

**DESNUTRICION PROTEINICO-CALORICA: EL USO DE
LA BIOPSIA MUSCULAR PERCUTANEA EN LA
VALORACION DE LA RECUPERACION
NUTRICIONAL**

**Dr. Jorge Alvarado
Dr. Buford L. Nichols
Dr. Carlton F. Hazlewood
Dr. Humberto Mansylla
y Dr. Fernando Viteri**

DESNUTRICION PROTEINICO-CALORICA: EL USO DE LA BIOPSIA MUSCULAR PERCUTANEA EN LA VALORACION DE LA RECUPERACION NUTRICIONAL*

Dr. Jorge Alvarado**,

Dr. Buford L. Nichols***

Dr. Carlton F. Hazlewood,

Dr. Humberto Mansylla**** Dr. Fernando Viteri**

Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala, C. A.

I. INTRODUCCION

En el curso de los últimos años se han llevado a cabo trabajos sobre diversas alteraciones electrolíticas en el niño desnutrido (1-5), así como estudios relacionados con cambios enzimáticos a nivel muscular (6) utilizando la técnica de la biopsia quirúrgi-

ca. Este procedimiento presenta inconveniencias y riesgos para el paciente, lo que limita la obtención de muestras musculares en forma seriada. la aguja pediátrica Baylor para biopsias musculares por vía percutánea (7), cuyo uso se introdujo recientemente, ha resuelto estos problemas en gran parte, ya que por ser un procedimiento sencillo, inocuo y poco doloroso, permite el estudio seriado de las alteraciones de este compartimiento en una forma dinámica.

La masa muscular de un niño normal representa aproximadamente el 43% del total de la masa proteínica del organismo. Es, por lo tanto, el tejido que contiene la mayor cantidad de proteína de todo el cuerpo. Aun cuando se sabe que en la desnutrición proteínico-calórica existe una disminución de la masa muscular, éste ha sido un compartimiento relativamente poco estudiado. Desde hace ya algún tiempo se cuenta con estudios descriptivos de los cambios anatomopatológicos (post mortem) que ocurren en el músculo de niños desnutridos (8-10) los cuales subrayan la importancia de relacionar los cambios estructurales con cambios funcionales. Investigaciones efectuadas en Jamaica (11), México (2), y el Congo (4) han señalado que en los niños "desnutridos" existe depleción de potasio muscular. El grupo de investigadores de Jamaica (12, 13) ha informado que existe también depleción del potasio total del cuerpo en base a su concentración por kg.

* Este trabajo se llevó a cabo con ayuda financiera de los Institutos Nacionales de Salud, Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América (Subvención No. AM-0981) y de la Escuela de Medicina, Universidad de Baylor, Houston Texas, E. U. A.

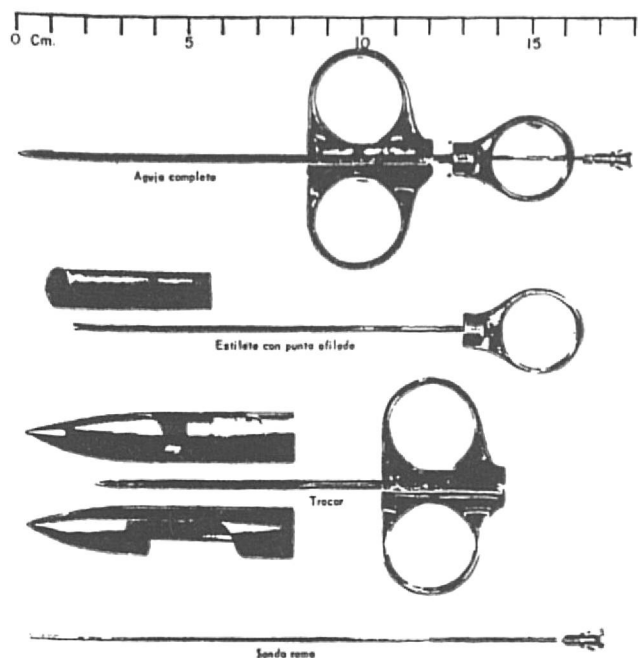
** Jefe Asistente y Jefe, División Biomédica del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, respectivamente.

*** Profesor Asociado de Pediatría, Universidad de Baylor, Houston, Texas, E. U. A.

**** Cuando se llevó a cabo este trabajo, el Dr. Mansylla servía el cargo de Médico Residente del Centro Clínico de la División Biomédica del INCAP. Publicación INCAP E-455.

de peso corporal. Por otra parte, estudios más recientes utilizando la vía percutánea para obtener la biopsia (7) han demostrado una correlación significativa entre la concentración de potasio muscular y la del potasio total del organismo, por kg de peso corporal, en niños que padecen de desnutrición proteínico-calórica (14). Esta última observación es de particular relevancia, ya que con la obtención de una pequeña muestra pueden obtenerse datos que reflejan la deficiencia de potasio en todo el organismo.

Figura 1:



Aguja pediátrica Baylor para biopsias musculares y sus distintos componentes.

Estudios comparativos entre el análisis de la concentración de electrolitos en biopsias musculares obtenidas tanto por el método quirúrgico como por el procedimiento percutáneo (7) han demostrado que no existe diferencia significativa entre los resultados que se logran utilizando uno u otro método. Esta observación sustenta aún más el uso de la biopsia muscular percutánea para estudios de esta índole.

Los objetivos del presente trabajo son: exponer la metodología de la biopsia percutánea con este tipo de aguja, y valorar el significado fisiológico de la depleción de potasio y su correlación con algunos cam-

bios en la proteína estructural del músculo o con otros electrolitos, tanto en el niño desnutrido como durante el proceso de recuperación nutricional. La aplicación práctica del estudio se relaciona directamente con el tratamiento, ya que hasta la fecha se desconoce cómo debe tratarse la depleción de potasio, y más aún, sabiéndose que dosis elevadas de este catión pueden ser tóxicas y hasta fatales.

II MATERIAL Y METODOS

Un total de trece niños con desnutrición proteínico-calórica severa, y con las características clínicas descritas en estudios previos (15), fueron admitidos al Centro Clínico del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Durante los primeros 14 a 18 días de hospitalización recibieron una "dieta de mantenimiento" o de estabilización a base de caseína suplementada con metionina que aportaba 0.7 g de proteína por kg de peso corporal, por día. Con este tipo de dieta se logra mantener al niño desnutrido en equilibrio nitrogenado. La ingesta calórica fue de 70 calorías por kg por día, el 20% de éstas en forma de grasa vegetal. Además se les dio un suplemento de vitaminas, hematínicos y potasio por la vía oral (3-4 mEq/kg/día). Por esta misma vía se les proporcionó también diariamente una mezcla multielectrolítica* (30-40 q). Durante la segunda fase del estudio la ingesta proteínica fue incrementada paulatinamente en un lapso de cinco días a 3.0 g/kg/día, y la ingesta calórica se aumentó a 120 Cal/kg/día. La suplementación de potasio, vitaminas, hematínicos, electrolitos y minerales se continuó en la misma forma durante todo el estudio.

Se obtuvieron especímenes musculares en forma seriada cada 10 a 12 días en los que se determinó potasio, sodio, cloruros, magnesio, nitrógeno y agua. Simultáneamente se recolectó una muestra de sangre para análisis de potasio, cloruros, sodio, magnesio, proteínas totales y albúmina. La

*Lytren (Mead Johnson).

masa muscular se estimó en forma indirecta utilizando la excreción urinaria de creatinina en 24 horas. Este metabolito, proveniente de la creatina muscular, se relacionó con la excreción urinaria de creatina de un niño normal de la misma talla que el paciente, independientemente de la edad. A esta razón se le ha denominado índice de creatina/talla (ICT) (16, 17) y permite valorar de manera indirecta el grado de depleción y recuperación de la masa muscular. Se expresa como sigue:

$$\text{ICT} = \frac{\text{Excreción de creatinina del paciente en 24 horas.}}{\text{Excreción de creatinina de un niño normal de la misma talla en 24 horas.}}$$

Excreción de creatinina de un
niño normal de la misma ta-
lla en 24 horas.

Procedimientos

1. Biopsia muscular*

Según se dijo se utilizó la aguja pediátrica Baylor para biopsias musculares (Figura 1) y el sitio estandarizado por la mayoría de los investigadores en este campo, esto es, el tercio inferior y medio del músculo cuádriceps (Figura 2). Primero se fija la pelvis y la pierna con ayuda de un asistente y luego se aplica una solución germicida sobre la piel del muslo. Empleando 0.1 ml de procaína al 2% se produce un botón de anestesia intradérmica e inmediatamente después se practica una incisión de 3 mm de largo en la piel y tejido celular con un bisturí No. 11 (BP). Luego se introduce la aguja siguiendo una trayectoria perpendicular al muslo manteniendo las relaciones anatómicas que ilustra la Figura 2. La ventana del trocar debe quedar en posición opuesta al fémur. Para facilitar la operación se sostiene la porción externa del cuádriceps entre el pulgar y el índice de la mano libre del operador. Después de

penetrar la fascia que presenta resistencia, se calcula que la ventana quede en el centro del manojito muscular; entonces se retrae el estilete cortante para abrir la ventana y permitir así que las fibras musculares queden dentro de ella. El estilete se empuja hasta el tope y en esta posición se retira toda la aguja. Si no se obtiene una muestra satisfactoria se repite la operación a través de la misma incisión, sin que esto represente problema o mayor trauma. Los bordes de la herida se aproximan con una pequeña banda adhesiva y gasa que cubre directamente el sitio de la incisión. Esto basta para lograr una buena cicatrización aún en los pacientes con desnutrición severa.

La biopsia obtenida en la forma descrita está así lista para establecer su peso húmedo y proceder a los diferentes análisis. Según se ha determinado, el peso de cada muestra oscila entre 5 y 20 mg, y con este método los autores han logrado obtener más de 300 especímenes sin ninguna complicación.

2. Determinaciones de potasio muscular.

Estas se practicaron en un fotómetro de llama utilizando un estándar interno de litio (7).

3. Contenido de nitrógeno.

Se determinó por medio de Nesslerización y el de nitrógeno no colágeno a nitrógeno sarcoplásmico (NNC) fue establecido después de agregar NaOH, con lo cual se obtuvo una fracción soluble en álcali (18).

Las determinaciones restantes enumeradas en un párrafo previo serán comentadas en otras publicaciones.

III RESULTADOS

La concentración de electrolitos séricos ha sido objeto de amplias investigaciones (2, 19-21) y los hallazgos del presente estudio son muy similares a los notificados

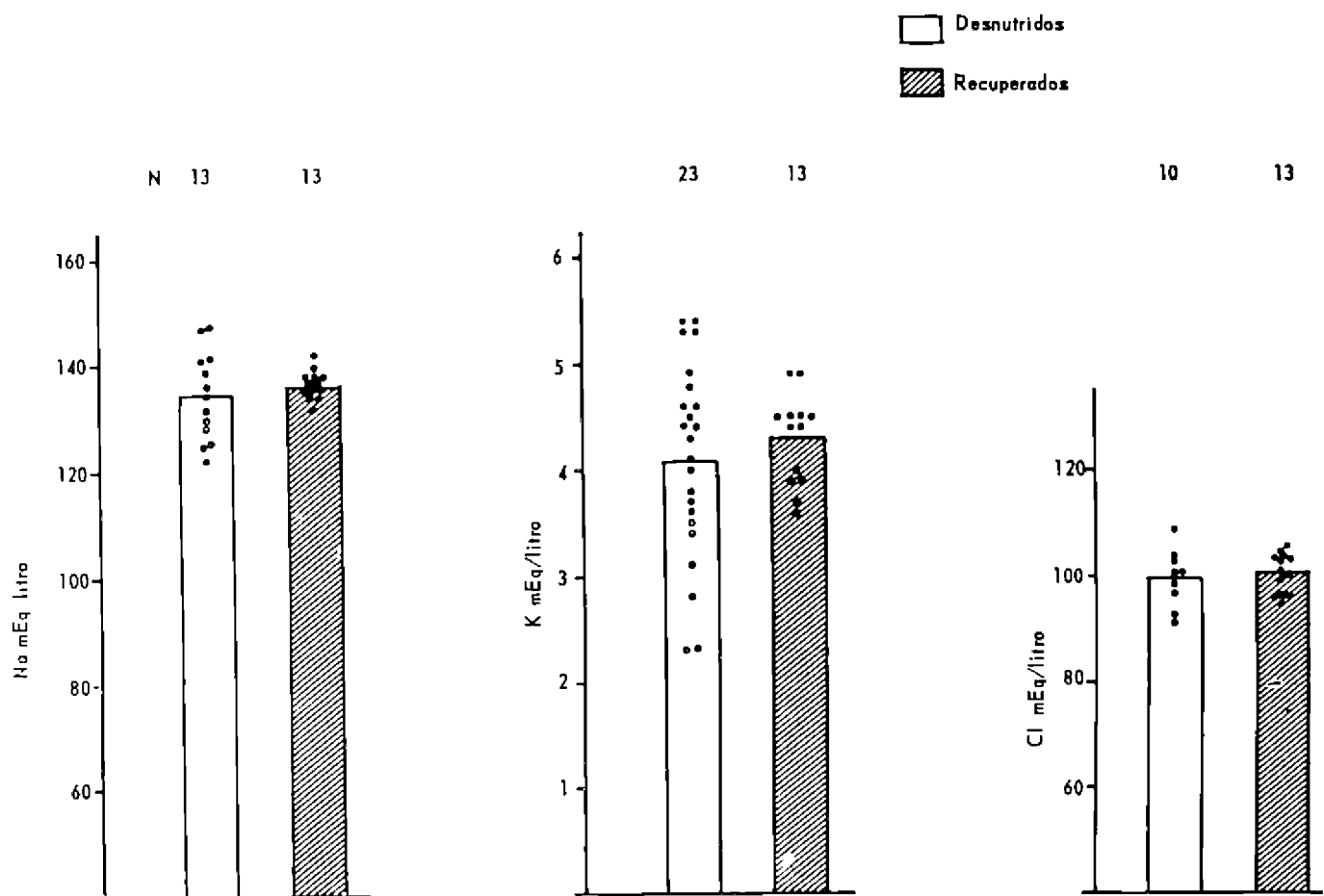
*Una película sonora de 16 mm que ilustra esta técnica está a disposición de los interesados en la División Biomédica del INCAP.

a ese respecto. La Gráfica 1 ilustra los valores que acusaron los niños, a su ingreso al Centro Clínico y ya recuperados por completo. Según se observa, los niveles de potasio sérico muestran gran dispersión (promedio: 4.1 mEq/litro y una desviación estándar de 0.92). Sin embargo, estas cifras se normalizaron durante la fase inicial del tratamiento. La hipocaliemia (deficiencia de potasio en la sangre) está relacionada a procesos diarreicos y/o vómitos severos (22). En algunos países, esto último es de observación casi constante en lactantes severamente desnutridos (20). Los únicos dos niños que fallecieron durante el desarrollo de este trabajo tenían valores de potasio sérico por debajo de

3 mEq/l, y esta alteración se corrigió rápidamente al administrarles potasio en forma terapéutica. La causa de muerte de ambos niños fue acidosis láctica y bronconeumonía, en uno de ellos, y bronconeumonía e insuficiencia cardíaca, en el otro. Según la experiencia de otros investigadores (23) y la de los propios autores, la hipocaliemia de esta magnitud es un signo de mal pronóstico. En cuanto al sodio sérico, los datos revelan que el contenido promedio fue de 134.6 mEq/l, con una desviación estándar de 8.2. En esta serie, cuatro de los 13 casos estudiados acusaron valores por debajo de dos desviaciones estándar del promedio normal, pero ninguno fue inferior a 120 mEq/l, cifra que se considera

Gráfica 1:

ELECTROLITOS SERICOS EN NIÑOS CON DESNUTRICION PROTEICO-CALORICA
AL INGRESO Y COMPLETAMENTE RECUPERADOS



Electrolitos séricos en pacientes desnutridos y ya recuperados por completo.

ya de pésimo pronóstico. Este fenómeno se debe en parte a hemodilución provocada por una ingesta pobre en sodio (dieta a base de atoles), a pérdidas exageradas de ese electrolito en casos de diarrea severa (de 30 a 50 mEq/l de heces) y, en algunos casos, a hemodilución secundaria a terapia endovenosa. La hiponatremia contribuye en gran medida a la hipotonicidad del plasma que caracteriza a estos enfermos, y constituye un reflejo de adaptación metabólica. Los datos relativos a la concentración sérica de magnesio serán comentados en otro trabajo. Sin embargo, cabe mencionar que según pudo observarse, los valores están dentro de los límites normales y coinciden con los descritos para niños normales en otros estudios (5,24-26).

En el Cuadro No. 1 se comparan las concentraciones de potasio en el suero y en el músculo, así como la relación entre éstos y el grado de depleción proteínica a partir del índice de creatinina/talla (ICT), notándose que no existe correlación alguna entre estos parámetros.

La Gráfica 2 es una representación del estudio longitudinal de 13 niños con desnutrición proteínico-calórica tipo edematoso. Para propósitos de comparación, el estado del niño en cuanto a potasio muscular se expresa tanto por kilogramo de tejido húmedo, como por gramo de nitrógeno no colágeno. Se observa así que la concentración de potasio por peso húmedo es baja, y que a pesar de la suplementación oral de este catión, no se altera durante la fase inicial de estabilización. Al comenzar la recuperación aún se observan niveles más bajos, no siendo sino hasta después de un tiempo relativamente largo que estos valores se normalizan. Cuando el potasio se expresa en base al nitrógeno no colágeno, la relación se mantiene casi constante durante las dos fases del estudio, sin que los valores que acusan los niños a su ingreso difieran significativamente de los que presentan al estar ya recuperados por completo. El promedio normal de esta última relación es de 3.5, considerándose como va-

lores deficientes todos aquéllos por debajo de 2.8. En esta serie de niños únicamente dos tenían razones anormalmente bajas, siendo posible que hayan sido sólo dos los que tenían una "verdadera deficiencia de potasio"; el resto, en cambio, mantuvo una relación normal a pesar de que su estado nutricional se encontraba alterado.

Para facilitar la interpretación de esta terminología, se incluye la Figura 3, la cual esquematiza la histología del músculo normal y de niños desnutridos. Según se observa, en el sarcoplasma es donde se encuentra el nitrógeno no colágeno (NNC), mientras que entre los haces de fibras musculares se aprecia el tejido colágeno que contiene el nitrógeno colágeno (NC).

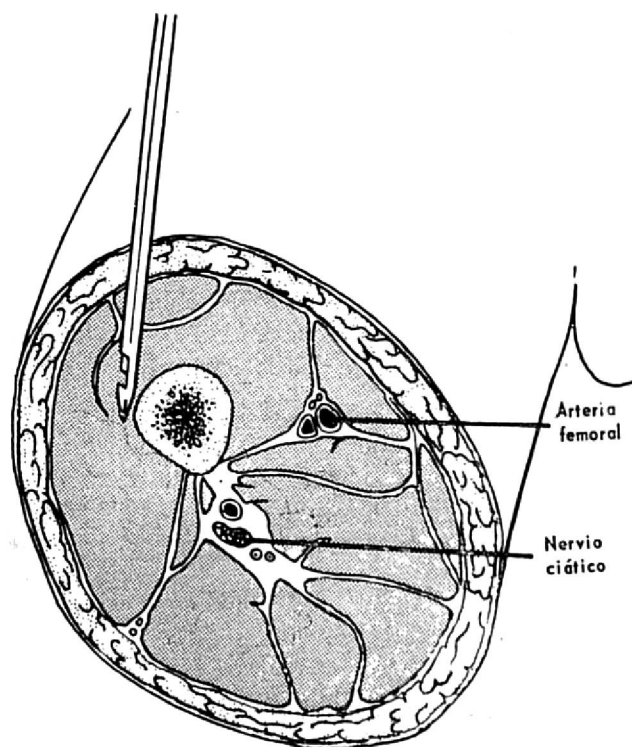
En la Gráfica 3 se exponen los resultados de la razón de nitrógeno no colágeno (NNC) a nitrógeno total (NT) en biopsias musculares obtenidas de pacientes seguidos longitudinalmente, comparados con el índice de creatinina/talla ICT). Según se aprecia, durante la fase de estabilización hay un ligero descenso de la masa proteínica y la razón de NNC/NT se mantiene estable. En cambio, en la segunda fase del estudio, es decir, cuando estos niños estaban recibiendo una dieta adecuada en su contenido de proteínas, ocurre una recuperación lenta y casi paralela de ambos parámetros.

V. DISCUSION

Los autores han observado cierta discrepancia y poca correlación entre los valores de potasio sérico y el contenido de potasio muscular, cualquiera que sea el parámetro que se utilice para expresarlo (Cuadro No. 1). La hipocaliemia ha sido explicada como fenómeno secundario a una pérdida aguda de este electrolito a través de diarrea o vómitos severos (22). Así, tanto en el caso de niños desnutridos como en el de niños normales que padecen de diarreas severas, el potasio sérico retorna rápidamente a valores normales cuando se les proporciona el potasio que han perdido.

La baja concentración de potasio muscular por unidad de peso de tejido húmedo y libre de grasa (Gráfica 2) puede deberse no sólo a una deficiencia "real" sino a fenómenos de dilución inducidos en parte por un aumento del agua tisular y por cambios en la composición proteínica de la muestra. Frenk y colaboradores (2) postularon que la sobrehidratación muscular (aumento del agua intracelular) era el factor responsable en gran medida del descenso en la concentración de potasio a nivel del músculo. Por otro lado, en la desnutrición proteínico-calórica (9) y en adultos mal nutridos y caquéticos (27) existe un aumento relativo del tejido colágeno interfibrilar que

Figura 2:



Sección transversal del muslo que establece la relación entre el músculo cuádriceps (sitio de la biopsia) y las estructuras vitales de la región.

ocurre como consecuencia de una disminución del tejido sarcoplásmico. Este tejido colágeno, presente en la biopsia, contribuye al peso de la muestra, pero contiene únicamente de 3 a 5 mEq de K por kilogramo de tejido húmedo libre de grasa. Debido a esto, la concentración de este elemento en el tejido muscular se diluye, y se observan

así valores bajos. Estos fenómenos de dilución, constituyen lo que podríamos llamar una deficiencia "falsa", y para evitar esta situación artificial la mayoría de los autores están de acuerdo en utilizar el nitrógeno no colágeno como parámetro de expresión del potasio (mEq de K/g de NNC).

En el estudio aquí descrito únicamente dos pacientes tenían una deficiencia "real" de potasio, y a pesar de la suplementación de K por vía oral, no se corrigió esta alteración durante la fase de estabilización. Sin embargo, en otra serie de 11 pacientes estudiados en el Hospital General de Guatemala y basados en el criterio antes mencionado (K/NNC), los autores encontraron que cuatro de ellos tenían verdadera depleción de potasio. Puede, pues, decirse que sí existe esta alteración pero sólo en un número limitado de pacientes, y que ni las características clínicas ni los datos del análisis sérico permiten distinguirlos. Parece ser entonces, que existe una adaptación metabólica y que la célula muscular solamente acepta cierta cantidad de potasio que varía de acuerdo a su contenido de nitrógeno no colágeno (NNC). Puede aseverarse, pues, que a excepción de los pocos casos que presentan una "deficiencia real" de potasio, en la desnutrición proteínico-calórica ocurre una disminución de la masa de proteína celular acompañada de un descenso proporcional del potasio a este mismo nivel.

El grupo de investigadores de la Unidad Tropical de Investigaciones Metabólicas en Jamaica utiliza el contador de cuerpo total, y expresa el isótopo natural K40 medido en este aparato, en base al peso corporal (13), definiendo como una verdadera depleción de potasio únicamente aquellos casos en que la concentración de K es menor de 30 mEq/kg de peso. Es razonable suponer que estos casos son concentraciones bajas de K por unidad de peso sean similares a los descritos por nosotros con razones de K/NNC inicialmente reducidos. Ambas situaciones ocurren rara vez, casi por lo general en pacientes con desnutrición severa de tipo edematoso, y con vómitos y/o diarrea. Otro hecho importante ob-

servado por Alleyne (28) es que cuando existe esta depleción aguda, la eficacia de la terapia oral con KCl es rápida y eleva a cifras normales la concentración de K total por unidad de peso en el curso de los primeros cinco días; se desconoce, sin embargo, la distribución de K en el organismo. A partir del quinto día de tratamiento, la recuperación del potasio corporal total es lineal a la de la masa proteínica (ICT). Los hallazgos de Alleyne (28) y los nuestros sugieren que, aparentemente, con pocas excepciones, en el niño desnutrido hay un descenso del contenido total de potasio, pero paralelo a la disminución de la proteína sarcoplásmica. La cantidad total de este catión sólo podrá elevarse a medida que aumenta la masa tisular activa de todo el organismo, y de la cual el músculo forma parte importante. En los casos en que se suscitan pérdidas agudas de K ocurre una verdadera depleción, quedando sin saturarse lo que algunos autores llaman "capacidad para ligar potasio" (14,28). Esta capacidad está constituida posiblemente por proteínas intracelulares que actúan como sitios de fijación para el potasio. En la desnutrición proteínico-calórica habría un descenso del número total de sitios de fijación, pero los que subsistieran estarían saturados al máximo, tratando de mantener en equilibrio la relación potasio a nitrógeno. Si a esta alteración se agregan las pérdidas agudas de K por vómitos y/o diarrea, algunos de los sitios de fijación de K quedarían temporalmente vacíos (no saturados), los cuales al administrar potasio en forma terapéutica se saturarían. La deficiencia "real" de potasio puede corregirse fácilmente utilizando de 4 a 6 mEq de K/kg/día por vía oral o intravenosa; sin embargo, hay que recordar que la célula puede aceptar únicamente la cantidad de potasio que su capacidad de fijación le permite, y qué dosis excesiva pueden ser tóxicas y hasta fatales.

RESUMEN

La introducción del uso de la aguja pediátrica Baylor para la obtención de biop-

sias musculares ha permitido el desarrollo de estudios longitudinales en pacientes desnutridos, en forma satisfactoria y con el mínimo de riesgos. Se detalla la técnica empleada para la obtención de estas muestras y se incluye un análisis descriptivo de los cambios observados. En el niño con desnutrición proteínico-calórica existe por lo general una "adaptación" a nivel muscular. Sin ningún intento de adentrarse en hipótesis de mecanismos, esto último podría explicar por qué la relación de potasio a nitrógeno no colágeno se mantiene constante, equilibrio éste que únicamente se rompe en pocos casos ocurriendo entonces una verdadera depleción.

La normalización de la concentración de potasio muscular en base a peso de tejido húmedo, no se modifica con la suplementación de potasio en presencia de una dieta de mantenimiento proteínico. La recuperación de este parámetro es lenta y casi paralela a la de la proteína no colágena y a la del índice de creatinina/talla, reflejo de la masa muscular total.

Esta técnica permitirá en el futuro investigar los mecanismos de estas alteraciones a nivel celular en pacientes con desnutrición proteínico-calórica abriendo también las puertas a estudios de la fisiopatología de muchas otras enfermedades.

REFERENCIAS

1. Trowell, H. C., Davies, J. N. P. & Dean, R. F. A.: Kwashiorkor. Edward Arnold Ltd., London, 1954. p. 64-203.
2. Frenk, S., Metcalf, J., Gómez, F. Ramos Galván, R., Cravioto, J. & Antonowicz, I.: Intracellular composition and homeostatic mechanisms in severe chronic infantile malnutrition. II. Composition of tissues. *Pediatrics*, 20: 105-120. 1957.
3. Monkeberg, F., Gase, O. & Artigas, R.: Estudio de los electrolitos intracelulares por medio de la biopsia muscular

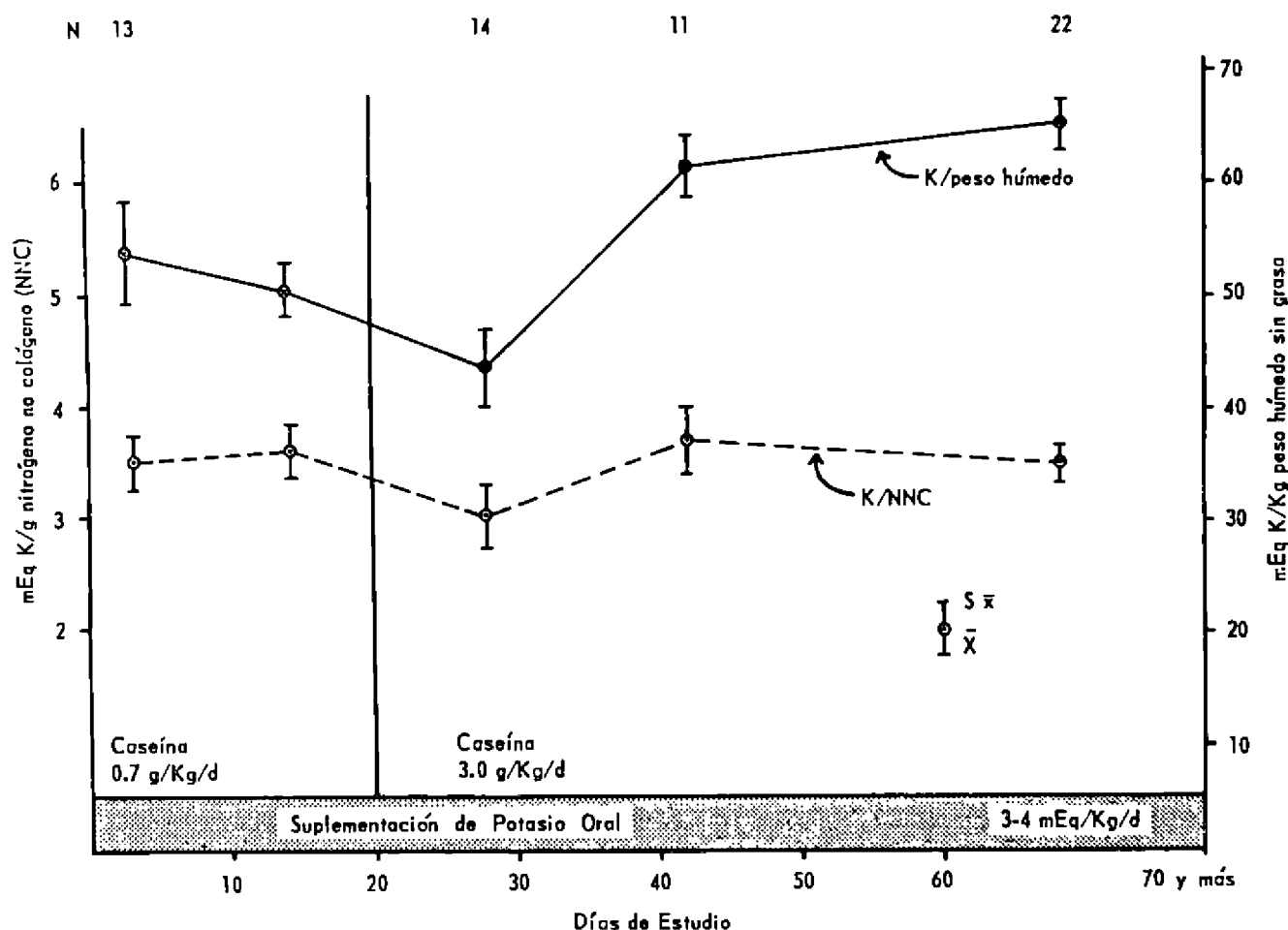
en deshidratación aguda del lactante desnutrido *Pediatría Panam.*, 2: 114, 1959.

4. Vis, H., Dubois, R., Vanderborcht, H. & De Maeyer, E.: Etude des troubles électrolytiques accompagnant le kwashiorkor marastique. *Revue Francaise d'Etudes cliniques et Biologiques*, 10: 729-741, 1965.
5. Caddell, J. L. & Goddard, D. R. Studies in protein-calorie malnutrition. I. Chemical evidence for magnesium deficiency. *New Engl. J. Med.*, 276: 533-535, 1967.
6. Metcoff, J., Frenk, S., Yoshida, T., Torres Pinedo, R., Kaiser, E. & Hansen, J. D. L.: Cell composition and meta-

bolism in kwashiorkor (severe protein-calorie malnutrition in children). *Medicine*, Baltimore, 45: 365-390, 1966.

7. —Nichols, B. L., Hazlewood, C. F. & Barnes, D. J.: Percutaneous needle biopsy of cuadriceps muscle: potassium analysis in normal children. *J. Pediat.*, 72: 840-852, 1968.
8. Tejeda V., C.: Informe preliminar sobre hallazgos patológicos en el síndrome pluricarenal de la infancia en Guatemala. *Rev. Colegio Med. Guatemala*, 6: 1-10, 1955.
9. Montgomery, R. D.: Muscle morphology in infantile malnutrition. *J. Clin Pathol.*, 15: 511-521, 1962.

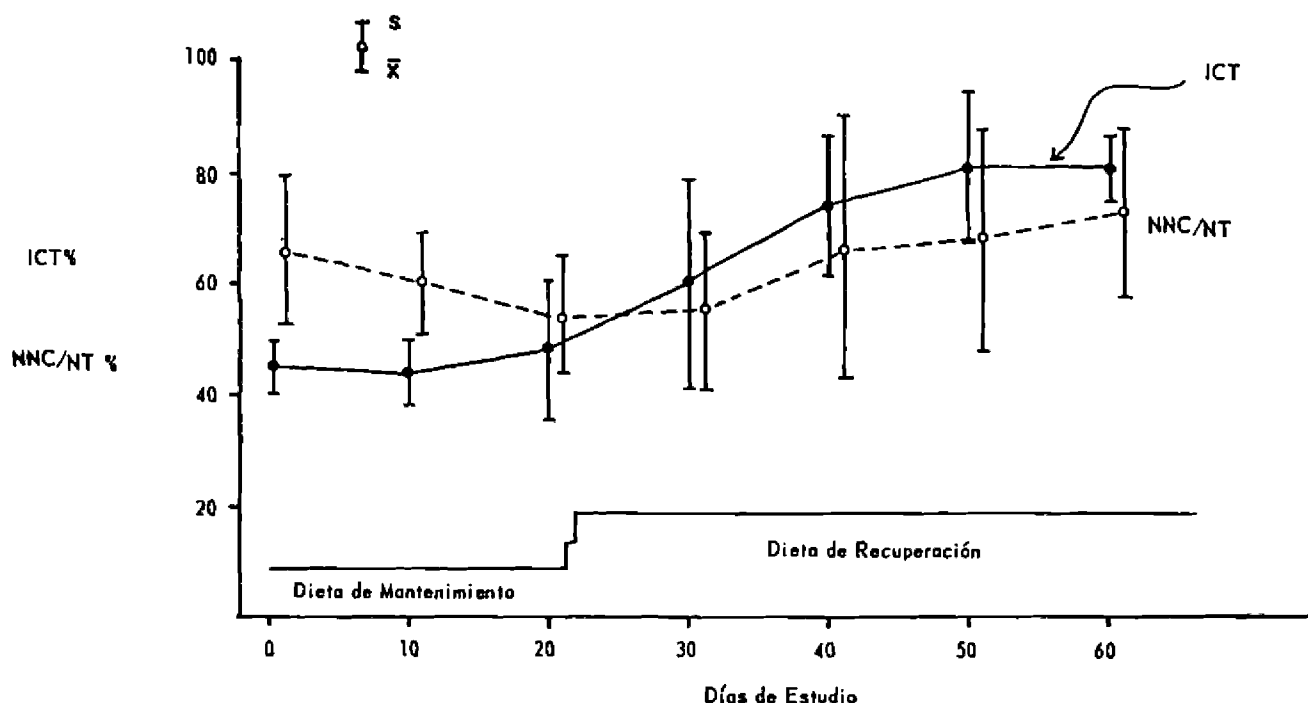
Gráfica 2:



Incap 69-697

Estudio longitudinal del potasio muscular en trece niños desnutridos, expresado en base a Nitrógeno no colágeno y en base a peso de tejido húmedo.

Gráfica 3:



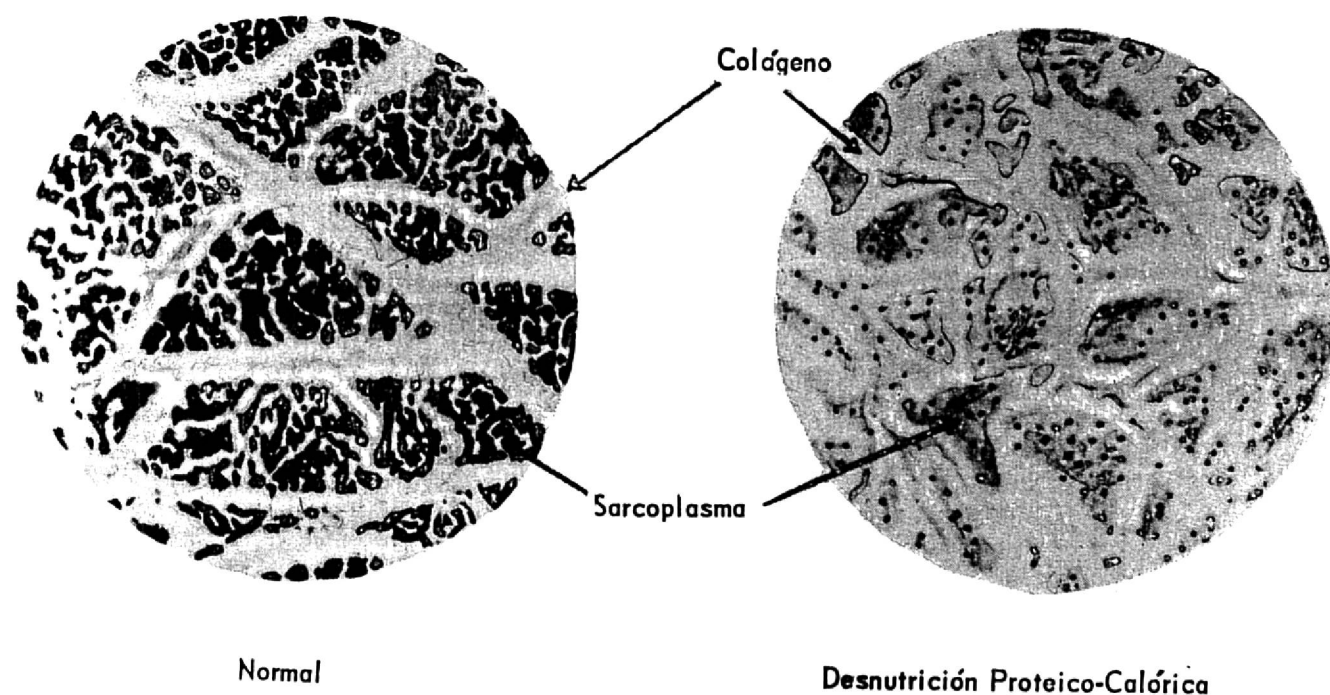
Incep 69-719

Recuperación de la masa muscular (ICT) y de la razón Nitrógeno no colágeno a Nitrógeno total (NNC/NT) en tres niños desnutridos.

10. Ramírez Lassepas, M.: Histopatología muscular en la desnutrición infantil. Tesis de graduación. Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1963.
11. Waterlow, J. C. & Mendes, C. B.: Composition of muscle in malnourished human infants. *Nature*, 180: 1361-1362, 1957.
12. Garrow, J. S.: Total body-potassium in kwashiorkor and marasmus. *Lancet*, 2: 455-458, 1965.
13. Alleyne, G. A. O.: Studies on total body potassium in infantile malnutrition: the relation to body fluid space and urinary creatinine. *Clin.*, 34: 199-204, 1968.
14. Nichols, B. L., Alleyne, G. A. O., Barnes, D. J. & Hazlewood, C. F.: Relationship between muscle potassium and total body potassium in infants with malnutrition. *J. Pediat.*, 74: 49-57, 1969.
15. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Desnutrición severa en la infancia. *Rev. Col. Méd. Guatemala*, 7: 221-278, 1956. (Monografía No. 3).
16. Viteri, F., Alvarado, J., Luthringer, D. G. & Wood, R. P. II: Hematological changes in protein-calorie malnutrition. *Vitamins Hormones*, 26: 573-615, 1968.
17. Viteri, F. & Alvarado, J.: The creatinine height index its use in the quantification of protein depletion and repletion in protein calorie malnourished children. Enviado a *Pediatrics*, para consideración.
18. Garrow, J. S., Fletcher, K. & Halliday, D.: Body composition in severe infantile malnutrition. *J. Clin. Invest.*, 44: 417-425, 1965.
19. Hausen, J. D. L. & Brock, J. F.: Potassium deficiency in the pathogenesis of nutritional oedema in infants. *Lancet*, 2: 477, 1954.

20. Hansen, J. D. L. & Jenkinson, V.: Electrolyte and nitrogen metabolism in kwashiorkor. *S. Afr. J. Lab. Clin. Med.* 2: 206-231, 1956.
21. González Chirinos, P. & Ramos Galván, R.: El patrón electrolítico en niños con desnutrición de tercer grado. *Bol. med. Hosp. Inf. (Méx.)*, 21: 89-98, 1964.
22. Hansen, J. D. L. Comunicación personal.
23. Wayburne, S.: Malnutrition in Johannesburg. En: *Calorie deficiencies and protein deficiencies; Proc. of a Colloquium held in Cambridge, 1967.* R. A. McCance & E. M. Widdowson (Eds.). J. & A. Churchill Ltd., London, 1968. p. 7-21.
24. Back, E. H., Montgomery, R. D. & Ward, E. E.: Neurological manifestations of magnesium deficiency in infantile gastroenteritis and malnutrition. *Arch. Dis. Child.*, 37: 196-109, 1962.
25. Montgomery, R. D. Magnesium balance studies in marasmic kwashiorkor. *J. Pediat.*, 59: 119-123, 1961.
26. Linder, G. C., Hansen, J. D. L. & Karabus, C. D. The metabolism of magnesium and other inorganic cations and of nitrogen in acute kwashiorkor. *Pediatrics*, 31: 552-568, 1963.
27. Mason, K. E. Effect of nutritional deficiencies upon muscle. En: *The structure and function of muscle.* G. H. Bourne (Ed.), v. III, *Pharmacology and disease.* Academic Press, New York, 1960. p. 171-207.
28. Alleyne, G. A. O. *Brit. J. Med.* (en prensa).

Figura 3:



Incap 69-1016

CUADRO No. 1**COMPARACION ENTRE LA CONCENTRACION DE POTASIO EN EL SUERO Y EN BIOPSIAS MUSCULARES DE NIÑOS CON DESNUTRICION PROTEINICO-CALORICA**

Clave	Edad en meses	mEq de K/l de suero	mEq de K/kg de tejido húmedo libre de grasa	Depleción de masa muscular en base al ICT*
PC-180	29	3.6	47.4	0.79
PC-182	16	4.6	28.9	0.40
PC-185	55	4.6	63.2	0.45
PC-186	21	2.8	70.2	0.45
PC-187	58	4.1	35.2	0.37
PC-188	65	4.4	67.6	0.55
PC-189	67	3.8	46.3	0.24
PC-194	15	5.3	59.4	0.37
PC-196	34	4.3	26.7	0.51
PC-197	35	3.1	42.2	0.43
Valores normales		4.3	61.1	1.0
D.E.**		0.7	10.1	0.08

* Índice de Creatinina/Talla.

** Desviación estándar.