación.

Por otro lado, aún no se ha establecido el uso rutinario de la calorimetría indirecta dada la complejidad en la realización del estudio por lo que se consideró pertinente aplicar una fórmula de predicción de gasto energético aplicable a neonatos y comparar los resultados.

En base a lo anterior:

¿Es el aporte nutricional que se brinda al prematuro adecuado para cubrir sus requerimientos energéticos reales?

¿Qué correlación existe entre el gasto energético medido mediante calorimetría indirecta y el obtenido mediante la fórmula de predicción de gasto energético?

# CAPITULO I

## MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO

### 1.1 FUNDAMENTACION DE LA TEORIA Y DE LOS METODOS.

#### El gasto energético

En condiciones de termoneutralidad la energía que se obtiene a través de la oxidación de sustratos es invertida para cubrir los requerimientos del metabolismo basal, termogénesis de alimentos, actividad, termorregulación y síntesis de tejidos. Gasto energético total es la suma de la energía requerida para la realización de estas funciones. La mayor parte de la información disponible con respecto al gasto energético en recién nacidos pretérmino, se deriva de estudios realizados mediante calorimetría indirecta bajo condiciones de termoneutralidad durante varias horas, asumiendo que las mediciones realizadas durante un período de 8 a 12 horas son representativas del gasto energético total durante 24 horas. En el recién nacido prematuro, los valores del gasto energético total en promedio son de 58 kcal/día (1,2). Aunque existen otros estudios donde se demuestra que determinaciones de 2 horas pueden extrapolarse a 24 horas con coeficientes de variación hasta del 6.6% (3).

#### Métodos para medir el gasto energético

El consumo de energía puede medirse por la cantidad de calor liberado, resultado del metabolismo energético y de la oxidación de sustratos en el organismo. Este es el principio de la calorimetría directa en que se cuantifica la energía por la cantidad de calor liberado. El método obliga a colocar al sujeto por lapsos grandes dentro de una cámara cerrada siendo impráctico para uso clínico y sobre todo, si se trata de un recién nacido, a diferencia de la calorimetría indirecta que se puede practicar en la cabecera del enfermo.

El método de la calorimetría indirecta es el más preciso en la determinación del gasto energético del recién nacido prematuro y nos permite evaluar de una manera específica los requerimientos energéticos de cada paciente en particular y en forma ideal adecuar el aporte a las necesidades reales del paciente. Esto adquiere particular importancia debido a que se ha reportado que la magnitud en las alteraciones del gasto energético que pudieran tener consecuencias a largo plazo en el crecimiento y neurodesarrollo pudiesen ser tan pequeñas como 3-4 kcal/kg/d.

Consiste en la utilización de un casco cefálico que permite la medición de diferencias entre el consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono con un volumen conocido de gases inspirados y expirados en forma continua. De esta manera se calcula el consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) y la producción de dióxido de carbono ( $VCO_2$ ). El cociente respiratorio (RQ) que puede expresarse como la relación  $VCO_2/VO_2$  es específico y constante para cada uno de los procesos oxidativos; por ejemplo, la oxidación total de carbohidratos proporciona un RQ 1, de grasa un RQ 0.7 y de proteínas un RQ de 0.81.

Aplicando la ecuación de Weir que toma en cuenta los valores calorimétricos de los diferentes sustratos, es posible calcular el gasto energético de un paciente (4,5):

$$\text{Gasto Energético} = 3.941 \text{ VO}_2 + 1.106 \text{ VCO}_2 - 2.17 \text{ Nu}$$

Donde:  $\text{VO}_2$  = consumo de oxígeno

$\text{VCO}_2$  = producción de  $\text{CO}_2$

Nu = Nitrógeno urinario

El nitrógeno urinario excretado es parte de las fórmulas para determinación del gasto energético, sin embargo, el error al no incluir esta variable es menor al 1% (6). La calorimetría indirecta es notoriamente útil en las estimaciones del gasto de energía en las salas de cuidados intensivos, a diferencia de las fórmulas empleadas para predecirlo que se caracterizan por ser imprecisas. El gasto o consumo real de energía medido suele ser mucho menor que las cifras calculadas sobre bases clínicas (7,8).

Otro método para medir el gasto energético es el del Agua Doblemente Marcada. El principio de este método es administrar dos isótopos estables de agua ( $^2\text{H}_2^{18}\text{O}$ ) por vía bucal, posteriormente se procede a determinar su velocidad de eliminación en líquidos corporales, orina y saliva. La diferencia entre la velocidad de eliminación de los dos isótopos equivale a la producción de dióxido de carbono. La desventaja de este método radica en que se requiere de una composición corporal más o menos constante, en cuanto a líquidos se refiere, variable difícil de conseguir en un recién nacido prematuro y enfermo. Además por otra parte resulta una técnica muy costosa (9).

#### Ecuaciones Para Predecir El Gasto Energético

Existen numerosas ecuaciones que predicen el gasto energético en adultos, entre las más utilizadas se encuentran la ecuación de Harris-Benedict, FAO/WHO/UNU, Schofield, las cuales utilizan factores de corrección (temperatura, sepsis, trauma, cirugía). Es importante mencionar que ninguna de estas ecuaciones está validada en neonatos. Una de estas ecuaciones, la de Harris Benedict sobreestima el gasto energético en reposo en la mayoría de los estudios realizados a pacientes adultos. En una comparación del gasto energético medido con el predicho en base a estas fórmulas, este fue significativamente más bajo que el estimado con dichas fórmulas (10, 11, 12). Con respecto a las ecuaciones de predicción empleadas en neonatos, Pierro y colaboradores realizaron un estudio en el cual determinaron el gasto energético mediante calorimetría indirecta y evaluando mediante un análisis de regresión de todas las variables que intervienen en el gasto energético de los neonatos como peso, edad postnatal, superficie corporal, etc., generó una ecuación que predice los requerimientos energéticos basales de pacientes quirúrgicos estables, usando parámetros fácilmente medibles (13,14,15,16).

La fórmula es la siguiente:  $-74.436 + (34.661 \times \text{peso en Kg}) + (0.496 \times \text{frecuencia cardíaca/minuto}) + (0.178 \times \text{edad en días})$ , con un  $r=0.89$   $p<00001$ . siendo esta correlación muy buena. Esta ecuación puede ser aplicada para predecir los requerimientos energéticos basales de niños quirúrgicos desde el nacimiento hasta los 5 meses (15).

De acuerdo con las recomendaciones de la Academia Americana de Pediatría el aporte energético mínimo para alcanzar una velocidad de crecimiento igual a la que se observa in útero en un recién nacido prematuro es de 120kcal/kg/d. Sin embargo, en algunos estudios se ha sugerido que el gasto energético se modifica de acuerdo a las condiciones clínicas del paciente y de acuerdo a ello se recomiendan ajustes en el aporte energético.

Idealmente el gasto energético debe ser medido en pacientes pediátricos críticamente enfermos. La significancia clínica del gasto energético particularmente en este tipo de enfermos tiene un impacto en el inicio de la nutrición parenteral. En ellos los aportes de glucosa por arriba del rango de oxidación de glucosa máxima puede resultar en la producción no oxidativa de grasa y promover depósitos de grasa (20).

La sobrealimentación esta definida como un exceso en las calorías aportadas de la cantidad requerida para una ganancia de peso normal. Cuando la glucosa es administrada en exceso puede directamente favorecer la lipogénesis (21).

Una subalimentación puede resultar en depleción de la reserva de grasas y proteínas. La malnutrición esta asociada con una disminución de la inmunocompetencia, incremento en el riesgo de infección, pobre cicatrización e incremento de la morbi-mortalidad (17).

Hay una relación lineal entre el aporte energético la producción de CO<sub>2</sub> y el incremento de la ventilación minuto. Los pacientes con falla respiratoria (retención de CO<sub>2</sub> e incremento de la ventilación minuto) como consecuencia de la nutrición parenteral con altas concentraciones de glucosa han sido por recibir exceso de aporte energético. Bajo condiciones normales, el incremento de la producción de CO<sub>2</sub> es fácilmente manejada por incremento de la profundidad o frecuencia respiratoria (22).

En un estudio transversal realizado en un grupo de 50 pacientes pediátricos se detectó desnutrición del 16 al 20% de esta población dentro de las primeras 48 hrs. de su admisión a la unidad de cuidados intensivos pediátricos (23).

Mediante un estudio longitudinal realizado en un grupo de 26 RNP menores de 30 semanas, se realizaron mediciones secuenciales de gasto energético mediante calorimetría indirecta y mediante un análisis de regresión lineal el gasto energético estuvo estrechamente relacionado con el aporte energético ( $r=0.789$ ,  $r^2=0.622$ ;  $p<0.0001$ ) (24).

En un estudio prospectivo longitudinal realizado en 213 pacientes adultos hospitalizados en UCIA, con el objetivo de determinar el porcentaje de pacientes que recibían un aporte adecuado, excesivo o subóptimo a sus necesidades a través de la medición de gasto energético mediante calorimetría indirecta, además de determinar de qué manera afectaba ello a su evolución clínica, se obtuvo que la mayoría de los pacientes (58.2%) fueron sobrealimentados recibiendo más 110% de calorías requeridas, 12.2% subalimentados recibiendo <90% de los requerimientos. Y sólo 25% recibieron el aporte dentro del  $\pm 10\%$  del aporte calórico requerido. Los aportes adecuados tuvieron un impacto en el estado ventilatorio y ello correlacionó en forma inversa con la ventilación minuto ( $p=0.001$ ,  $R^2=.05$ ) El grado de

sobrealimentación llevó a incrementos significativos en azotemia ( $p=.033$ ,  $R^2=.02$ ) (25).

En un estudio prospectivo realizado en 37 pacientes pediátricos críticamente enfermos con el objeto de evaluar su condición nutricional, aporte calórico, gasto energético se obtuvo que las mediciones de gasto energético fueron significativamente más bajas que aquellas calculadas con ecuaciones de predicción. En el primer día la relación Gasto energético medido/Gasto energético predicho  $<0.9$  en 56.8%,  $0.9-1.1$  en 21.6% y  $>1.1$  en 21.6% de los pacientes y concluyen que las ecuaciones de predicción sobreestiman el GER por lo que sugieren las mediciones directas para evitar problemas de sobre o subalimentación (26).

En otro estudio prospectivo multicéntrico para evaluar el uso clínico del RQ para monitorizar lo adecuado del apoyo nutricional y su tolerancia que se llevó a cabo en un total de 263 pacientes adultos hospitalizados se obtuvo que 41.5% de ellos fueron sobrealimentados, recibieron  $>110\%$  de calorías requeridas mientras que 34.2% fueron subalimentados recibiendo menos 90% de calorías requeridas. La relación de calorías provistas/requeridas correlacionó significativamente con el cociente respiratorio medido RQ ( $p<0.0001$ ;  $R^2=.16$ ) (27).

En base a lo anterior, a causa de que el gasto energético es difícil de predecir en base a ecuaciones convencionales, los pacientes rutinariamente son sobre o subalimentados. La medición de los requerimientos energéticos de los pacientes por calorimetría indirecta es importante, porque el grado de metabolismo predice fácilmente si el paciente será sobre o subalimentado. La cantidad de calorías infundidas debe de ser comparada con los requerimientos calóricos medidos por calorimetría indirecta.

La determinación de gasto energético mediante calorimetría es un método empleado para determinar los requerimientos energéticos y guiar el apoyo nutricional, adecuando los aportes, en el paciente adulto en terapia intensiva. En el recién nacido, las dificultades técnicas y metodológicas de este procedimiento han limitado su uso. No obstante, se reconoce que es una herramienta ideal para guiar el apoyo nutricional. De acuerdo a lo anterior es importante determinar exactamente los requerimientos energéticos para prevenir las complicaciones de sobre o subalimentación.

## 1.1 JUSTIFICACION

Un aporte nutricional subóptimo puede llevar al paciente a una depleción de reservas de grasa y proteínas, incremento en infecciones nosocomiales y retardo en la recuperación y por otro lado un aporte excesivo puede generar complicaciones metabólicas como hiperlipidemia, hígado graso, azoemia, disfunción hepática, aumento de la producción CO<sub>2</sub> que comprometen su condición clínica. El uso apropiado de la calorimetría indirecta puede optimizar el apoyo nutricional detectando y/o previniendo estas complicaciones.

El empleo rutinario de una ecuación de predicción de gasto energético aplicable a neonatos con una buena correlación con lo obtenido por calorimetría indirecta permitiría seleccionar los casos a quienes se les realiza calorimetría indirecta y a quienes únicamente se les calcularía los requerimientos mediante el empleo de la ecuación de predicción de gasto energético dadas las dificultades técnicas y metodológicas de la misma.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

Determinar la proporción de RNP con aporte energético adecuado, excesivo y subóptimo.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

Medir el gasto energético mediante calorimetría indirecta y la ecuación de predicción en los RNP y evaluar si el aporte energético cubre  $\pm 10\%$  del requerimiento calórico.

Medir el gasto energético mediante calorimetría indirecta y la ecuación de predicción en los RNP y evaluar si el aporte energético cubre  $< 90\%$  del requerimiento calórico.

Medir el gasto energético mediante calorimetría indirecta y la ecuación de predicción en los RNP y evaluar si el aporte energético cubre  $> 110\%$  del requerimiento calórico.

Obtener la correlación entre el gasto energético medido por calorimetría indirecta y el obtenido mediante la ecuación de predicción

### 1.3 HIPOTESIS

La frecuencia de aporte nutricional subóptimo en una población de prematuros en una Unidad de Cuidados Intermedios es de 12%.

La correlación entre el gasto energético medido por calorimetría indirecta y el obtenido mediante la ecuación de predicción es de 0.89.

## CAPITULO II

### MATERIAL Y METODOS

#### 2.1 DISEÑO

**Observacional, transversal y descriptivo.**

#### 2.2 POBLACION DE ESTUDIO

El universo de estudio estuvo constituido por los recién nacidos pretérmino que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intermedios (UCIREN) del Instituto Nacional de Perinatología "Isidro Espinosa de los Reyes" (INPerIER) durante el período comprendido del 15 de Marzo al 30 de junio del 2006 y que cumplieron con los criterios de inclusión.

#### 2.3 MUESTRA Y CALCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

**El muestreo fue no aleatorio por casos consecutivos.**

#### CALCULO DEL TAMAÑO MUESTRAL

Se empleó el paquete estadístico EPISTAT versión 1989 en su apartado correspondiente a cálculo de tamaño de muestra de estimación de proporción de población. Con un valor alfa de 0.05 y un valor beta .20. Se obtuvo un tamaño de muestra 39 casos.

#### 2.4 CRITERIOS DE INCLUSION

**Recién nacidos de 30 a 36 semanas por FUM o Capurro**

**Sin morbilidad asociada**

**Aceptación por escrito para participar de los padres o tutores (Carta de consentimiento libre e informada.)**

#### 2.5 CRITERIOS DE NO INCLUSION

**Malformaciones congénitas mayores**

**Recién nacidos que ameriten cualquier fase II y III de ventilación**

#### 2.6 CRITERIOS DE EXCLUSION

**Que los padres retiren el consentimiento para continuar con la realización del estudio.**

## 2.7 METODOLOGIA

El presente estudio se realizó durante el período comprendido del 15 de Marzo al 30 de junio del 2006.

El universo de estudio estuvo conformado por los recién nacidos prematuros que ingresaron a la Unidad de Cuidados Intermedios Neonatales (UCIREN). El tipo de muestreo fue no probabilística de casos consecutivos.

Los recién nacidos pretérmino se captaron en la Unidad de Cuidados Intermedios del Recién Nacido del INPerIER. Se obtuvo la autorización del familiar para la realización del estudio mediante la carta de consentimiento informado correspondiente (ver anexo 2).

Se estudiaron 9 pacientes la mayoría en la segunda semana de vida, determinándose el consumo de O<sub>2</sub>, la producción de CO<sub>2</sub>, el cociente respiratorio y el gasto energético de esta población mediante calorimetría indirecta.

El estudio se realizó bajo las siguientes condiciones:

1. Ambiente térmico neutro
2. Aporte nutrimental prescrito de acuerdo a las Normas vigentes en el INPer.
3. Clínicamente estable durante el período de estudio
4. Durante un período de 2 horas
5. Se registrará la actividad espontánea y solo se considerarán los períodos libres de llanto.
6. Se registrarán el aporte energético.

Por otro lado se realizaron los cálculos correspondientes a la fórmula de predicción para gasto energético en el neonato.

## 2.8 VARIABLES DE ESTUDIO

### GASTO ENERGETICO

Definición conceptual: **Se define como la cantidad de energía requerida para mantener el gasto energético en reposo (termorregulación y síntesis de tejidos) termogénesis de alimentos y actividad física.**

Definición operacional:

Se realizaron las determinaciones mediante el método de la calorimetría indirecta expresando los resultados en Kcal/d; estando el paciente a temperatura ambiental constante de  $36\pm 2^{\circ}$  C. Se utilizó un calorímetro indirecto computarizado (V Max, Sensormedics corporation) El flujo de aire se ajustó a 3 l/min y sólo se consideraron los períodos libres de llanto

Se colocó en la cabeza del recién nacido un casco que cuenta con un analizador paramagnético de O<sub>2</sub> y un analizador infrarrojo de CO<sub>2</sub>, lo que permitió obtener el consumo del primero y la producción del segundo. Al dividir el CO<sub>2</sub> producido entre el O<sub>2</sub> consumido se obtuvo el cociente respiratorio (CR) y a partir del CR el gasto energético en reposo mediante la ecuación de Weir que define:

$$\text{Gasto Energético} = 3.941 \text{ VO}_2 + 1.106 \text{ VCO}_2 - 2.1 \text{ UN}$$

Donde: VO<sub>2</sub> = consumo de oxígeno

VCO<sub>2</sub>=producción de CO<sub>2</sub>

UN= Nitrógeno ureico

Para la validación del procedimiento se realizaron calibraciones del VMAX diariamente y previo a la realización del estudio.

CLASIFICACION **Cuantitativa** continúa.

ESCALA DE MEDICION **Cuantitativa** de razón en Kcal/ d

### APORTE NUTRICIO ADECUADO

Definido como el aporte que cubre los requerimientos calóricos reales con una diferencia de  $\pm 10\%$ .

Se determinó el gasto energético y se consideró como el requerimiento calórico real, se comparó el aporte proporcionado y así se definió la calidad de éste.

CLASIFICACION **Cualitativa** nominal

ESCALA DE MEDICION **Cualitativa** nominal.

### APORTE NUTRICIO SUBOPTIMO

Definido como el aporte que cubre < del 90% de los requerimientos calóricos reales.

Se determinó el gasto energético y se consideró como el requerimiento calórico real, se comparó el aporte proporcionado y así se definió la calidad de éste.  
CLASIFICACION: Cualitativa nominal  
ESCALA DE MEDICION: Cualitativa nominal.

#### APORTE NUTRICIO EXCESIVO

Definido como el aporte que provee >110% del requerimiento calórico real.  
Se determinó el gasto energético y se consideró como el requerimiento calórico real, se comparó el aporte proporcionado y así se definió la calidad de éste.  
CLASIFICACION: Cualitativa nominal.  
ESCALA DE MEDICION: Cualitativa nominal

#### VARIABLES DE CONTROL

##### ACTIVIDAD

Se valorarán exclusivamente los períodos libres de llanto y durante todo el estudio se vigilará al paciente para descartar con oportunidad dichos episodios (28).

##### TEMPERATURA

Termoneutralidad: Se define como el rango de temperatura ambiental dentro de la cual el consumo de oxígeno es mínimo. Y se modifica de acuerdo a la edad gestacional, el peso y los días de vida. Existen zonas de termoneutralidad teóricas para los diferentes rangos de peso al nacimiento

#### 2.9 TECNICAS DE ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis univariado de las variables con distribución normal se realizaron medidas de tendencia central y de dispersión; para aquellas libres de distribución, frecuencias y porcentajes.  
Se llevó a cabo un análisis de correlación de Spearman para definir la relación entre el gasto energético obtenido mediante calorimetría y el obtenido mediante fórmula.

## CAPITULO III

### RESULTADOS.

Durante el periodo comprendido del 15 de marzo al 30 de junio 2006, se realizaron 9 determinaciones del gasto energético mediante el método de calorimetría indirecta en 9 recién nacidos prematuros, 2 (22.2%) AEG y 7 (77.8%) PEG.

La edad gestacional promedio de  $34.6 \pm 1.8$  semanas.

En relación al género se obtuvieron las siguientes frecuencias, 3 (33.3%) del sexo masculino y 6 (66.7%) del sexo femenino. El promedio de días de vida extrauterina fue de  $15.7 \pm 11.8$ .

En relación a la producción de CO<sub>2</sub> (VCO<sub>2</sub>), el promedio fue de  $6.43 \pm 1.6$  ml/kg/min.

El consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>) fue de  $7.50 \pm 2.37$  ml/kg/min.

El cociente respiratorio (RQ) promedio de  $1.07 \pm 0.4$ .

El gasto energético total de  $80.1 \pm 22.5$  Kcal./día. En cuanto al aporte calórico total que se brindó a los pacientes fue de  $119.8 \pm 27.3$  Kcal./día.

Por otro lado la estimación de los requerimientos energéticos mediante la ecuación de Pierro fue de  $83.87 \pm 18.79$  Kcal./día (15).

De los 9 pacientes estudiados, 8 (88.8%) de ellos recibieron un aporte calórico >110% de sus requerimientos energéticos y sólo 1 (11.1%) recibió un aporte calórico que cubrió  $\pm 10\%$  de sus requerimientos.

Se observó la misma tendencia comparando el aporte calórico contra los requerimientos calculados mediante la ecuación de Pierro. En este sentido, la correlación entre lo obtenido por medio de esta ecuación y lo medido mediante calorimetría indirecta fue de 0.50.

## CAPITULO IV

### DISCUSION

Como podemos observar se trata de una población de prematuros en quienes predominan los PEG, de género predominantemente femenino y en la segunda semana de vida. Las determinaciones de VO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, RQ y gasto energético están dentro de lo reportado por la literatura para los pacientes prematuros (29).

De acuerdo al objetivo principal del estudio podemos observar que 8 (88.8%) de los pacientes fueron sobrealimentados recibiendo >110% de las calorías que realmente requerían y sólo 1 (11.1%) recibió un aporte adecuado dentro de  $\pm 10\%$  de su requerimiento energético real. En un estudio similar realizado en 213 pacientes adultos se encontró que la mayor parte de los pacientes 58.2% eran sobrealimentados, 12.2% subalimentados y sólo el 25% recibían un aporte calórico óptimo dentro de  $\pm 10\%$  de sus requerimientos (30).

Comparando los requerimientos calóricos estimados mediante la ecuación de Pierro se obtienen las mismas proporciones.

Lo anterior resalta la importancia de medir con precisión los requerimientos energéticos reales del paciente y poder así adecuar el aporte energético sin caer en un aporte excesivo o subóptimo.

En estudios recientes se demuestra la significancia clínica del gasto energético particularmente en los pacientes críticamente enfermos. En ellos los aportes de glucosa por arriba del rango de oxidación de glucosa máxima puede resultar en la producción no oxidativa de grasa y promover depósitos de grasa (20). La sobrealimentación esta definida como un exceso en las calorías aportadas de la cantidad requerida para una ganancia de peso normal. Cuando la glucosa es administrada en exceso puede directamente favorecer la lipogénesis (21).

Por otro lado, un aporte subóptimo puede resultar en depleción de la reserva de grasas y proteínas; en un estudio transversal realizado en un grupo de 50 pacientes pediátricos se detectó desnutrición del 16 al 20% de esta población dentro de las primeras 48 hrs. de su admisión a la unidad de cuidados intensivos pediátricos. (18,19). La malnutrición esta asociada con una disminución de la inmunocompetencia, incremento en el riesgo de infección, pobre cicatrización e incremento de la morbi-mortalidad (17).

Además, de acuerdo con las recientes publicaciones acerca del concepto de Programación Fetal y neonatal, en este período crítico se pueden generar cambios en la composición corporal de acuerdo al aporte nutricional brindado que se traducen en enfermedades crónicas degenerativas y predisposición a trastornos metabólicos a distancia tal y como se demostró en un estudio realizado en animales en quienes se demostró que un período corto de desnutrición (21 días) durante la etapa neonatal afecta seriamente el desarrollo del páncreas predisponiéndolas a desarrollar diabetes en la madurez (31)

Con respecto a la correlación obtenida entre los requerimientos calculados mediante la fórmula de Pierro y lo obtenido mediante la calorimetría indirecta, consideramos 0.50 como una correlación moderadamente buena; no obstante, sin significancia estadística.

Dado que únicamente contamos con 9 pacientes podemos inferir que al incrementar el tamaño de la muestra nuestro resultado puede mejorar.

En la mayor parte de los estudios en donde se comparan las ecuaciones de predicción contra lo obtenido mediante calorimetría indirecta, se demuestra que las ecuaciones sobre-estiman o subestiman dichos requerimientos.

Hardy y cols en un estudio transversal realizado en 52 niños admitidos a una terapia intensiva pediátrica con el objeto de determinar la correlación entre métodos predictivos y la calorimetría indirecta para determinar requerimientos calóricos encontró que las ecuaciones sobre-estimaron dichos requerimientos en 50 de 52 pacientes en algunos casos hasta en 700%. Y no existió correlación alguna con dichas determinaciones. (32)

No obstante en el estudio de Pierro y cols. con el objeto de generar la ecuación de predicción del gasto energético se realizaron 122 mediciones en 46 neonatos no ventilados estables en período posquirúrgico y se consideraron las variables más importantes que inciden en el gasto energético en dichos pacientes, obteniendo como variables significativas: el peso, frecuencia cardíaca y días de vida extrauterina mediante los cuales se diseñó la ecuación y se obtuvo una correlación de 0.89 con un error de  $-0.95 \pm 3.65\%$  (15).

Consideramos de interés corroborar si existe o no una correlación clínicamente útil entre la ecuación propuesta por Pierro y lo determinado por calorimetría indirecta pues nos brindaría una herramienta más de evaluación nutricia y serviría como una guía para orientar el aporte energético a nuestros pacientes.

Por otro lado, se destaca sin lugar a dudas la importancia que tiene conocer de manera precisa y específica el gasto energético de los pacientes para poder brindar un apoyo nutricional adecuado.

Dado que se cuenta únicamente con 9 casos no es posible emitir recomendaciones pero sí hacer hincapié en que en esta pequeña muestra ya se observa una tendencia a brindar un aporte energético excesivo que pueden desencadenar complicaciones a corto y largo plazo.

## CONCLUSIONES

Dado que se cuenta únicamente con 9 casos no es posible emitir recomendaciones pero sí hacer hincapié en que en esta pequeña muestra ya se observa una tendencia a brindar un aporte energético excesivo que pueden desencadenar complicaciones como hipercolesterolemia, hipertrigliceridemia, hígado graso, y a largo plazo y de acuerdo con las recientes publicaciones acerca del concepto de Programación, generar cambios en la composición corporal en este período crítico de la vida que se reflejen en enfermedades crónico degenerativas a distancia.

Por otro lado, si la correlación entre lo calculado por la ecuación de Pierro y lo obtenido mediante calorimetría indirecta se incrementa con el tamaño de muestra, contaríamos con una herramienta útil para adecuar de manera preliminar los requerimientos y en casos seleccionados precisar dichos requerimientos mediante la calorimetría indirecta.

La idea básica del estudio es resaltar la importancia que tiene conocer las necesidades calóricas del paciente mediante la medición del gasto energético para adecuar el aporte calórico a sus necesidades reales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Lafeber HN. Nutritional assessment and measurement of body composition in preterm infants. Clin Perinatol 1999; 26:997-1005.
- 2.- Schutz Y, Deurenberg P. Energy Metabolism: Overview of Recent Methods used in Human Studies. Ann Nutr Metab. 1996; 40:183-93.
- 3.- Thureen PJ, Phillips RE, DeMarie M, Hoffenberg A. Technical and methodologic considerations for performance of indirect calorimetry in ventilated and nonventilated preterm infants. Crit Care Med 1997; 25:171-180.
- 4.- Coss-Bu JA, Jefferson LS, Walding D, et al. Resting energy expenditure in children in a pediatric intensive care unit: comparison of Harris Benedict and Talbot predictions with indirect calorimetry values. Am J Clin Nutr 1998; 67:74-80.
- 5.- Thomson MA, Bucolo S, Quirk P, Shepherd RW. Measured versus predicted resting energy expenditure in infants: A need for reappraisal. J Pediatr 1995;126: 21-7.
- 6.- Patti Thureen, MD. Measuring energy expenditure in preterm and unstable infants. The journals of Pediatrics 2003;142. Number 4.
- 7.- Mondejar EF, Duro Lombardo M, Pérez de la Cruz AJ, Mérida Morales A, Torres Ruíz JM. Variations in oxygen consumption and carbon dioxide producción during parenteral nutrition. Intensive Care Med 1982; 8:169-172.
- 8.- Klhan SC, Kilic I, Carbohydrate as nutrient in the infant and child: range of acceptable intake .Europe J Clin Nutr 1999;53: S94-S100.
- 9.- Elwyn DH, Askanazi J, Kinney JM, Gump FE .Kinetics of energy substrates. Act Chir Scand Suppl 1981: 507: 209-219.
- 10.- Harris JA benedict FG :Biometric studies of basal metabolism in man. Washington DC, Carnegie Institute. (1919).Publication 2793.
- 11.- World Health Organization :Energy and protein requeriments :report of a join FAO/WHO/ONU expert consultation Genova World Heath Organization.(1985). WHO technical reportsseries No. 724.
- 12.- Schofield WN: Predicting basal metabolic rate, new standars and review of previous work. Hum Nutr Clin Nutr 1895: 39 (suppl 1):5- 41 .

- 13.- Chessex P, Reichman BL, Verellen GJ. Relation between heart rate and energy expenditure in the newborn. *Pediatr Res* 1981;15:1077-1082.
- 14.- Davies PSW, Ewing G, Lucas A: Energy expenditure in early infancy. *Br J Nutr* 62: 621-629, 1989.
- 15.- Pierro A, Jones MO, Hammond P, Donnell SC, Looyd DA. A new equation to predict the resting energy expenditure of surgical infants. *Journal of Pediatr Surg* 1994; 29: 1103- 1108.
- 16- Mestyan J, Fekete M, Bata G, et al: The basal metabolic rate of premature infants. *Biol Neonate* 1964; 7: 11- 25
- 17.-Bristian BR, Blackburn GL, et al: Cellular immunity in semistarved states in hospitalized adults *Am J Clin Nutr* 1985; 28:1148-1155.
- 18.- Merrit RJ, Sunkind RM: Nutritional Survey of hospitalized pediatric patients. *Am J Clin Nutr* 1989; 32:1320-1325.
- 19.-Pollak MM, Wiley JS, Holbrook PR: Early nutritional depletion in critically ill children *Crit Care Med* 1981; 9:580-583.
- 20.- Elwyn DH, Askanazi J, Kinney JM, Gump FE .Kinetics of energy substrates. *Acta Chir Scand Suppl* 1981: 507: 209-219.
- 21.- Kihan SC, Kilic I, Carbohydrate as nutrient in the infant and child: range of acceptable intake .*Europe J Clin Nutr* 1999;53: S94-S100.
- 22.- Mondejar EF, Duro Lombardo M, Pérez de la Cruz AJ, Mérida Morales A, Torres Ruíz JM. Variations in oxygen consumption and carbon dioxide producción during parenteral nutrition. *Intensive Care Med* 1982; 8:169-172.
- 23.-Pollak MM, Wiley JS, Holbrook PR: Early nutritional depletion in critically ill children *Crit Care Med* 1981; 9:580-583.
- 24.- Bauer Karl, Laurenz Maren, Keteler Jorg and, Verlsmod Hans. Longitudinal study of energy expenditure in preterm neonates –30 weeks'gestation during first three postnatal weeks. *J Pediatr* 2003;142: 390-6.
- 25.- Mc Clave Stephen,MD: Lowen C Cinthya, Rd; Kleber J. Melissa. Are patients fed appropriately according to their caloric requeriments? *JPEN* 1998; 22: 375-381.
- 26.- Briassoulis, George MD; Venkataram, Shekhar MD;Thompson,Anne, MD. Energy expenditure in critically ill children. *Ped Crit care*.2000; 28:1166-1172.
- 27.- Mc Clave, Stephen ,MD:Lowen C,Cynthia; Kleber J: Melissa. Clinical use of the respiratory quotient obtained from indirect calorimetry. *JPEN* 2003; 27:21-8.
- 28 .- Bruck K. Parmelee AH, Bruck M 1962. Neutral temperature range and range of thermal comfort in premature infants. *Biol Neonate* 4:32-51.

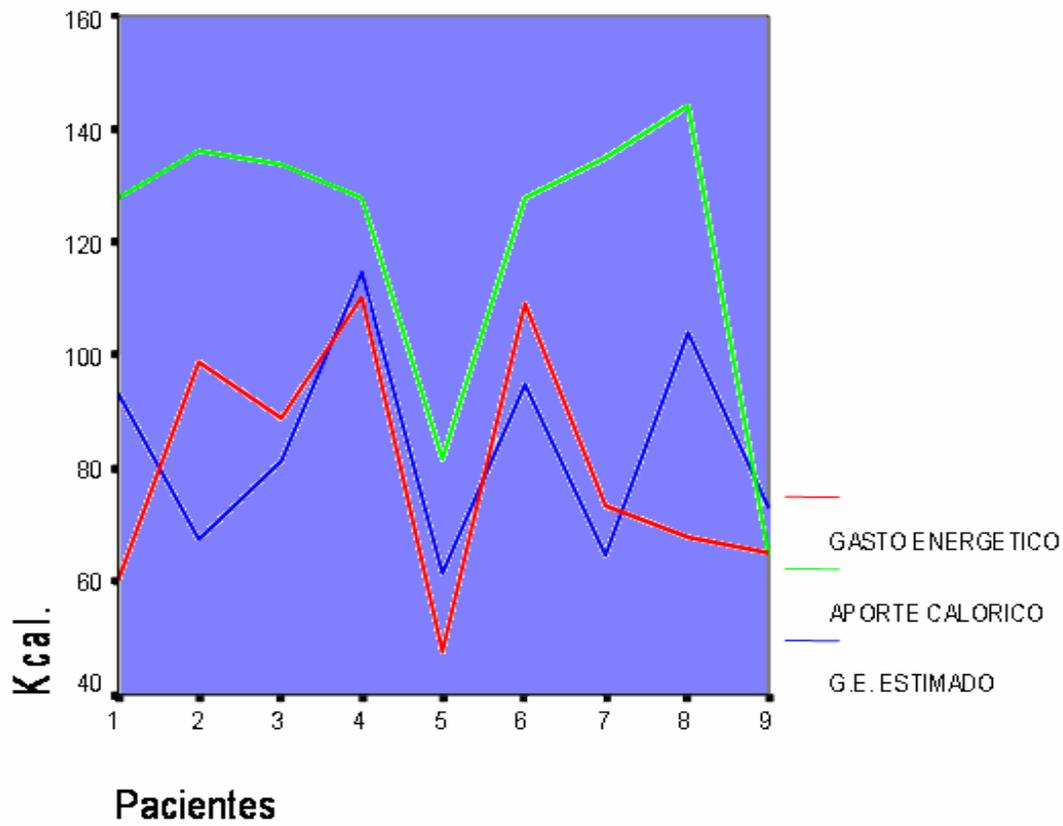
29.- Schulze Karl, Stefansky Mark, Masterson Julia, Kashyap Sudha, et al. An analysis of the variability in estimates of bioenergetic variables in preterm infants. *Pediatr Res* 20: 422- 427.1986.

30- Mc Clave Stephen, MD; Lowen C Cinthya, RD; Kleber J. Melissa. Are patients fed appropriately according to their caloric requirements? *JPEN* 1998;22:375-381.

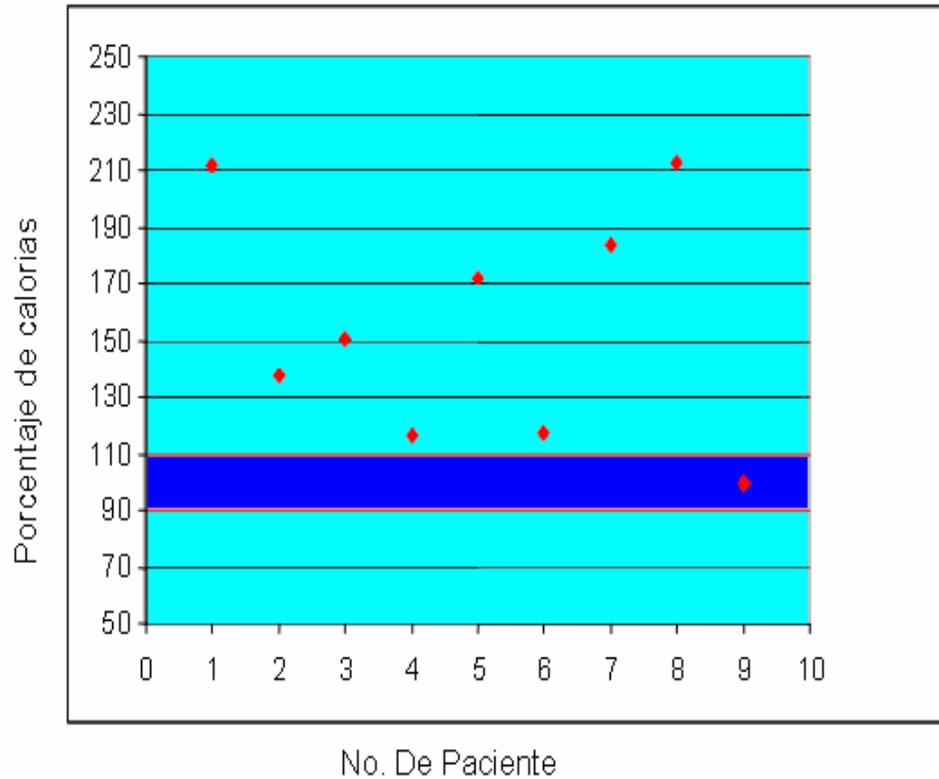
31.- Nathanielsz Peter W, fetal programming: how the quality of fetal life alters biology for a lifetime. *Neoreviews*.Vol . No 7. July 2000.

32- Hardy Christine M, Dwyer Johanna, Snelling Linda K. Dallal Gerard E. Pitfalls in predicting resting energy requirements in critically ill children: A comparison of predictive methods to indirect calorimetry. *Nutr in Clin Pract* 17:182- 189, June 2002.

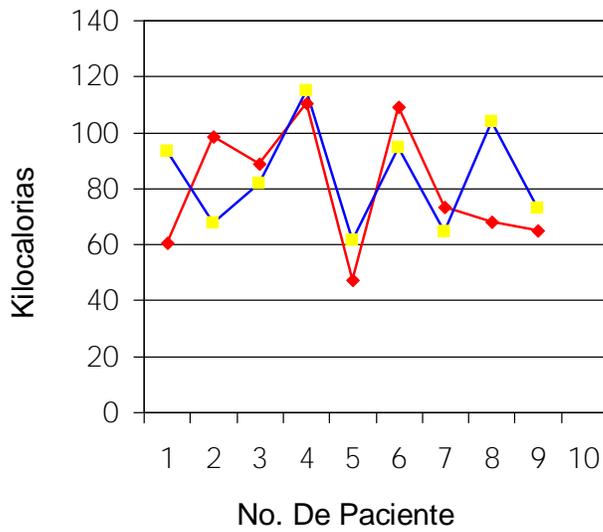
# Grafica de Gasto Energetico por Calorimetria y Formula



## Clasificación de los pacientes de acuerdo al porcentaje de calorías recibidas



# Correlación del gasto calórico medido y estimado por formula



Correlations

			GASTO	FORMULA
Spearman's rho	GASTO	Correlation Coefficient	1.000	.500
		Sig. (2-tailed)	.	.170
		N	9	9
FORMULA		Correlation Coefficient	.500	1.000
		Sig. (2-tailed)	.170	.
		N	9	9