

## Balance de minerales durante la recuperación nutricional en lactantes con desnutrición energético-proteica

María Verónica Marín Briano<sup>1</sup>, Carlos Castillo Durán<sup>2</sup> y Ricardo Uauy Dagach<sup>3</sup>

Unidad de Nutrición Clínica, Instituto de Nutrición y Tecnología de los alimentos, INTA, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

**RESUMEN.** Los requerimientos de minerales en los lactantes varían según la tasa de crecimiento, relacionándose con las demandas para permitir una adecuada composición del tejido ganado, asegurar una mineralización ósea óptima y mantener niveles plasmáticos normales. El período de recuperación de la desnutrición determina requerimientos aumentados de estos nutrientes, los que pueden no ser adecuadamente satisfechos con las fórmulas lácteas en uso.

Evaluamos la retención de Ca, P, Mg, Cu y Zn durante la recuperación nutricional, en 9 lactantes de sexo masculino desnutridos (edad: 2-7 meses, peso/edad <70%) alimentados con dos fórmulas lácteas, ambas con densidad energética de 85 Kcal/dL (356 KJoule/dL): una a base de leche de vaca entera en polvo y otra modificada, que aporta la densidad de minerales propuesta por las recomendaciones internacionales para lactantes sanos, comparamos los resultados con las retenciones de referencia para niños sanos de la misma edad, o de igual talla. Cada niño recibió leche de vaca (LP) y leche modificada (LPM) por 6 días, usándose los tres últimos días de cada período para balance.

El balance de Ca, Mg y P mostró que, a pesar de ingestas elevadas, las excreciones urinarias resultaron muy bajas en relación a lo normal. Las retenciones de Ca ( $68,5 \pm 22,7$  mg/kg/d con LP y  $61,4 \pm 16,7$  mg/kg/d con LPM) superaron en más de 3 veces lo esperado para igual edad (130 mg/d) y en 2,5 veces para igual talla (155 mg/d); las retenciones de Mg ( $7,4 \pm 2,0$  mg/kg/d con LP y  $3,4 \pm 1,2$  mg/kg/d con LPM) fueron muy superiores a las observadas en niños sanos (igual edad 2,7 mg/d, igual talla 3,3 mg/d); las retenciones de P ( $74,8 \pm 7,1$  mg/kg/d con LP y  $52,2 \pm 9,3$  mg/kg/d con LPM), fueron 4 a 5 veces mayores a las esperadas para igual talla (79 mg/d); hasta 6 veces superior para la edad (66 mg/d). En relación al Cu las retenciones fueron significativamente mayores con LPM que con LP ( $13,8 \pm 14,0$   $\mu$ g/kg/d vs  $40,0 \pm 13,2$   $\mu$ g/kg/d con LPM;  $p < 0,001$ ); con LP éstas resultaron insuficientes en relación a las recomendaciones, lo cual no ocurrió con LPM, en que todos los balances fueron positivos y con un

**SUMMARY.** Mineral balance during nutritional recuperation of malnourished infants. Mineral requirements of normal infants change according to growth velocity. They are directly associated to needs for obtaining an adequate composition of new tissue, assure an optimal bone mineralization and for maintaining normal plasma mineral levels. Nutritional rehabilitation of malnourished infants determines increased mineral requirements, which may be not satisfied with usual infant formulas. We studied mineral retention (Ca, P, Mg, Zn and Cu) during nutritional recovery of 9 malnourished male infants (age: 2-7 mo; weight/age <70%), fed two formulas, both with 85 Kcal/dL (356 KJoule/dL): the first based on whole cow's milk (LP) and the second on a modified cow's milk containing mineral recommendations for normal infants (LPM); balances were compared to normal for age and for length. Infants received each formula for 6 days, with the last 3 days on a metabolic balance Ca, Mg, and P showed high intakes and very low urinary excretions, calcium retention ( $68,5 \pm 22,7$  and  $61,4 \pm 16,7$  mg/kg/d, for LP and LPM, respectively) were 3 times over normal mean for age (130 mg/d) and 2,5 times over the normal for length (155 mg/d). Mg retention ( $7,4 \pm 2,0$  and  $3,4 \pm 1,2$  mg/kg/d), for LP and LPM) were higher than normal for age (2,7 mg/d) or length (3,3 mg/d) and also those of P (LP:  $74,8 \pm 7,1$ ; LPM:  $52,2 \pm 9,3$  mg/kg/d), compared to a mean of 66 mg/d for the same age, or 79 mg/d for length. Zn retentions were comparable with both formulas (LP:  $0,14 \pm 0,07$  vs LPM:  $0,18 \pm 0,06$  mg/kg/d) and over normal requirements for age (0,3 mg/d) or length (0,5 mg/d). Copper retentions were significantly lower with LP than LPM ( $13,8 \pm 14,0$  vs  $40,0 \pm 13,2$   $\mu$ g/kg/d;  $p < 0,01$ ), due to low intake with LP.

We conclude that a high mineral retention is observed in infants recovering from malnutrition, when they are fed formulas with mineral content over its normal recommendations.

1. Instructor, INTA.

2. Profesor Asociado, INTA.

3. Director INTA.

mínimo de retención superior al de un niño que recibe alimentación parenteral (20 µg/kg/d).

Respecto del Zn a pesar de que la ingesta con LPM fue mayor que con LP (531,8±70,9 µg/kg/d vs 452,9±62 µg/kg/d,  $p < 0,001$ ), con ambas el promedio resultó bajo los 5 mg/d recomendados para lactantes sanos alimentados con fórmula. Las retenciones fueron similares (0,14±0,07 mg/kg/d con LP y 0,18±0,06 mg/kg/d con LPM) y en ambos casos los promedios sobrepasaron los 0,5 mg/d referidos como adecuados para un niño de igual talla 6 0,3 mg/d de igual edad. Concluimos que, los lactantes en recuperación nutricional muestran una alta capacidad de retener minerales, cuando estos se aportan en concentraciones superiores a las recomendadas para un niño sano. Cuando se aportan en concentraciones insuficientes, como ocurrió con el cobre y zinc en este estudio, las absorciones se elevan y las excreciones urinarias disminuyen, pero no logran compensar los requerimientos adicionales impuestos por el aumento en la velocidad de crecimiento. Nuestros resultados sugieren que para el período de recuperación nutricional, fórmulas con concentraciones de Ca, P y Mg mayores que las recomendadas por la RDA para niños sanos y similares a las de la leche de vaca, pueden ser más adecuadas. Con respecto a Cu y Zn las fórmulas deben aportar al menos la recomendación de la RDA.

## INTRODUCCION

El tratamiento de la desnutrición energético-proteica debería, idealmente, permitir reponer reservas de nutrientes, alcanzar un crecimiento acelerado y un desarrollo psicomotor normal, reparar alteraciones producidas en la composición corporal y asegurar una mineralización ósea adecuada.

Whitehead (1) estimando la cantidad de proteína requerida para distintas tasas de crecimiento concluía que los niños que ganan 1 a 2 g/kg/d requieren aproximadamente 115 kcal/kg/d (481 KJoule/kg/d) y, de esta energía, un 6,7% como proteínas de alto valor biológico; mientras que aquellos que ganan 10 g/kg/d requieren 145 kcal/kg/d (606 Kjoule/kg/d) y un 11% de la energía como proteínas, considerando un costo energético de 4 Kcal (17 KJoule) por gramo de tejido ganado y de éste un 20% como tejido magro. Fjeld y cols (2) han reportado que la composición corporal de niños desnutridos, durante la fase temprana de recuperación nutricional, con tasas de ganancia de peso de 12 g/kg/d, es similar a la de aquellos que ganan 6 g/kg/d, cuando la dieta aporta un 11% de la energía como proteínas.

De esta manera podemos observar que si bien en el período temprano de recuperación de la desnutrición, tanto los requerimientos de energía como los de proteínas están aumentados en forma significativa, no lo hacen proporcionalmente, ya que cuando el requerimiento de energía aumenta en aproximadamente un 40%, el de proteínas aumenta en un 100%.

Del mismo modo como ocurre con las proteínas, niveles adecuados de macrominerales y minerales traza deberían estar disponibles para reponer reservas y ser incorporados al nuevo tejido sintetizado, de modo que no se altere la composición corporal, ni sean un limitante en la velocidad de recuperación.

Mientras no se disponga de mayor información acerca de

los requerimientos de estos minerales, las dietas usadas para el tratamiento de la desnutrición deben al menos satisfacer las recomendaciones de la RDA (Recommended Dietary Allowances) (3), reconociendo que ésta es sólo una aproximación a las necesidades reales en niños con desnutrición severa (4).

Pocos estudios han evaluado el balance de minerales durante este período, pero un número importante (5-8) ha sugerido que las fórmulas disponibles no aportan cantidades suficientes de zinc y de cobre para permitir una tasa de ganancia de peso máxima, durante la recuperación nutricional, haciéndose necesario por lo tanto, aportarlos como suplementos a la dieta si ésta es fundamentalmente láctea.

Las fórmulas en uso para la recuperación nutricional son en su mayoría a base de leche de vaca, la cual tiene un contenido excesivo de calcio, fósforo y magnesio para lactantes con velocidad de crecimiento normal (9-12), pero no se conoce qué tan inadecuadas pueden ser éstas para la rehabilitación nutricional en períodos en que la ganancia de peso puede llegar a ser varias veces la de un niño sano (13-14).

El propósito de este estudio fue evaluar la retención de minerales durante el período de recuperación nutricional. Estudiamos el balance de minerales en lactantes en recuperación nutricional alimentados con dos fórmulas lácteas: una a base de leche de vaca entera en polvo y otra modificada, que aporta la densidad de minerales propuesta por las recomendaciones internacionales para lactantes sanos (3). Para conocer posibles excesos y/o deficiencias en el balance de estos minerales durante un período de crecimiento rápido, como es el de recuperación de la desnutrición calórico-proteica, se compararon los resultados con las retenciones de referencia para niños de la misma talla y edad, con crecimiento y composición corporal normales (15-17, 20).

## MATERIAL Y METODOS

Para este estudio se seleccionaron 9 lactantes de sexo masculino, con desnutrición primaria, hospitalizados por más de un mes en un centro cerrado de recuperación nutricional perteneciente a la Corporación para la Nutrición Infantil de Chile (CONIN). Previo al inicio del estudio se solicitó la autorización de los padres, mediante la firma de un consentimiento escrito e informado.

El peso promedio (±DE) al ingreso del estudio fue de 5,8±1,0 kg, la talla promedio de 60,5±5,4 cm. y la relación peso/talla (P/T) sobre el 85% del estándar de la OMS. Los lactantes tenían entre 3 y 10 meses de edad (promedio 7 meses), y una velocidad de crecimiento acelerada en relación a su edad (incremento observado 27,8% g/día, contra un incremento de peso esperado según estándar OMS -para la edad promedio- de 12,6 g/día). Se exigió que el peso de nacimiento fuera mayor de 2.000 g y que no se presentaran enfermedades agudas o crónicas.

Cada niño se sometió a dos períodos sucesivos de balance.

En uno de ellos recibió exclusivamente fórmula basada en leche de vaca en polvo (LP) y en otro sólo leche de vaca en polvo modificada (LPM). El orden en que fueron suministradas las fórmulas se asignó al azar. Cada período de alimentación tuvo una duración de 6 días, reservándose los tres primeros a adaptación a la fórmula y los tres siguientes a determinar el balance. Durante estos últimos se efectuó recolección de orina de 24 horas mediante recolectores fijados a la piel con aerosol adhesivo, para evitar filtraciones, las deposiciones se recolectaron con papel filtro agregado a pañales desechables, de modo de evitar la inmovilización del niño. Al mismo tiempo se midieron los volúmenes de leche ingeridos, por diferencia en el peso de las maderas antes y después de cada alimentación. Las pérdidas de alimentación, así como las de orina y de heces, se registraron adecuadamente.

Las fórmulas utilizadas para este estudio fueron a base de leche de vaca: la LP reconstituida al 10% con agregados de sacarosa 5%, maltosa-dextrina 1% y aceite 1%, mientras que la LPM se reconstituyó al 15%, con agregados de maltosa-dextrina al 2,5%, siendo ambas fórmulas isoérgicas, 85 Kcal/dL (356 KJoule/dL). En cuanto a la concentración de minerales de cada fórmula, a la LP no se le hizo cambios -de modo que fue la habitual de la leche de vaca, pero con disminución en la densidad de estos nutrimentos en relación a la energía, dada por el hecho de agregar hidratos de carbono y lípidos, y a la LPM se le disminuyó la concentración de calcio, fósforo y magnesio en aproximadamente un 30% y se le aumentaron las concentraciones de cobre (60%) y zinc (25%), con el propósito de que el contenido de estos minerales, por cada 100 calorías (418 KJoule), fuera el recomendado por la RDA (3) (Tabla 1). Se debe señalar, sin embargo, que en lo que se refiere al zinc, la fórmula fue diseñada para tener una concentración de 5 mg/L y en la práctica resultó tener sólo 4 mg/L.

TABLA 1  
MINERALES DE LAS FORMULAS EN ESTUDIO (100 KCAL ó/418 K JOULE DE LECHE RECONSTITUIDA), EN RELACIÓN A LAS RECOMENDACIONES PARA LACTANTES.

Mineral	Recomendación (RDA, 6-12 meses)	Leche de vaca (+H.C.+ lípidos)	Leche Modificada
Calcio (mg)	70-90	112	88
Fósforo (mg)	60-70	80	56
Magnesio (mg)	7-9	11	7
Zinc (mg)	0,6-0,7	0,35	0,47
Cobre (µg)	60	34	80

Se tomaron alícuotas de los alimentos ingeridos, heces y orina para medir el contenido de calcio, fósforo, magnesio, cobre y zinc, mediante espectrofotometría de absorción atómica (18) para el caso de cobre, zinc, calcio y magnesio; y una técnica fotocolorimétrica (19), para el caso de fósforo.

Las muestras de deposiciones tomadas para el análisis del fósforo resultaron escasas en algunas recolecciones, por lo que los resultados de retención, en el caso de este mineral, corresponden a 5 niños de los 9 niños estudiados.

Como patrón de normalidad, contra el cual comparar los resultados obtenidos, se tomaron el aumento de peso y la composición del tejido ganado esperados para la edad y la talla, según Fomon et al (17), en consideración a que la edad es un factor determinante de la composición corporal tratándose de niños eutróficos, teniendo en cuenta además, que los niños que se recuperan de una desnutrición energético-proteica deben ganar proporcionalmente un mayor porcentaje de tejido no grasa, para que junto con recuperar peso, alcancen una composición corporal adecuada a la talla, lo que determina que las retenciones de minerales esperables sean mayores que para la edad cronológica y al menos adecuadas a la talla que presentan. Como estándares de balance y retención de calcio, magnesio y fósforo de lactantes con crecimiento y composición corporal normales para la edad y la talla, se usaron los valores comunicados por Fomon y cols (16); para zinc los de Ziegler et al (21) más los de Krebs et al (22); y para cobre, los resultados de estudios de balance en niños sometidos a nutrición parenteral (23), dada la escasez de datos de balance en niños de esta edad. La ingesta de estos nutrimentos para lactantes menores de 1 año recomendada por la RDA (3) fue considerada como el mínimo necesario para satisfacer los requerimientos durante este período de recuperación de la desnutrición. El análisis estadístico incluyó determinaciones de promedios y desviaciones estándares y pruebas de t de student entre variables seleccionadas.

## RESULTADOS

**Antropometría:** El peso promedio de los niños durante los períodos de balance, con ambas fórmulas, fue similar, con una relación P/E promedio de 69% del estándar OMS (5,75 kgs y 5,85 kg respectivamente) (14), una talla promedio de 60,5 cm, con relación T/E de 87% y P/T de 100% del estándar OMS. El incremento de peso mientras recibían LP fue de 26,6 g/día ( $4,45 \pm 5,1$  g/Kg/d) y con LPM 29,6 g/día ( $5,05 \pm 5,7$  g/Kg/d), incremento que corresponde a lo esperado para la talla y que es el doble de lo esperado para la edad, según valores de referencia de Fomon et al (16), (29,9 g/d para un niño de una talla de 60,5 cm y 12,6 g/d para un niño de 7 meses).

**Calcio:** Como era de esperar, la ingestión de este mineral fue significativamente mayor cuando los lactantes recibían LP ( $143,5 \pm 19,6$  mg/kg/d para LP, vs  $106,3 \pm 14,1$  mg/kg/d para LPM,  $p < 0,001$ ); y, con ambas fórmulas de ingestión fue una y media veces la recomendación de 60 mg/kg/d para lactantes normales menores de 1 año (3). A pesar de esta ingesta en teoría excesiva, las excreciones urinarias resultaron extremadamente bajas ( $0,82 \pm 0,5$  mg/kg/d con LP y  $0,78 \pm 0,5$  mg/kg/d con LPM, fluctuando el valor normal en la literatura entre

2 y 8 mg/kg/d»15"). El porcentaje de absorción fue mayor con LPM (48±14,6% con LP y 59,4±16,7 % con LPM), sin alcanzar significación estadística, pero si lo suficiente para permitir que la retención fuera similar durante ambos periodos del estudio (68,5±22,7 mg/Kg/d con LP y 61,4±16 mg/Kg/d con LPM) (Tabla 2), y aproximadamente 3 veces lo esperado para niños de igual edad y 2,5 veces para la talla (16) (Tabla 2 y Figura 1).

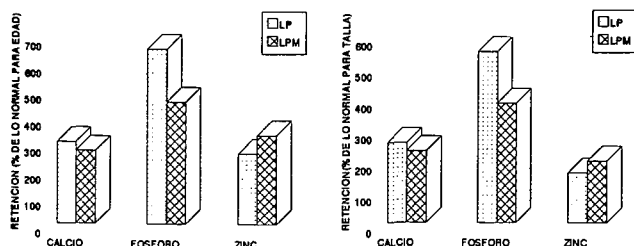
TABLA 2  
BALANCE DE CALCIO, MAGNESIO Y FOSFORO, EN LACTANTES DESNUTRIDOS EN RECUPERACION NUTRICIONAL, SEGUN FORMULAS EN ESTUDIO (N=9)\*

	LP X±DE	LPM X±DE	p< t pareado
<b>Calcio (mg/kg/día)</b>			
Ingerido	143,5±19,6	106,3±14,1	0.001
Absorbido	69,3±22,9	62,1±16,1	NS
Absorción (% de ingesta)	48,0±14,6	59,4±16,7	NS
Excreción urinaria	0,82±0,5	0,78±0,5	NS
Retenido	68,5±22,7	61,4±16,0	NS
Retención (% de ingesta)	47,4±14,6	59,0±16,7	NS
<b>Magnesio (mg/kg/día)</b>			
Ingerido	13,8±1,9	8,5±1,2	0.001
Absorbido	7,5±2,1	3,5±1,2	0.001
Absorción (% de ingesta)	54,6±15,7	42,1±15,6	NS
Excreción urinaria	0,1±0,1	0,1±0,1	NS
Retenido	7,4±2,0	3,4±1,2	0.01
Retención (% de ingesta)	53,6±15,1	40,9±16,1	NS
<b>Fósforo (mg/kg/día)</b>			
Ingerido	110,2±8,8	70,5±7,6	
Absorbido	78,8±7,8	54,2±9,9	
Absorción (% de ingesta)	71,4±2,5	76,9±11,8	
Excreción urinaria	3,96±1,7	1,96±0,69	
Retenido	74,8±7,1	52,2±9,3	
Retención (% de ingesta)	67,8±1,3	74,1±11,5	

\*Referidos a 9 estudios de balance con cada fórmula, excepto para fósforo en que se estudiaron 6.

FIGURA 1

Porcentaje de retención de minerales Ca, P y Zn con ambas fórmulas en estudio, en lactantes desnutridos (n=9), en fase de recuperación nutricional, en comparación a lo normal para lactantes de la misma edad y de la misma talla.



**Magnesio:** La retención de magnesio con LP fue significativamente mayor que con LPM (7,4±2,0 mg/Kg/d con LP y 3,4±1,2 mg/Kg/d con LPM, p<0,01), lo que se relaciona con una ingesta significativamente mayor con la fórmula no modificada (13,8±1,9 mg/k/d con LP y 8,5±1,2 mg/k/d con LPM) más que con cambios significativos en los porcentajes de absorción aparente o niveles de excreción urinarios. Las retenciones reportadas en la literatura para niños sanos (igual talla 3,3 mg/d, igual edad 2,7 mg/d) (16) son muy inferiores a las observadas en este grupo de niños en recuperación nutricional (42,9 mg/d con LP y 19,7 mg/d con LPM), lo que puede relacionarse con la incertidumbre existente de la estimación de el aumento esperado de este mineral a las diferentes edades (Tabla 2).

**Fósforo:** Los resultados analizados para este mineral están referidos a sólo seis niños y no al total de los niños estudiados, por lo que no se efectuó estudio de significación. La ingesta fue mayor cuando recibían LP (110,2±8,8 mg/kg/d con LP y 70,5±7,6 mg/kg/d con LPM) y en ambos casos superior a los 40 a 60 mg/kg/d recomendados para menores de 1 año (Tabla 2). Los porcentajes de absorción y excreción urinaria fueron similares mientras recibían LP o LPM, lo que determinó retenciones 4 a 5 veces las esperadas para un niño sano de la misma talla; y hasta 6 veces superior a la esperada para la edad cuando recibían LP (retenciones esperadas para la edad 66 mg/d y para la talla 79 mg/d) (16) (Figura 1).

**Retención de macrominerales de promedio diaria (calcio, magnesio y fósforo):** la composición del tejido ganado varió según la retención promedio diaria de estos minerales, con las dos fórmulas. Mientras recibían LP el nuevo tejido tenía mayor concentración de estos minerales que con LPM (875 mg/d y 678 mg/d respectivamente), y superior a los 600 mg/d que retiene un niño sano a igual ganancia de peso; o los 400 mg/d que retiene un niño sano de igual edad (17).

**Cobre:** La Tabla 3 muestra que tanto la ingestión de cobre (44,4±6,1 µg/kg/d para LP y 97,2±12,7 µg/kg/d para LPM), como su retención (13,8±14 µg/kg/d con LP y 40,0±12,7 µg/kg/d con LPM) son mayores con LPM (p<0.001). Cuando los lactantes recibieron LP las retenciones resultaron insuficientes, lo cual no ocurrió con la LPM ya que todos los balances fueron positivos y con un mínimo de retención superior al de un niño que recibe nutrición parenteral (20 µg/kg/d) (23).

**Zinc:** A pesar de que la ingesta de zinc con LPM fue significativamente mayor que con LP (531,8±70,9 µg/kg/d vs 452,9±62 µg/kg/d, p<0.001), con ambas la ingesta promedio de zinc fue insuficiente en relación a los 5 mg/d (3) recomendados para lactantes alimentados con fórmula. Las retenciones fueron similares (14,01±76 µg/kg/d con LP y 179,6±62,9 µg/kg/d con LPM) y en ambos casos los promedios sobrepasaron el nivel indicado como adecuado para

lactantes que reciben nutrición parenteral (100 µg/kg/d) (23) (Tabla 3); o los 0,5 mg/d referidos como adecuados para un niño de igual talla y 0,3 mg/d a igual edad (22) (Figura 1).

TABLA 3  
BALANCE DE COBRE Y ZINC, EN LACTANTES  
DESNUTRIDOS EN RECUPERACION NUTRICIONAL,  
SEGUN FORMULAS EN ESTUDIO\*

	LP X±DE	LPM X±DE	p< t pareado
<b>Cobre (µg/kg/día)</b>			
Ingerido	44,4±6,1	97,2±12,7	0.001
Absorbido	13,9±14,1	40,1±13,2	0.01
Absorción (% de ingesta)	33,4±30,1	41,2±12,4	NS
Excreción urinaria	0,1±0,1	0,1±0,1	NS
Retenido	3,8±14,0	40,0±13,2	0.01
Retención (% de ingesta)	33,2±30,1	41,0±12,4	NS
<b>Zinc (µg/kg/día)</b>			
Ingerido	452,9±62,0	531,8±70,9	0.01
Absorbido	140,4±76,0	179,8±63,0	NS
Absorción (% de ingesta)	30,0±13,8	35,0±15,4	NS
Excreción urinaria	0,24±0,16	0,20±0,13	NS
Retenido	140,1±76,0	179,6±62,9	NS
Retención (% de ingesta)	29,9±13,9	34,9±15,3	NS

\* Referidos a 9 estudios de balance con cada fórmula.

## DISCUSION

Los requerimientos de minerales en los lactantes varían según la tasa de crecimiento, relacionándose directamente con las demandas para permitir una adecuada composición del tejido ganado, asegurar una mineralización ósea óptima y mantener niveles plasmáticos normales (20).

Combinando datos de varias fuentes y usando algunos supuestos, Fomon et al (17) han establecido la composición corporal y la composición del tejido ganado en un niño normal a las distintas edades, desde el período de recién nacido hasta los 10 años de edad. Considerando estos antecedentes, un lactante de talla similar a la de los niños bajo estudio crece en promedio 1,1 cm/d; gana en peso 29,9 g/d y la composición del tejido ganado es 12,9 g/d de tejido graso y 17 g/d de tejido magro -del cual 600 mg/d corresponden a minerales- Observamos que este grupo de lactantes incrementó en peso lo esperado para la talla, pero retuvo un 45% más de minerales cuando la fórmula aportaba concentraciones de calcio, fósforo y magnesio superiores a las recomendadas por la RDA. Al tomar como valores de referencia los reportados para lactantes de igual edad (edad promedio 7 meses), observamos que el aumento de peso esperado es 12,6 g/d y la retención de minerales promedio diaria de 400 mg, de modo que el aumento de peso y la retención de minerales observada, cuando los lactantes recibían LP, corresponden a valores superiores al doble de lo esperado, lo que sería indicativo de una composición más adecuada del tejido ganado que con

LPM, en que el aumento de peso fue mayor del doble de lo esperado para la edad y la retención de minerales no alcanzó a doblar la esperada.

El balance de estos minerales mostró que, a pesar del corto período de adaptación y de las ingestas teóricamente excesivas, las absorciones aparentes con leche de vaca tendieron a ser más altas que las esperadas y las excreciones urinarias más bajas, ambas compatibles con las observadas durante períodos de adaptación a ingestas insuficientes o requerimientos aumentados por crecimiento acelerado, como es el período de recuperación de la desnutrición (3, 24).

El valor promedio observado por nosotros en la fracción de absorción de calcio no fue tan alto como el reportado por Portela y cols (25) en niños en recuperación nutricional (65,2±15,8%), probablemente debido a que su grupo de lactantes se encontraba en el período inicial de la recuperación nutricional, en que la ganancia de peso es mayor que en periodos posteriores, y el tejido ganado es principalmente magro (26) y por lo tanto rico en minerales.

En ningún caso se observaron excreciones urinarias de calcio, magnesio y/o fósforo sobre los valores normales, de modo que no podríamos asumir que la absorción de estos nutrientes resultara excesiva respecto a los requerimientos, ni tampoco que con los niveles de aporte señalados se produjeran efectos deletéreos en niños en recuperación nutricional. Dado que no se han encontrado evidencias que una mayor mineralización ósea pueda tener efectos adversos (13), nuestros resultados sugieren que para el período de recuperación nutricional fórmulas con concentraciones de éstos minerales mayores que las recomendadas por la RDA, pueden ser más adecuadas.

En relación al cobre, las retenciones fueron absolutamente insuficientes mientras recibían LP, incluso al compararlas con los valores de referencia para niños sanos con ganancia de peso normal, lo cual confirma una vez más lo reportado repetidamente en la literatura, en relación a los insuficientes aportes de cobre de las dietas basadas en leche de vaca, para la recuperación nutricional (27, 29, 30). La concentración de 0,6 mg/L recomendada por la RDA (3) y usada en este estudio en la LPM, mostró retenciones adecuadas para niños sanos. Estudios más prolongados relacionados con períodos de recuperación nutricional son necesarios para asegurar que esta concentración resulta suficiente para prevenir los riesgos que hemos observado en estudios anteriores relativos a lactantes desnutridos alimentados con leche de vaca, como menor velocidad de crecimiento, leucopenia, neutropenia, alteraciones en la función inmune y mayor riesgo de infecciones severas (8, 29).

Las fracciones de absorción de zinc observadas en este estudio se ubican en el rango normal alto del reportado como habitual con fórmulas lácteas en lactantes normales (24, 25), hecho que indica que los principales factores en el control de la homeostasis y regulación en la absorción de zinc en las células de la mucosa intestinal, son la ingesta de zinc y las reservas tisulares (3, 22). En este caso las ingestas fueron insuficientes y los depósitos probablemente estaban depletados

por tratarse de desnutridos en recuperación. Gracias a tales absorciones elevadas y excreciones urinarias mínimas, la retención promedio para este mineral fue adecuada para un lactante sano con ambas fórmulas, pero podría no ser suficiente para mantener una velocidad de crecimiento acelerada (5, 6), con adecuada composición corporal y función inmune.

Concluimos que cuando los minerales son aportados en concentraciones más elevadas que las recomendadas para lactantes sanos (calcio, magnesio y fósforo), los lactantes en recuperación nutricional muestran una alta capacidad de retenerlos, probablemente relacionada con la ganancia de peso acelerada y reposición de depósitos depletados. Cuando se aportan en concentraciones insuficientes, como ocurrió con el cobre y zinc en este estudio, las absorciones se elevan y las excreciones urinarias disminuyen, pero no logran compensar los requerimientos adicionales impuestos por el aumento en la velocidad de crecimiento, siendo esta situación la que puede explicar los signos de deficiencia de minerales observados durante la recuperación nutricional en nuestro medio.

Nuestros resultados sugieren que para el período de recuperación nutricional, fórmulas con concentraciones de Ca, P y Mg mayores que las recomendadas por la RDA para niños sanos y similares a las de la leche de vaca, pueden ser más adecuadas. Con respecto a Cu y Zn las fórmulas deben aportar al menos la recomendación de la RDA.

#### REFERENCIAS

- Whitehead RG. Protein and energy requirements of young children living in the developing countries to allow for catch-up growth after infections. *Am J Clin Nutr* 30:1545-1547, 1977.
- Fjeld CR, DA Schoeller, KH Brown. Body composition of children recovering from severe protein-energy malnutrition at two rates of catch-up growth. *Am J Clin Nutr* 50: 1266-1275. 1989.
- Food and Nutrition Board: Recommended Dietary Allowances 10th ed. Washington, DC, National Academy Press, 50:1266-1275. 1989.
- Brown KH. Appropriate diets for the rehabilitation of malnourished children in the community setting. *Acta Paediatr Scand Suppl* 374:151-159, 1991.
- Golden MHN, Golden BE. Effect of zinc supplementation on the dietary intake, rate of weight gain, and energy cost of tissue deposition in children recovering from severe malnutrition. *Am J Clin Nutr* 34:900-908, 1981.
- Castillo-Durán C, G. Heresi, M. Fisberg, R. Uauy. Controlled trial of zinc supplementation during recovery from malnutrition: effects on growth and immune function. *Am J Clin Nutr* 45:602-608, 1987.
- Khauman S., AN Alam, I. Anwar, M. Akbar Ali, M. Mujibur Rahaman. Effect of zinc supplementation on the dietary intake and weight gain of Bangladeshi children recovering from protein-energy malnutrition. *Eur J Clin Nutr* 42:709-714, 1988.
- Castillo-Durán C., R. Uauy. Copper deficiency impairs growth of infant recovering from malnutrition. *Am J Clin Nutr* 47:710-714, 1988.
- De Vizia B, SJ. Fomon, SE Nelson, BE. Edwards, EE. Ziegler. Effects of dietary calcium on metabolic balance of normal infants. *Pediatr Res* 19:800-806, 1985.
- King J., S. De Pablo, F. Montes de Oca, R. Uauy. Formulación, fabricación y evaluación de una fórmula láctea para el Programa de Alimentación Complementaria en Chile. *Rev Chil Pediatr* 62: 1-7, 1991.
- Clark I. Metabolic interrelations of calcium, magnesium, and phosphate. *Am J Physiol* 217:871-877, 1969.
- Castillo-Durán C., V. Marín, G. Barrera, V. Gattás, R. Uauy. Absorción de minerales de una nueva fórmula láctea propuesta para el Programa Nacional de Alimentación Complementaria *Rev Child Ped.* 63:245-249, 1992.
- Greer FR. Calcium, phosphorus, and magnesium: How much is too much for infant formulas. *J Nutr.* 119:S1846-S1851, 1989.
- OMS. Medición del cambio del estado nutricional Publicaciones OMS, Ginebra 1983.
- Proessman W., N. Favere, L. Goos. Urinary Calcium Creatinine ratio in healthy newborns symposium, Ninth congress of the International Pediatric Nephrology Association, 1992.
- Fomon SJ. Infant Nutrition, 2nd ed. WB Saunders, Philadelphia: 273. 1974.
- Fomon SJ, F. Haschke, E. Ziegler, S.E. Nelson. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 32:1169-1175. 1982.
- Fernández EJ., HL. Kahn. Clinical method for atomic absorption spectroscopy. *Clin Chem Newslett* 3:24028, 1971.
- Boltz DF., Mellon MG. Spectrophotometric determination of phosphorus as molybdiphosphoric acid. *Anal Chem* 20:749, 1948.
- Hillman L. Mineral and vitamin D adequacy in infants fed human milk or formula between 6 and 12 months of age *J Pediatr* 117: S134-S142, 1990.
- Ziegler EE., BB. Edwards, RL. Jensen et al. Zinc balance studies in normal infants. En: Kirchgessner M (ed), Trace Elemental Metabolism in Man and Animals-3. Universitat Munchen, Fresing-Weihenstephan, pp292-295. 1978.
- Krebs N.F., Hambidge K.M. Zinc requirements and zinc intakes of breast-fed infants. *Am J Clin Nutr* 45:288-292, 1986.
- American Medical Association. Guidelines for essential trace elements preparations for parenteral use. *JAMA* 241:2051-2054, 1976.
- Fraser D.R.: Nutritional growth retardation: experimental studies with special reference to calcium. In: Linear Growth Retardation in Less Developed Countries. J.C. Waterlow (Ed) Nestec, Vevey/Raven Press, New York, pp 127-141. 1988.
- de Portela ML., S. Zeni, N. Piazza, ME. Rio. Calcium balance in infants recovering from undernutrition. *Nutr Rep Int* 26:1045-1051, 1982.
- Uauy R. Metabolismo energético: Aspectos teóricos y prácticos. Comentario. *Nutrición Clínica en la Infancia.* Nestlé Nutrition, Raven Press, New York, pp 92-94. 1985.
- Lönnerdal B., JG Bell, CL. Keen. Copper absorption from human milk, cow's milk, and infant formulas using a suckling rat model. *Am J Clin Nutr* 42:836-844, 1985.
- Milner JA. Trace minerals in the nutrition of children *J Pediatr* 117:S147-S155, 1990.
- Heresi G., C. Castillo-Durán, C. Muñoz, M. Arévalo, L. Schlesinger. Phagocytosis and immunoglobulins levels in hypocupremic infants *Nutr Res* 5:1327-1334, 1985.
- Naveh Y, A. Hazani, M. Berant. Copper Deficiency with cow's milk diet. *Pediatr* 68:397-400, 1981.

Recibido: 09-05-1994

Aceptado: 02-06-1995