

Función muscular esquelética en pacientes que han sufrido desnutrición

Jorge Alvear A.¹; Samuel Ruiz N.²

Muscle contraction in children after recovery from severe infantile protein calorie malnutrition

Skeletal muscle function was compared in forty children aged 12 ± 4 m who had been recovered from protein calorie malnutrition early in life (study group) and a similar number of control subjects paired by age and sex without antecedent nutritional disorder. Skeletal muscle function was evaluated by measuring the force of isometric contraction of the *adductor pollicis* muscle of the thumb after electric stimulation of the ulnar nerve at the wrist by means of a stimulus isolation unit (Grass Model FT-10) following the Shizgal protocol. Muscle function was related to body composition obtained by Frisancho and Durnin formula. The forces generated during stimulation and recovery periods were both reduced ($p < 0,05$) in the study group when compared to controls. Early protein calorie malnutrition modifies skeletal muscle function in children several years after recovery.

(Key words: nutritional disorders, malnutrition, muscle contraction.)

El músculo es la reserva más importante de proteína disponible del cuerpo, la que se ve reducida considerablemente por la desnutrición grave en humanos y en animales de experimentación¹. Durante el ayuno parcial o total, la proteína corporal es destruida para proporcionar aminoácidos, lo que se traduce en pérdida de masa corporal total. Esta última representa el número total de células funcionales metabólicamente activas, por lo tanto, la fuente de consumo de O_2 y de producción de CO_2 ². La masa muscular en niños desnutridos puede estar disminuida hasta en 70%³. Las biopsias musculares muestran en ellos, al compararlos con niños que se han recuperado de desnutrición, reducciones de hasta 45% de la proteína total, las que comprometen el número y el tamaño de las fibras musculares^{4, 5}. Durante la recuperación de la desnutrición ocurre un período de ganancia

rápida de peso en concordancia con aumento de la excreción de creatinina, por lo que ésta ha sido usada como método indirecto para indicar incrementos de masa muscular⁶. Además, durante la recuperación nutricional aumenta la masa muscular en proporción mayor que la de aumento del peso corporal, que puede diferir según el grado inicial de retraso en talla o la pérdida de peso^{3, 8}. Estas observaciones indican que la masa muscular es muy influida por el estado nutricional, sufriendo cambios adaptativos importantes ante la injuria nutricional y en su rehabilitación.

La función de los músculos puede ser evaluada por su capacidad de trabajo. La escala MRC (Medical Research Council) es un sistema para estimar potencia muscular (capacidad de trabajo por unidad de tiempo), que considera cinco grados de eficiencia, desde ausencia de contracción a contracción normal. Ciertos músculos no son afectados por la fuerza de gravedad, como los encargados de la rotación de dedos de pies y manos, lo que permite medir en ellos la fuerza de su contracción sin distorsiones significativas atribuibles a dicha fuerza^{9, 10}.

Por otra parte, el músculo aductor del pulgar pertenece al grupo de músculos de contracción

1. Unidad de Nutrición Clínica, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile.

2. Unidad de Neurofisiología y Biofísica, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile.

Financiado por DT1 M2400 - 8722.

rápida¹¹ que es afectado por el ayuno aumentando la actividad glicolítica, por lo que resulta susceptible a la fatiga. Para producir contracción muscular, la estimulación eléctrica tiene las ventajas de subsanar problemas como la falta de motivación y, si bien no es un estímulo "fisiológico", contar con la cualidad de ser controlable.

La influencia del estado nutricional sobre la función muscular ha sido poco estudiada. El propósito de este trabajo fue determinar si la desnutrición grave precoz tiene efectos sobre la función muscular esquelética, varios años después de la recuperación nutricional.

Material y Método

Se estudiaron niños sometidos a un seguimiento longitudinal de 15 años, realizado por el Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile (INTA), cuyas características han sido descritas anteriormente^{12, 13}. Se incluyó un grupo de estudio, formado por pacientes que habían sufrido desnutrición calórica proteica grave antes de los dos años de vida (20 niñas y 20 varones) -de la cual se habían recuperado satisfactoriamente- y uno de control sin este antecedente, con igual número de participantes. Todos los participantes fueron informados de la experiencia que se realizaría y firmaron su consentimiento de acuerdo a las normas éticas aceptadas para investigación en seres humanos. En ellos se midió peso (con ropa interior, sin zapatos, a la misma hora de la mañana en una balanza Neta), talla de pie, talla sentada (en antropómetro fijo a la pared y silla de medición adaptada para este menester), circunferencias de cráneo y brazo (usando huincha de fibra de vidrio inextensible), pliegues cutáneos (mediante calibrador de Lange). Todas las mediciones se realizaron en el hemicuerpo izquierdo¹⁴. Se evaluó además su composición corporal midiendo área magra y grasa braquial (fórmula de Frisancho) y el porcentaje de grasa corporal (fórmula de Durnin)^{15, 16}. El estado nutricional se evaluó por medio del índice peso para talla (P/T), la estatura por la relación talla para edad (T/E) adecuándolas al percentil 50 de la tabla OMS¹⁷. Además se hicieron mediciones de hemoglobina y ferritina sérica, como otro indicador del estado nutricional¹⁸.

La función muscular esquelética fue evaluada con el método descrito por Merton y modificado por Edwards¹⁹, que mide la fuerza de la contracción isométrica ejercida por el dedo pulgar de la mano izquierda. Las mediciones se realizaron después de un buen desayuno. Se ubicó el antebrazo y el brazo en un instrumento que permite asegurar la inmovilidad relativa del brazo y mano en posición supina, de tal manera de dejar los dedos semiflectados, con excepción del dedo pulgar, el que se dejó en extensión. Con el dedo pulgar en abducción máxima, se ubicó un lazo en la unión interfalángica, el que se conectó a un transductor de fuerza, que mide la tensión efectuada. En todos los experimentos se hicieron al menos dos mediciones: contracción

voluntaria (en la que se solicitó al sujeto tensar el dedo al recibir una orden), y por estimulación eléctrica mediante un par de electrodos de superficie sobre el nervio cubital, para producir una contracción isométrica del músculo aductor del pulgar. En todas las mediciones cada sujeto efectuó 10 elongaciones tratando de uniformar el procedimiento en ambos grupos de estudio.

Cada estímulo produce una contracción del músculo aductor del pulgar que fue registrada con un transductor de fuerza (Grass Mod FT-10) previamente calibrado. Las señales fueron amplificadas en un preamplificador Grass Modelo RPS-107, y desplegadas en un osciloscopio Tektronik Mod 2213, cuya interfase de registro y vigilancia era un microcomputador Rockwell AIM-60 análogo digital. Las señales fueron registradas en una grabadora magnética para su análisis posterior, en que se midió la amplitud vértice a vértice de cada una de las contracciones voluntarias en las respuestas obtenidas por estimulación eléctrica, el tamaño de ellas vértice a vértice con diferentes frecuencias y voltajes de estimulación.

El estimulador fue diseñado y construido en nuestro laboratorio y permite variar la frecuencia (Hz) y la diferencia de potencial del estímulo. El generador de pulso produce señales rectangulares de amplitud variable a voluntad, de 60 a 120 volts y duración constante de 0,2 ms de duración. Cada registro tenía una duración 2 000 ms, lo que permitía observar las variaciones de amplitud mientras se registraba. Se elaboró una curva de fuerza para frecuencia, estimulando el nervio cubital a voltajes supramáximos con pulsos de frecuencias de 0,5, 10, 25, 50 y 100 Hz, de ondas unidireccionales de 0,2 ms de duración. Para contracciones sobre 0,5 Hz los impulsos duraban 1 s.

Para compensar las diferencias individuales de musculatura entre los sujetos, la respuesta a la estimulación eléctrica se expresó como por ciento del máximo de fuerza generado. La fatiga muscular se estudió con el protocolo de Shizgal 2, estimulando el nervio cubital con impulsos repetidos de 20 Hz y de 0,2 ms de duración por 330 ms. La fatigabilidad fue evaluada cada segundo por 120 s, determinando la fuerza de contracción isométrica a intervalos de 30 s (período de fatiga). La velocidad de recuperación de la fatiga muscular fue determinada inmediatamente después del período de fatiga, con estímulos de 330 ms a 20 Hz y 0,2 ms de duración. Los resultados fueron evaluados y promediados para cada grupo, considerando los promedios de contracciones voluntarias y los de contracciones por estimulación eléctrica del nervio cubital. El análisis estadístico de los resultados fue hecho empleando análisis de varianza (prueba F), prueba *t* de Student, *chi cuadrado*. Los promedios de edad se obtuvieron con el método de probito.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética del INTA, Universidad de Chile.

Resultados

Las medidas antropométricas mostraron diferencias significativas ($p < 0,001$) de 8 kg en el peso, 8 cm en la talla de pie, 3 cm en el segmento superior (talla sentada) y 2 cm en circunferencia de cráneo entre los varones y de 11 kg en

el peso, 11 cm en la talla y de 6 cm en el segmento superior y 1,8 cm en la circunferencia de cráneo en las niñas, en favor de los controles (tabla).

Las curvas de fuerza para la frecuencia del estímulo (kg/Hz) fueron similares en los dos grupos estudiados independientes del sexo. No hubo diferencia significativa en la fatigabilidad muscular, sin embargo la recuperación a la fatiga muscular en los niños sin antecedentes de desnutrición fue significativamente más rápida, alcanzando a 90%, a diferencia del grupo experimental que sólo llegaba a 85% de respuestas frente al estímulo ($p < 0,05$) (figura 1).

Las respuestas a la estimulación eléctrica de los niños controles y niños recuperados fueron diferentes a 25 y 50 Hz ($p < 0,05$) (figura 2). Cuando la respuesta a la estimulación muscular se expresó como fuerza absoluta desarrollada y no como porcentaje del máximo, aparecieron diferencias significativas en fatigabilidad y recuperación a la fatiga, siendo mayor la fuerza generada en el grupo control (figura 3). En las curvas no se incluyen las desviaciones estándar para facilitar la expresión gráfica.

No se encontró correlación entre composición corporal y función muscular esquelética (área magra obtenida según Frisancho), con fuerza generada expresada en kg con una estimulación eléctrica nerviosa a frecuencia de 100 Hz, al final del período de fatiga 100 s y al

Tabla

Antropometría de los niños estudiados

	Controles		Estudio			
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres		
Peso	x	40,9	41,5	x	32,8	30,3
	DE	5,9	6,8 *	DE	7,5	8,4
	n	20	20	n	20	20
Talla	x	146,4	146,5	x	138,3	135,2
	DE	7,4	7,1 *	DE	10,1	9,2
	n	20	20	n	20	20
SS	x	76,1	77,4	x	72,7	70,8
	DE	4,3	5,2 *	DE	5,4	6,3
	n	20	20	n	20	20
CC	x	54,0	53,8	x	52,3	52,0
	DE	2,3	2,5 *	DE	3,4	3,2
	n	20	20	n	20	20

* $p < 0,001$

SS : segmento superior; CC: circunferencia de cráneo

FATIGA RECUPERACION

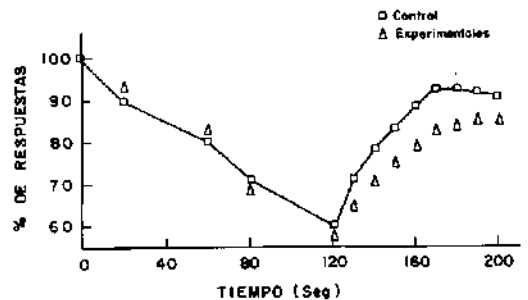


Figura 1: Respuesta del músculo abductor del pulgar, como porcentaje de la respuesta máxima, postestimulación de nervio cubital a voltajes de 0,5 a 100 Hz, en niños controles y estudio.

FUERZA FRECUENCIA

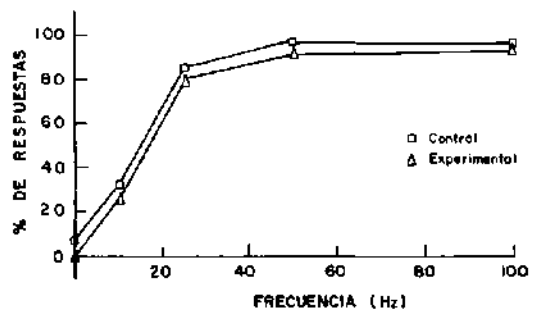


Figura 2: Respuesta muscular como porcentaje de respuestas a estimulación nerviosa una vez cada segundo por 120 seg (período de fatiga) seguido a estimulación cada 10 seg por 100 seg (recuperación) en niños controles y estudio.

final del período de recuperación 220 s. No se observaron diferencias significativas del estado nutricional de hierro entre los grupos estudiados.

Comentario

Es corriente observar que la desnutrición calórico-proteica se acompaña de pérdida de masa y debilidad muscular. La disminución de masa muscular se debe en estos casos principalmente a reducción del tamaño de las fibras más que a su número. Existen en la literatura antecedentes que relacionan al estado nutricional y la fuerza muscular medida con dinamómetro²⁰, con resul-

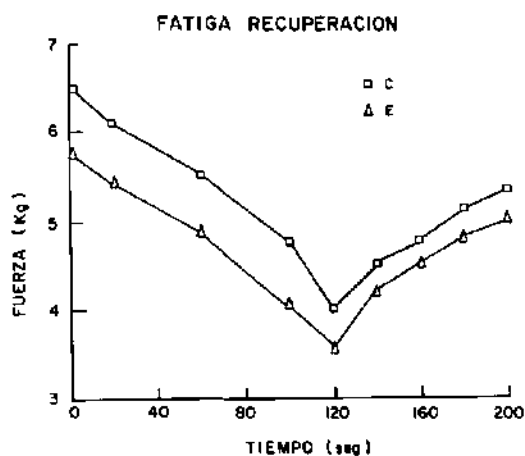


Figura 3: Fuerza generada en kilogramos posestimulación del nervio cubital, a frecuencias de una vez cada segundo por 120 seg (fatiga) seguido por estimulación cada 10 seg por 100 seg (recuperación) en niños controles (promedios y DE).

tados muy variables en las mediciones, lo que sugiere que el dinamómetro de mano, adecuado en terreno para estimar estado nutricional de las poblaciones, es poco apropiado para evaluar el de un sujeto, aun cuando resulta útil como indicador de debilidad muscular (para fisioterapeutas y neurólogos), pero no para determinar potencia muscular en individuos normales.

La fuerza generada por el aductor del pulgar en respuesta a una estimulación eléctrica del nervio cubital es una medida adecuada para determinar el estado nutricional. En individuos severamente desnutridos y después recuperados, se ha observado que los pacientes desnutridos generan menos fuerza, se fatigan más fácilmente y se relajan más lentamente; pero una vez realimentados vuelven rápidamente a la normalidad, si bien el peso y otros indicadores bioquímicos de desnutridos permanecen bajo lo normal¹⁰. Esto sugiere que la función muscular es un buen indicador del estado nutricional²⁻⁶.

Nuestros resultados son similares a los descritos anteriormente. Los sujetos con antecedentes de haber sufrido desnutrición, aun cuando de menor talla y peso que los controles, no mostraron diferencias significativas en la composición corporal ni la nutrición de hierro con estos últimos, sin embargo, la contracción del aductor del pulgar fue menos potente y la recuperación muscular más lenta. No obstante, no se encontró

correlación entre función muscular y estado nutricional medido por la composición corporal.

Los datos aportados por nuestros resultados sugieren que la contracción del músculo aductor del pulgar que sigue a la estimulación eléctrica del nervio cubital es un buen indicio del estado nutricional pasado, que podría relacionarse con la presencia de reservas de energía¹⁹. El mayor aporte de energía para la contracción muscular proviene de la adenosina trifosfato (ATP). En las contracciones breves, de menos de 10 s de duración y en las contracciones isométricas de 70% de la fuerza máxima, la energía necesaria para la contracción se obtiene de reservas locales, en cambio en las actividades que duran algo más tiempo se debe regenerar ATP por re fosforilación de fosfocreatina y a partir de la glicolisis anaeróbica que produce aumento de lactato. La fuerza de contracción en preparaciones de músculo aislado depende del abastecimiento de ATP por fosfocreatina. En contraste con el músculo en actividad sostenida, que requiere de la glicolisis aeróbica para obtener su energía por fosforilación oxidativa, el músculo en reposo no requiere de la fragmentación del glicógeno para proporcionarse energía y 60% de la requerida para su mantención en estas condiciones puede ser obtenida directamente de hidratos de carbono que difunden a los tejidos desde la sangre.

La prevalencia de pacientes hospitalizados con deterioro nutricional es cada día más importante y se ha señalado que llegaría hasta 50%. Con el aumento de tratamientos ambulatorios a enfermos crónicos, el conjunto de pacientes que requieren hospitalización deberá incluir mayor proporción de personas con más deficiencias nutricionales, por lo que parecería recomendable determinar, al ingreso de cada uno de ellos, el estado nutricional por métodos de antropometría y otros, incluyendo la función muscular.

Resumen

La función muscular se relaciona con estado nutricional. Se estudió función muscular esquelética en 40 niños con antecedentes de haber sufrido una desnutrición grave precoz (GE) en comparación con igual número de niños pareados por sexo y edad a los 12 a 4 m, sin antecedentes de desnutrición (GC). La función muscu-

lar se midió, según el protocolo de Shizgal, de la fuerza de contracción isométrica del músculo abductor del pulgar obtenida por estimulación eléctrica del nervio cubital (en la muñeca) y registrada mediante un transductor de fuerza (Grass Mod FT-10). La fuerza muscular se relacionó con la composición corporal determinada por antropometría convencional y las fórmulas de Durnin y Frisnacho. La recuperación a la fatiga muscular fue más rápida ($p < 0,05$) y la fuerza generada mayor ($p < 0,05$) en los niños controles, sin antecedente de desnutrición. La desnutrición grave precoz altera la función muscular, incluso pasados varios años después de su tratamiento y recuperación.

(Palabras clave: trastornos de la nutrición, desnutrición, contracción muscular.)

Agradecimientos

Al Dr. Alejandro Hernández K., por la revisión y comentarios del manuscrito, como también a las Sras. Margarita Vial y Carmen Artaza por su cooperación a este estudio.

Referencias

1. Krishnamurthy N, Balakumar B, Thombre DP: Effects of undernutrition and sex difference on skeletal muscle function in young rats Indian. *J Physiol Pharmacol* 1992; 36: 234-238.
2. Shizgal HM, et al.: Nutritional assessment and skeletal muscle function. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 761-771.
3. Reeds PJ, Jackson AA, Picou D, Pulter N: Muscle mass and composition in malnourished infants and children and changes seen after recovery. *Pediatr Res* 1978; 12: 613-618.
4. Hansen-Smith FM, Picou D, Golden MH: Growth of muscle fibres during recovery from severe malnutrition in Jamaican infants. *Br J Nutr* 1979; 41: 275-282.
5. Cheek DB, Hill DE, Cordano A, Graham GG: Malnutrition in infancy: changes in muscle and adipose tissue before and after rehabilitation. *Pediatr Res* 1970; 4: 135-144.
6. Forbes GB, Bruining GJ: Urinary creatinine excretion and lean body mass. *Am J Clin Nutr* 1976; 29: 1359-1360.
7. Waterlow JC, Mendes CB: Composition of muscle in malnourished human infants. *Nature* 1957; 180: 1361-1362.
8. Mac Lean WC, Graham GG: The effect of energy intake on nitrogen content of weight gained by recovering malnourished infants. *Am J Clin Nutr* 1980; 33: 903-909.
9. Hosking GP, Bhat US, Dabowitz V, Edwards RHT: Measurements of muscle strength and performance in children with normal and diseased muscle. *Arch Dis Child* 1976; 51: 957-963.
10. Russell DM, Leiter LA, Whitwell J, Marliss EB, Jeejeebhoy KN: Skeletal muscle function during hypocaloric diets and fasting: a comparison with standard nutritional assessment parameters. *Am J Clin Nutr* 1983; 37: 133-138.
11. Moxham J, Morris AJR, Spiro SG, Edwards RHT, Green M: Contractile properties and fatigue of the diaphragm in man. *Thorax* 1981; 36: 164-168.
12. Alvear J, Artaza C, Vial M, Guerrero S, Muzzo S: Physical growth and bone age of survivors of protein energy malnutrition. *Arch Dis Child* 1986; 61: 257-262.
13. Alvear J, Vial M, Artaza C: Crecimiento después de desnutrición grave precoz. *Rev Chil Pediatr* 1991; 62: 242-247.
14. Smith D: Measurements, methods and standards. In: Smith D, ed. *Growth and its disorders: Basic and standard approach and classification, growth deficiency disorders, growth excess disorders, obesity*. Philadelphia: W.B. Saunders Company 1977: 18-61.
15. Frisnacho A: New norms of upper limb fat and muscle areas for assessment of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 2540-2545.
16. Sann L, Durand M, Picard J, Lasne Y, Behtenod M: Arm fat and muscle areas in infancy. *Arch Dis Child* 1988; 63: 256-260.
17. US Department of Health Education and Welfare Public Health Service NCHS. *Curves for children: Birth to 18 years*. United States DHEW 1977. Vital and Health Statistics. Serie 11, Number 165, 1977.
18. Simes MA, Addiego JE Jr, Dallman PR: Ferritin in serum: diagnosis of iron deficiency and iron overload in infants and children. *Blood* 1974; 43: 581-590.
19. Edwards R, Young A, Hosking GP, Jones DA: Human skeletal muscle function: Description of test and normal value. *Clin Sci Molec Med* 1977; 52: 283-290.
20. Forse RA, Shizgal HM: The assessment of malnutrition. *Surgery* 1980; 88: 17-24.