

# Gasto energético y utilización de sustratos energéticos durante la nutrición parenteral total en el recién nacido

J. Molina González, J. Salas Salvadó<sup>1</sup>, J. Figueras Aloy, J. Massó Minuesa, C. Martí Henneberg<sup>1</sup> y R. Jiménez González

**Resumen.** Para evaluar el efecto de tres soluciones diferentes de nutrición parenteral total (NPT) sobre el metabolismo energético del recién nacido, se estudian 26 recién nacidos sometidos a NPT y divididos en tres grupos según las proporciones de calorías derivadas de glucosa y de lípidos. El aporte de energía no proteica fue de 88 kcal/kg/d, con un porcentaje mediano de lípidos del 18% (grupo A; n = 9), 29% (grupo B; n = 9) y 40% (grupo C; n = 8). La administración de proteínas fue la misma en los tres grupos (2,15 g/kg/d). El gasto energético y la utilización de sustratos se midieron durante 6 horas seguidas mediante calorimetría indirecta en circuito abierto. En el grupo C el gasto energético ha sido menor y la energía retenida mayor de forma significativa con respecto al grupo B ( $p < 0,05$ ). La oxidación de glucosa ha aumentado con el incremento de su administración (diferencia entre los grupos A y C;  $p < 0,05$ ). Existe oxidación neta de lípidos en los tres grupos, que aumenta con el mayor porcentaje de energía administrada en forma de lípidos (diferencia entre los grupos A y C;  $p < 0,05$ ). La oxidación proteica en el grupo A ha sido mayor en el B ( $p < 0,01$ ) y que en el C ( $p < 0,05$ ). En los grupos B y C la retención proteica ha sido asimismo mayor. Estos resultados sugieren que en la NPT del recién nacido, la administración del 30-40% de las calorías no proteicas en forma de lípidos reduce la oxidación proteica y aumenta la retención nitrogenada, apreciándose una mayor eficiencia energética con la administración del 40%.

*An Esp Pediatr 1994;41:407-411.*

**Palabras clave:** Metabolismo energético. Nutrición parenteral total.

## ENERGY EXPENDITURE AND SUBSTRATE UTILIZATION IN THE NEWBORN RECEIVING TOTAL PARENTERAL NUTRITION

**Abstract.** A total of 26 newborns, subdivided into three groups, were studied during continuously administered total parenteral nutrition (TPN) to evaluate the effect on energy metabolism of three different isocaloric isonitrogenous solutions. These solutions varied only in the proportions of calories derived from fat and glucose. Nonprotein energy intake (88 Kcal/kg/d) was provided in a glucose/fat mixture with the proportion of fat being 18% (Group A; n = 9), 29% (Group B; n = 9) or 40% (Group C; n = 8). Protein (2.15 g/kg/d) intake was maintained constant in all groups. Energy expenditure and substrate utilization were measured by indirect calorimetry during a 6 hr period. Energy expenditure was significantly lower and storage higher in group C relative to group B patients ( $p < 0.05$ ). Glucose oxidation increased with increasing total glucose intake ( $p < 0.05$ ). Net fat oxidation was observed in all groups and increased with the increasing percentage of energy infused as fat ( $p < 0.05$ ). Group A showed greater protein oxidation than group B ( $p < 0.01$ ) and C ( $p < 0.05$ ). In these groups, protein retention was more efficient. These data suggest that TPN regimens containing between 30 and 40% of the calories as fat emulsion reduces protein oxidation and enhances protein retention, suggesting that the 40% fat solutions may be more energy efficient.

**Key words:** Energy metabolism. Total parenteral nutrition.

Departamento de Pediatría y Servicio de Farmacia. Hospital Clínico y Facultad de Medicina. Barcelona. 1Unidad de Investigación en Nutrición y Crecimiento Humano. Universidad Rovira i Virgili. Reus.

*Correspondencia:* J. Molina González

Servicio de Neonatología. Hospital Clínico C/ Villarroel, 170 - 08036 Barcelona.

*Recibido:* Febrero 1994

*Aceptado:* Marzo 1994

## Introducción

La nutrición parenteral total (NPT) óptima sería la que proporcionara las necesidades energéticas y un balance nitrogenado positivo, al tiempo que causara las mínimas complicaciones. En los primeros años de nutrición parenteral, la glucosa representaba la única fuente energética no proteica<sup>(1)</sup>. La necesidad de emplear aportes hipercalóricos durante la fase estable de NPT del niño, es decir, cuando se alcanzan las dosis plenas de sus componentes, implica la utilización de grandes cantidades de glucosa. Si la fuente energética no proteica es exclusivamente glucídica, puede comportar las siguientes desventajas: 1) utilización de un catéter venoso central; 2) alteraciones metabólicas como hiperglucemia; 3) hígado graso como consecuencia de aumento de la lipogénesis procedente de la glucosa; 4) rápida instauración en los recién nacidos prematuros de déficit de ácidos grasos esenciales, y 5) posibilidad de distrés respiratorio en pacientes con inadecuada reserva pulmonar por aumento en la producción de CO<sub>2</sub><sup>(2-7)</sup>.

Por ello, en la actualidad, el peligro de la utilización de perfusiones de glucosa a débito elevado y el interés de las mezclas glucosa-lípidos como fuente de energía son reconocidos<sup>(8-11)</sup> y la etapa inicial en nutrición parenteral del uso de mezclas glucosa-aminoácidos ha quedado superada con la utilización, además, de emulsiones grasas. La sustitución de parte de la energía glucídica por calorías provenientes de lípidos reducen estas complicaciones ya que supone una gran fuente de energía con baja osmolaridad, aporta ácidos grasos esenciales y reduce la lipogénesis procedente de la glucosa, existiendo controversia sobre su influencia en el gasto energético y la retención proteica<sup>(12-14)</sup>.

El objetivo de este estudio es evaluar el efecto de tres soluciones de NPT isocalóricas e isonitrogenadas, diferentes sólo en las proporciones de calorías derivadas de glucosa y de lípidos, sobre el gasto energético y la utilización de los sustratos energéticos en el recién nacido no prematuro extremo.

## Material y métodos

### Pacientes

El estudio se ha realizado en 26 recién nacidos, repartidos en tres grupos: A (n = 9), B (n = 9) y C (n = 8); en los que es-

*Trabajo realizado parcialmente con ayudas del Hospital Clínico de Barcelona y la Fundación Heinz-Koch.*

**Tabla I Características clínicas de los pacientes estudiados**

Grupo	P.N. (g)	P.E. (g)	Desv. SD	L. (cm)	E.G. (sem)	E.E. (d)	Sexo	Pat.
A	3.990	3.980	+1,32	53	40	6	M	EHI
	3.540	3.650	+0,27	53	41	6	F	EHI
	3.800	3.480	+0,88	50,5	40	6	F	EHI
	2.660	2.680	-1,45	50,5	38	6	M	EHI
	3.420	3.450	+0,01	51	40	6	M	EHI
	4.550	4.350	+2,60	55	40	7	M	EHI
	2.430	2.290	-1,31	46	37	6	M	EHI
	2.800	2.800	-1,52	47	41	6	F	EHI
	2.260	2.310	-2,60	47	40	12	F	ECN
B	2.350	2.300	-2,43	46	40	7	F	EHI
	2.250	2.240	-2,86	48	41	10	M	ECN
	2.600	2.580	-1,69	48	39	8	M	EHI
	2.620	2.290	+1,18	49	35	6	M	EHI
	2.420	2.410	-2,12	49	39	7	F	EHI
	3.600	3.860	+0,42	54	41	15	F	EHI
	2.500	2.580	-2,25	49	41	7	M	EHI
	2.160	1.950	+1,17	44	34	12	F	A.esófago
	3.210	3.290	-0,52	49	41	6	F	EHI
C	3200	3320	-0,48	53	40	7	M	EHI
	3350	3160	+0,10	51	39	6	F	EHI
	1880	1900	+0,28	42	34	7	F	A.esófago
	2730	2800	-0,67	50,5	37	7	M	EHI
	2860	2710	-1,45	52,5	42	8	F	Laparosqu.
	3400	3500	-0,20	49	42	6	F	EHI
	3630	3580	+0,49	52	40	10	M	ECN
	2020	2150	-2,19	45	37	12	M	EHI

P.N.= peso al nacimiento; P.E.= peso al estudio; L.= longitud; E.G.= edad gestacional; E.E.= edad al estudio; Pat.= patología; EHI = Encefalopatía hipoxicoisquémica. ECN = Enterocolitis necrotizante. A. esófago = Atresia de esófago. Laparosqu = Laparosis. Desv. SD = Desviación estandarizada del peso.

taba indicado la realización de NPT administrada de forma continua durante las 24 horas del día.

Para ser incluidos los recién nacidos debían pesar más de 1.750 gramos, no presentar anomalías cromosómicas ni estar afectados en el momento del estudio de ictericia patológica, dis-trés respiratorio o sepsis, ni precisar ventilación asistida u oxigenoterapia.

Se solicitó la conformidad paterna, informándose sobre la finalidad del estudio. La asignación de un paciente a un grupo se realizó mediante la extracción al azar del número de grupo (A, B o C).

Se esperó 24 horas de estabilización clínica antes del inicio del protocolo y los 3 primeros días fueron considerados como

**Tabla II Energía y proteínas administradas durante el estudio**

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Energía total (kcal/kg/d)	96,1	97,4	98,7
Energía no proteica (kcal/kg/d)	87,2	88,6	89,9
Glucosa (g/kg/d)	19,2	16,8	14,4
% energía NP	82	71	60
Lípidos (g/kg/d)	1,50	2,50	3,5
% energía NP	18	29	40
Proteínas (g/kg/d)	2,15	2,15	2,15

fase de adaptación metabólica, permaneciendo al menos 24 horas antes del estudio con el mismo aporte nutricional.

Al utilizar tablas de crecimiento neonatal elaboradas en nuestra propia zona geográfica y a nivel del mar, seis de los niños (23%) son bajos pesos al nacer (inferior a 2 DS)<sup>(15)</sup>.

Las características clínicas de los pacientes se resumen en la tabla I.

#### Nutrición parenteral

El equivalente calórico de los nutrientes energéticos infundidos ha sido de 3,5 kcal por gramo de glucosa, 10,3 kcal por gramo de lípidos y 4,2 kcal por gramo de proteínas<sup>(16)</sup>. El aporte calórico se aumentó progresivamente desde el primer día de la NPT, según un protocolo previamente establecido. Los tres grupos de niños recibieron soluciones de NPT isocalóricas e isonitrogenadas, diferentes únicamente en la proporción de glucosa y lípidos. Los recién nacidos recibieron en el momento del estudio alrededor de 88 kcal/kg/día no proteicas. El grupo A recibió como fuente energética no proteica el 82% en forma de glucosa y el 18% en forma de lípidos. El grupo B, el 71% en forma de glucosa y el 29% en forma de lípidos, y el grupo C, el 60% en forma de glucosa y el 40% en forma de lípidos. El aporte proteico fue constante (1 g/40 kcal). En la tabla II se resumen los aportes de energía y proteínas en los tres grupos.

La NPT fue administrada a través de un catéter periférico (Abbocath®, Abbott Hospitals, North Chicago, USA) o más largo pero sin llegar a ser central (Epicutaneo-Cava® 2184, Vygon, Aachen, W. Germany). La energía no proteica procedió de ácidos grasos de cadena larga (Intralipid® 20%, Kabi Vitrum, Stockholm, Sweden) y de glucosa. El aporte proteico fue en forma de una solución de L-aminoácidos cristalinos (Primène® 10%, Cernep, Paris, France). La administración de los nutrientes se ajustó al volumen de líquidos recibidos. En el momento del estudio las infusiones contenían, por kilo de peso y día, alrededor de 140 ml de líquidos totales, 3-4 mmol de sodio, 1-3 mmol de potasio, 3-4 mmol de cloro, 1-2 mmol de calcio, 0,12-0,33 mmol de magnesio, 0,6-0,3 mmol de fósforo, 300 µg de zinc, 40 µg de cobre y 2-3 ml al día de vitaminas (Polivitamínico Rius®, Hospital Sant Pau, Barcelona, España). Dicha nutrición fue suplementada con carnitina (10 mg/kg/día) para prevenir posibles

**Tabla III Homogeneidad de los grupos**

	Grupo A	Grupo B	Grupo C	p
Edad gestación (sem)	39,6 ± 1,3	39,0 ± 2,7	38,9 ± 2,7	NS
Peso nacimiento (kg)	3,27 ± 0,78	2,63 ± 0,47	2,88 ± 0,64	NS
Desviación peso	-0,2 ± 1,65	-1,0 ± 1,60	-0,5 ± 0,91	NS
Longitud (cm)	50,3 ± 3,1	48,4 ± 2,7	49,4 ± 3,9	NS
Peso al estudio (kg)	3,22 ± 0,73	2,62 ± 0,59	2,89 ± 0,61	NS
Edad al estudio (d)	6,8 ± 1,9	8,6 ± 3,0	7,8 ± 2,1	NS

*Desviación peso = Desviación estandarizada del peso.*

deficiencias de esta sustancia observada en neonatos<sup>(17)</sup>. La NPT fue preparada en el Servicio de Farmacia bajo flujo laminar y administrada de forma continua durante las 24 horas del día, mediante bomba de infusión (IVAC® 560, San Diego, California, USA).

### Calorimetría indirecta

El día del estudio se monitorizó minuto a minuto durante 6 horas seguidas, el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), la producción de anhídrido carbónico (VCO<sub>2</sub>) y el cociente VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>, o cociente respiratorio (CR), a través del sistema de colección de gases 2900 System (Sensor Medics® Corp, Anaheim, California, USA) adaptado para niños<sup>(18)</sup>. Este sistema es móvil y está compuesto de un debímetro de masa, sensores de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y emplea el principio de calorimetría indirecta en circuito abierto. El debímetro de masa fue calibrado antes de cada prueba mediante la inyección de un volumen conocido de aire a través de una jeringa. Asimismo, los analizadores de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> fueron calibrados sistemáticamente antes de cada operación utilizando mezclas de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y nitrógeno de composición precisa. Todo el sistema ha sido validado periódicamente mediante el test del cociente respiratorio utilizando la combustión de etanol<sup>(19)</sup>, con la finalidad de verificar la sensibilidad de la medición del CR<sup>(18)</sup>.

La oxidación de sustratos ha sido calculada según los métodos publicados<sup>(20-22)</sup>. La determinación del nitrógeno total en orina de las 24 horas del mismo día de la prueba se realizó mediante el método de Kjeldahl<sup>(23)</sup> y sus valores han sido utilizados para calcular los gramos de proteínas oxidadas y los cocientes respiratorios no proteicos. El gasto energético ha sido calculado del intercambio gaseoso (VO<sub>2</sub> y VCO<sub>2</sub>) utilizando el cociente respiratorio no proteico<sup>(22)</sup>.

### Controles y determinaciones analíticas

Se determinaron: a) diariamente: glucemia, glucosuria, cetonuria, gasometría, colesterol total y triglicéridos; b) el día del estudio: excreción urinaria de nitrógeno de 24 horas.

### Análisis estadístico

Los resultados se expresan en media ± desviación estándar (SD). Se han utilizado pruebas de comparación de dos medias para muestras pequeñas y grupos independientes (U de Mann-

**Tabla IV Balance energético y de sustratos en el estudio**

	Grupo A	Grupo B	Grupo C
Energía (kcal/kg/d)			
Administrada	96,1	97,4	98,7
Gastada	54,5 ± 7,3	57,0 ± 8,2	50,9 ± 4,9#
Retenida	41,6 ± 7,3	40,3 ± 8,2	47,7 ± 4,9#
Glucosa (g/kg/d)			
Administrada	19,2	16,8	14,4
Oxidada	11,2 ± 2,2	9,71 ± 2,67	7,69 ± 2,99*
Almacenada	8,00 ± 2,25	7,09 ± 2,67	6,71 ± 2,99
Lípidos (g/kg/d)			
Administrados	1,50	2,50	3,50
Oxidados	0,83 ± 1,04	1,87 ± 1,25	2,00 ± 1,21*
Almacenados	0,67 ± 1,04	0,63 ± 1,25	1,50 ± 1,21
Proteínas (g/kg/d)			
Administradas	2,15	2,15	2,15
Oxidadas	1,14 ± 0,32	0,70 ± 0,21**	0,78 ± 28*
Balance	1,01 ± 0,32	1,45 ± 0,21**	1,37 ± 0,28*

\* = vs grupo A      # = vs grupo B  
# \* p < 0,05      \*\* p < 0,01

Whitney). El grado de significación se ha expresado por «p» con un riesgo del 5%<sup>(24)</sup>. Para todo el análisis estadístico se ha utilizado el paquete SPSS/PC+.

### Resultados

No se han demostrado diferencias significativas entre los tres grupos respecto el peso de nacimiento, edad gestacional, desviación estandarizada del peso de nacimiento, longitud, peso y edad en el momento del estudio (tabla III).

Ninguno de los pacientes presentó glucosuria o cetonuria durante el momento del estudio, siendo las gasometrías normales. En la fase de adaptación se detectaron hiperglucemias (> 120 mg/dl) aisladas y no persistentes en más de dos controles seguidos en el mismo día, cediendo espontáneamente. Un paciente fue excluido por hipertrigliceridemia (> 150 mg/dl) mantenida al tercer día de la NPT.

El gasto energético se muestra menor y la energía retenida mayor en el grupo C, de forma significativa respecto al grupo B (p < 0,05) (tabla IV).

La oxidación de glucosa ha aumentado con el incremento de su administración (diferencia entre los grupos A y C; p < 0,05) (tabla IV). La oxidación máxima de glucosa ha sido de 11,2 g/kg/d, apreciándose lipogénesis procedente de glucosa con la administración de 19,2 g/kg/día de glucosa. No se han encontrado diferencias significativas en el depósito de glucosa entre grupos.

Oxidación neta de lípidos se observa en todos los grupos, que aumenta con el incremento del porcentaje de energía infundida en forma de lípidos y de forma significativa en el grupo C respecto al A (p < 0,05) (tabla IV). La oxidación neta de

lípidos aumenta de  $0,83 \pm 1,04$  g/kg/d en el grupo A hasta  $2,00 \pm 1,21$  g/kg/día en el grupo C. No se han encontrado diferencias significativas en el depósito de lípidos entre los grupos.

Como también se observa en la tabla IV, existe diferencia en la oxidación proteica en relación con el tipo de energía administrada. En el grupo A la oxidación neta de proteínas es  $1,14 \pm 0,32$  g/kg/d, superior a  $0,70 \pm 0,21$  g/kg/día en el grupo B ( $p < 0,01$ ) y a  $0,78 \pm 0,28$  g/kg/día en el C ( $p < 0,05$ ). La retención proteica fue asimismo mayor o más eficiente en los grupos B y C.

## Discusión

La utilización de los sustratos energéticos infundidos durante la NPT en el recién nacido a término no es bien conocida. La mayoría de los estudios del metabolismo energético en el niño, se han realizado en neonatos prematuros de muy bajo peso y en lactantes. Los trabajos al respecto en los recién nacidos a término y prematuros moderados son escasos y con diseños experimentales distintos, existiendo controversia principalmente en la proporción de las calorías no proteicas necesarias para alcanzar una NPT óptima en estos recién nacidos.

El presente trabajo se ha basado en recién nacidos a término por ser un grupo de los menos estudiados. Se ha decidido la inclusión de neonatos afectados de encefalopatía hipoxicoisquémica moderada-grave dado que en nuestro Departamento se realiza profilaxis de la enterocolitis necrotizante mediante nutrición parenteral de corta duración en estos pacientes<sup>(25)</sup>. La inclusión se ha consumado si tras los períodos de estabilización y de adaptación existía una función respiratoria espontánea normal (clínica y gasometría normales). Al incluir sobre todo niños con encefalopatía hipoxicoisquémica es lógico que exista una proporción moderadamente elevada de recién nacidos de bajo peso, en los que la asfixia perinatal es más frecuente. Sin embargo, se hallan repartidos entre todos los grupos, al no encontrarse diferencia significativa entre las desviaciones estandarizadas del peso neonatal.

El gasto energético fue menor y la energía retenida mayor en el grupo C, de forma significativa respecto al grupo B ( $p < 0,05$ ). Ello coincide con Van Aerde y cols.<sup>(12)</sup> y podría explicarse por el alto coste energético del metabolismo de la glucosa ya observado por otros investigadores<sup>(13,26-28)</sup>.

Los carbohidratos son una importante fuente de energía antes y después del nacimiento. La proporción de glucosa oxidada aumenta en respuesta al incremento de su administración en el lactante, malnutrido o no<sup>(26,29)</sup> y en el recién nacido<sup>(30)</sup>; existiendo una oxidación de glucosa fisiológica máxima<sup>(31)</sup>. Varios factores parecen influir en la oxidación de glucosa como la sustitución de glucosa por lípidos<sup>(27)</sup> y la composición de estos últimos. Bresson y cols.<sup>(26)</sup> muestran en lactantes de edad entre 2 y 17 meses que la oxidación de glucosa máxima alcanzada es de  $17,9$  g/kg/día y que la oxidación neta de lípidos se alcanza con la administración de glucosa igual o menor a  $18,3$  g/kg/día. Sauer y cols.<sup>(30)</sup> observan en un trabajo en prematuros que la oxidación neta de lípidos se suprime y empieza la síntesis de lípidos cuando la oxidación de glucosa alcanza  $11 \pm 0,6$  g/kg/día. Estos úl-

timos resultados son similares a los obtenidos en nuestro estudio, donde la máxima oxidación de glucosa fue  $11,2 \pm 1,2$  g/kg/día observada el grupo donde fue máximo el aporte de glucosa ( $19,2$  g/kg/d). Estos datos sugieren que el aporte máximo de glucosa en el recién nacido no debería superar los  $19$  g/kg/día.

En el presente trabajo se observa oxidación neta de lípidos en los tres grupos, que aumenta con el incremento del aporte de lípidos. Por otra parte, el depósito de lípidos, aunque es más notorio en el grupo de mayor aporte, no es significativamente diferente entre los grupos. Piedboeuf y cols.<sup>(32)</sup> observan en prematuros que no varía el depósito de lípidos variando la cantidad aportada de los mismos entre 1 y 3 g/kg/día. Sin embargo, Pierro y cols.<sup>(33)</sup> aprecian en recién nacidos que este depósito aumenta significativamente con un aporte lipídico superior a 4 g/kg/d, cantidad a partir de la cual no se incrementa la oxidación lipídica y sí el depósito de los mismos. Ello mismo parecen indicar nuestros resultados donde se aprecia que relativamente disminuye la oxidación de lípidos con el aporte de 3,5 g/kg/día.

Una de las metas principales de la NPT es conseguir un balance nitrogenado positivo. La relación positiva entre la cantidad de energía administrada y la retención proteica ha sido estudiada en adultos y niños<sup>(34,35)</sup>, y el efecto también positivo de la glucosa sobre la retención de proteínas es bien conocido<sup>(34,36)</sup>; sin embargo, existe controversia respecto a los lípidos en relación con este efecto, el cual ha sido documentado en adultos desnutridos<sup>(37)</sup> y en la edad pediátrica<sup>(13,38,39)</sup>. También en adultos se ha sugerido que la retención de proteínas puede duplicarse con la administración lipídica conteniendo sólo glicerol<sup>(40)</sup>, pero posteriormente este efecto lipídico ha sido cuestionado al observar que las calorías aportadas como glucosa sola o como glucosa-lípidos promueven la misma retención proteica<sup>(14,41-43)</sup>. En el presente estudio se investiga este efecto, sobre la retención proteica, de diferentes soluciones según el aporte calórico no proteico, por lo que el aporte nitrogenado se mantuvo igual entre los grupos. Nuestros resultados muestran que la administración de más calorías como lípidos reduce la oxidación proteica y aumenta su retención. La sustitución de glucosa por lípidos representa en nuestros pacientes un descenso de la contribución proteica al gasto energético (del 9% al 5-6%), mientras mejora marcadamente la retención proteica.

En conclusión, los resultados de nuestro estudio sugieren que en el recién nacido a término sometido a NPT la oxidación máxima de glucosa es igual o superior a  $11,2$  g/kg/d y la lipogénesis procedente de glucosa ocurre con la administración igual o mayor a  $19,2$  g/kg/día de glucosa. La capacidad máxima de oxidación de lípidos observada ha sido de  $2$  g/kg/d, con un aporte lipídico de  $3,5$  g/kg/día. Con la administración del 30-40% de las calorías no proteicas en forma de lípidos se reduce la oxidación proteica y aumenta la retención nitrogenada, apreciándose una mayor eficiencia energética con la administración del 40%.

## Bibliografía

- 1 Filler RM, Eraklis AJ, Rubin VG, Das JB. Long-term total parenteral nutrition infants. *N Engl J Med* 1969;**281**:589-594.

- 2 Messing B, Bitoun A, Galian A, Mary JY, Goll A, Bernier JJ. La stéatose hépatique au cours de la nutrition parentérale dépend-elle de l'apport calorique glucidique? *Gastroenterol Clin Biol* 1977;**1**:1015-1025.
- 3 McFie J, Smith RC, Hill GJ. Glucose or fat as non protein energy source? *Gastroenterology* 1981;**80**:103-107.
- 4 Stein TP, Mullen JL. Hepatic fat accumulation in man with excess parenteral glucose. *Nutr Res* 1985;**5**:1347-1351.
- 5 Clouse RE, Alpers DH. Energy sources for total parenteral nutrition patients: would sugar suffice? *Gastroenterology* 1984;**87**:226-227.
- 6 Ekman L, Wretling A. Utilization of parenteral energy sources. En: Garrow JS, Halliday D (eds). *Substrate and energy metabolism*. John Libbey, London, 1985; págs. 222-231.
- 7 Coke RJ, Zee P, Yeh Yu-Yan. Essential fatty acid status of the premature infant during short-term fat free parenteral nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 1984;**3**:446-449.
- 8 McFie J, Holmfield JHM, King RFC, Hill GL. Effect of the energy source on changes in energy expenditure and respiratory quotient during total parenteral nutrition. *JPEN* 1983;**7**:1-5.
- 9 Messing B, Latrive JP, Bitoun A, Galian A, Bernier JJ. La stéatose hépatique au cours de la nutrition parentérale dépend-elle de l'apport calorique lipidique? *Gastroenterol Clin Biol* 1979;**3**:719-724.
- 10 Nordenstron J, Carpentier YA, Askanazi J y cols. Metabolic utilization of intravenous fat emulsion during total parenteral nutrition. *Ann Surg* 1982;**196**:221-231.
- 11 Elwyn DH, Kinney J, Gump y cols. Some metabolic effects of fat infusions in depleted patients. *Metabolism* 1980;**29**:125-132.
- 12 Van Aerde J, Sauer PJ, Penchard P, Smith JM, Swyer PR. Effect of replacing glucose with lipid on the energy metabolism of newborn infants. *Clin Sci* 1989;**76**:581-588.
- 13 Nose O, Tipton JR, Ament ME, Yabuuchi H. Effect of the energy source on changes in energy expenditure, respiratory quotient and nitrogen balance during total parenteral nutrition in children. *Pediatr Res* 1987;**21**:538-541.
- 14 Pineault M, Chessex P, Bisailon S, Brisson G. Total parenteral nutrition in the newborn: impact of the quality of infused energy on nitrogen metabolism. *Am J Clin Nutr* 1988;**47**:298-304.
- 15 Jiménez R, Figueras J, Villanueva C, Botet F. Valoración del crecimiento intrauterino a nivel del mar entre las 25 y 43 semanas de gestación. *Arch Pediat* 1982;**33**:191-200.
- 16 Flatt JP. The biochemistry of energy expenditure. En: *Recent advances in obesity research II*, ed Bray GA. London. Newman Publishing Co ed, 1978; págs. 211-228.
- 17 Ballabriga A. Algunos aspectos del empleo de grasas en la nutrición enteral y parenteral. *Anales Nestlé* 1988;**46**:105-120.
- 18 Salas J, Moukarzel E, Dozio E y cols. Estimating resting energy expenditure by simple lean body mass indicators in children on total parenteral nutrition. *Am J Clin Nutr* 1990;**51**:958-962.
- 19 Lister G, Hoffman JIE, Rudolph AM. Oxygen uptake in infants and children: A simple method for measurement. *Pediatrics* 1974;**53**:656-662.
- 20 Ferranini E. The theoretical bases of indirect calorimetry: A review. *Metabolism* 1988;**37**:287-301.
- 21 Frayn KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from gaseous exchange. *J Appl Physiol* 1983;**55**:628-634.
- 22 Salas J, Dozio E, Goulet O, Martí-Henneberg C, Moukarzel E, Ricour C. Energy expenditure and substrate utilization in the course of renutrition of malnourished children. *JPEN* 1991;**15**:288-293.
- 23 O'Brien D, Ibbott FA, Rodgeron DO. *Laboratory manual of pediatric microbiological techniques*. 4th ed. Hagerstown MD. Harper & Row Publisher Inc, 1978.
- 24 Domènech JM. *Bioestadística*, 4ª ed. Editorial Herder. Barcelona, 1982.
- 25 Bargaño JM, Figueras J, Botet F, Jiménez J. Factores etiopatogénicos de la enterocolitis necrotizante neonatal. *An Esp Pediatr* 1988;**29**:31-36.
- 26 Bresson JL, Narcy P, Putet G, Ricour C, Sachs C, Rey J. Energy substrate utilization in infants receiving total parenteral nutrition with different glucose to fat ratios. *Pediatr Res* 1989;**25**:645-648.
- 27 Sauer PJ, Dane HJ, Visser HKA. Longitudinal studies on metabolic rate, heat loss, and energy cost of growth in low birth weight infants. *Pediatr Res* 1984;**18**:254-259.
- 28 Gil KM, Askanazi J, Elwyn DH, Gump FE, Kinney JM. Energy expenditure after infusion of glucose-based total parenteral nutrition. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 1987;**253**:E137-E141.
- 29 Salas J, Girardet JP, De Potter S, Martí-Henneberg C, Goulet O, Ricour C. Glucose versus glucose-fat mixture in the course of total parenteral nutrition: Effects on substrate utilization and energy metabolism in malnourished children. *Clin Nutr* 1991;**10**:272-278.
- 30 Sauer PJJ, Van Aerde JEE, Penchard PB, Smith JM, Swyer PR. Glucose oxidation rates in newborn infants measured with indirect calorimetry and (U-13C) glucose. *Clin Sci* 1986;**70**:587-593.
- 31 De Fronzo RA, Jacot E, Jequier E, Maeder E, Wahren J, Felber JP. The effect of insulin on the disposal of intravenous glucose. *Diabetes* 1981;**30**:1000-1007.
- 32 Piedboeuf B, Chessex P, Hazan J, Pineault M, Lavoie JC. Total parenteral nutrition in the newborn infant: energy substrates and respiratory gas exchange. *J Pediatr* 1991;**118**:97-102.
- 33 Pierro A, Carnielli V, Filler RM, Smith J, Heim T. Metabolism of intravenous fat emulsion in the surgical newborn. *J Pediatr Surg* 1989;**24**:95-102.
- 34 Munro HN. General aspects of the regulation of protein metabolism by diet and by hormones. En: Munro HN, Allison JB (eds). *Mamalian protein metabolism*. New York: Academic Press 1964; 381-481.
- 35 Zlotkin SH, Bryan MH, Anderson GH. Intravenous nitrogen and energy intakes required to duplicate in utero nitrogen accretion in prematurely born human infants. *J Pediatr* 1981;**99**:115-120.
- 36 Gamble LJ. *Lane medical Lectures: Companionship of water and electrolytes in the organization of body fluids*. Stanford University Publications. University Sries. *Medical Sciences* 1951;**5**:71-75.
- 37 Blakburn GL, Flatt JP, Clowes GHA, O'Donnell TF, Hensle TE. Protein sparing therapy during periods of starvation with sepsis or trauma. *Ann Surg* 1973;**177**:588-593.
- 38 Nose O, Tipton JR, Ament ME. Administration of lipid improves nitrogen retention in children receiving isocaloric TPN. *Pediatr Res* 1985;**19**:228A.
- 39 Pierro A, Carnielli V, Filler RM, Smith J, Heim T. Characteristics of protein sparing effect of total parenteral nutrition in the surgical infant. *J Pediatr Surg* 1988;**23**:538-542.
- 40 Brennan MF, Fiftzpatrick GF, Cohen KH. Glycerol: Major contributor to the short term protein sparing effect of fat emulsions in normal man. *Ann Surg* 1975;**182**:386-394.
- 41 Tulikoura I, Huikuri K. Changes in nitrogen metabolism in catabolic patients given three different parenteral nutrition regimens. *Acta Chir Scand* 1981;**147**:519-524.
- 42 Jeejeebhoy KN, Anderson GH, Nakhoda AF, Greenberg Gr, Sanderson I, Marliss EB. Metabolic studies in total parenteral nutrition with lipid in man. *J Clin Invest* 1976;**57**:125-136.
- 43 Long JM, Wilmore DW, Mason AD, Pruitt BA. Effect of carbohydrate and fat intake on nitrogen excretion during total intravenous feeding. *Ann Surg* 1977;**185**:417-422.