

MODIFICACIONES DE INDICADORES SOMATOMÉTRICOS ASOCIADOS A LA DEFENSA ANTIOXIDANTE EN RATAS RENUTRIDAS TRAS DESNUTRICIÓN MODERADA

MODIFICATIONS OF SOMATOMETRIC INDICATORS ASSOCIATED WITH ANTIOXIDANT DEFENSE IN RENOURISHED RATS AFTER MODERATE UNDERNOURISHMENT

Lázaro Velazco Brito,^I Aime González Santiestebán,^I José Pérez Trujillo,^{II} Maykel Méndez Herrera^{III}

^ILicenciado en Enfermería. Profesor Asistente. Especialista de I grado en Fisiología Normal y Patológica. Policlínico Docente “Eduardo Díaz Ortega”. Guanajay, Artemisa, Cuba.

^{II}Especialista de I grado en Medicina General Integral. Máster en Asesoramiento Genético. Policlínico Docente “Eduardo Díaz Ortega”. Guanajay, Artemisa, Cuba.

^{III}Licenciado en Inglés. Profesor Instructor. Policlínico Docente “Eduardo Díaz Ortega”. Guanajay, Artemisa, Cuba.

RESUMEN

Introducción: la malnutrición proteico energética es el resultado del desequilibrio entre las necesidades del organismo y la ingesta de nutrientes. Ocasiona cambios metabólicos que elevan la morbimortalidad.

Objetivo: comprobar la recuperación de los indicadores somatométricos y su correspondencia con las variables de defensa antioxidante durante la realimentación de ratas moderadamente desnutridas.

Métodos: se realizó un estudio experimental prospectivo con una muestra de 64 ratas albinas Wistar machos al destete (32 del control y el resto del experimental) mediante un modelo de renutrición total durante tres semanas, tras restricción cuantitativa al 75 % de los requerimientos diarios para su edad durante 28 días. Se determinaron variables somatométricas e indicadores de defensas antioxidantes y su asociación, mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Se estimaron la media, la desviación estándar y la prueba T- Student.

Resultados: se constata durante la realimentación recuperación del peso corporal del grupo experimental (256,11 g) sin alcanzar la normalidad del control (270,98 g), aumenta la talla (18,43 cm) y la longitud de la cola (14,01 cm) del experimental sin alcanzar la del control (20,07 cm) y

(15,05 cm) respectivamente. Aumenta del peso de los órganos destacándose el hígado (10,71 g) y el intestino delgado (4,41 g) del experimental sin llegar a los valores controles (11,77 g) y (4,75 g) respectivamente.

Conclusiones: las alteraciones de los indicadores somatométricos ocurridas en la desnutrición se revierten durante la realimentación, lo cual se asocia con el aumento progresivo de las defensas antioxidantes.

Palabras clave: nutrición, antioxidante, intestino delgado, ratas.

ABSTRACT

Introduction: protein-energy malnutrition is the result of the imbalance between the needs of the organism and nutrient intake. It causes metabolic changes that increase morbi-mortality.

Objective: to check the recovery of somatometric indicators and their correspondence with the variables of antioxidant defense during the renourishment of moderately undernourished rats.

Methods: An experimental prospective study was performed with a sample of 64 male Wistar albino rats at weaning (32 control and the rest of the experimental one) through a complete renourishment model for three weeks, after quantitative restrictions on 75 % of the daily requirement for their age during 28 days. Somatometric variables were determined and antioxidant defense indicators and their association, by Pearson's correlation coefficient. It was estimated the mean, the standard deviation and the t-Student test.

Results: during renourishment it was observed recovery of body weight of the experimental group (256.11 g) without reaching the normality of the control (270.98 g), size was increased (18,43 cm) and the length of the tail (14, 01 cm) of the experimental one without reaching the control (20.07 cm) and (15.05 cm) respectively. The weight of the organs was increased, standing out the liver (10.71 g) and the small intestine (4.41 g) of the experimental one without reaching control values (11.77 g) and (4.75 g) respectively.

Conclusions: alterations of somatometric indicators occurred in undernourishment are reversed during renourishment which is associated with the progressive increase in antioxidant defenses.

Key words: nutrition, antioxidant, small intestine, rats.

INTRODUCCIÓN

La alimentación constituye uno de los componentes esenciales del estado de salud y un valioso indicador del bienestar y de los niveles de vida de una comunidad, representa, junto con otros indicadores, el grado de desarrollo de un país, donde una de las formas de expresión del atraso y la pobreza de una colectividad está dada por el hambre y la desnutrición.¹

Actualmente hay aproximadamente 840 000 000 de personas desnutridas en el mundo, la mayor parte de ellas en países en vías de desarrollo. Al revisar los datos reportados se pudo constatar que alrededor del 32 % de los casos viven en el sur de Asia, el 30 % en Asia oriental, el 26 % en África Subsahara y el 8 % en América Latina y el Caribe.¹ Específicamente en Cuba el índice de desnutrición reportado refleja que existen 36 enfermos por cada 100 000 habitantes lo que representa un 0,3 % de la población.²

Se ha podido comprobar que la malnutrición proteico energética (MPE) es el resultado del desequilibrio entre las necesidades del organismo y la ingesta de nutrientes, lo que puede conducir a síndromes de deficiencia, dependencia, toxicidad u obesidad. En el caso específico de la

desnutrición energético nutrimental, se plantea que es un síndrome clínico complejo donde pueden coexistir muchas deficiencias simultáneamente.³

Se han realizado estudios orientados a mejorar el estado de salud de estos individuos y se proyecta un esquema de renutrición. Este proceso dependerá en gran medida del grado de desnutrición y estrés metabólico e infeccioso que padezca el paciente. Así como de la enfermedad de base. Tanto las medidas que se planteen, como los nutrientes que se utilicen y sus vías de administración serán individualizadas y se modificarán en función de la respuesta del paciente.^{3,4}

En el proceso de renutrición debe tenerse en cuenta las capacidades funcionales que presenta el enfermo. Pensando en todo momento que este es muy sensible a cualquier agresión externa. Debe respetar los límites de capacidad metabólica y funcional que presenta a cada momento el paciente. Cualquier esquema de este tipo debe estar orientado a restaurar la masa magra del individuo, porque es la que soporta su maquinaria metabólica. Estos esquemas se basan en el aporte de energía y aminoácidos. Sin embargo, la conducta no se limita a aportar macronutrientes. Es tal vez, mucho más importante, aportar micronutrientes como minerales (potasio, fósforo, magnesio), vitaminas (C, B, A) y oligoelementos como el selenio.³

En contra de lo que pueda parecer, cuanto mayor sea el grado de desnutrición más lenta debe ser la renutrición y menos cantidades se precisan para conseguir situaciones de anabolismo. Con esta premisa se pueden evitar los fenómenos de sobrecarga metabólica, incluido el síndrome de realimentación que aparece al inicio de la renutrición (oral, enteral o parenteral) cuya gravedad atenta contra la vida del paciente.⁴

La renutrición se ha convertido desde tiempos inmemorables en un problema acuciante. Desde los inicios, ninguna de las vías utilizadas parecía adecuada para satisfacer las necesidades nutricionales en forma completa. La idea de combinar distintos métodos anticipaba los progresos a que asistimos en la actualidad en cuanto a la renutrición de pacientes desnutridos. Las investigaciones han evolucionado hacia una apreciación de las ventajas fisiológicas y nutricionales de una realimentación adecuada. También la implicación del estrés oxidativo ha sido estudiada por diferentes autores en diversos síndromes y enfermedades.⁵

Por todo lo anterior se considera importante conocer los efectos de la realimentación sobre el estado nutricional. Además hay que tener en cuenta que en las últimas dos décadas ha crecido el interés en la temática que relaciona el estrés oxidativo y la realimentación nutricional. El estudio de la participación del estrés oxidativo como un mecanismo que potencia al daño celular, es un área apasionante que abre nuevos conocimientos en la fisiopatología de la desnutrición y en la intervención durante la misma, ya sea ésta curativa o preventiva. Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, este estudio se realizó para determinar el comportamiento de los indicadores somatométricos evaluadores del estado nutricional en ratas renutridas y su asociación con las variables de defensa antioxidante.

MÉTODOS

Durante el año en curso, en el ICBP "Victoria de Girón" de Ciudad Habana, se realizó un estudio experimental prospectivo con una muestra de 64 ratas albinas (Wistar) machos al destete. Procedentes de madres en buen estado nutricional y con talla y peso homogéneos obtenidas de CENPALAB. El protocolo de esta investigación fue diseñado en concordancia con la guía para el cuidado y uso de los animales de laboratorio (NRC 1985).⁶ Los animales fueron destetados a los 21 días de sus madres y colocados en jaulas en número de 5. Sus camas se cambiaron diariamente. Disponiendo de agua fresca y alimento de acuerdo a lo diseñado en el experimento, con dieta a libre demanda con ratonina durante 1 semana. Este periodo de tiempo permitió que la

rata se adaptara al cambio de alimentación y desarrollara el aprendizaje de su hábito de roedor. La habitación donde se encontraron los animales contó de adecuada iluminación y dispuso de un técnico encargado de su vigilancia y monitoreo. La eutanasia se practicó por sobredosis de anestésico (pentobarbital sódico) por vía intraperitoneal. Los procedimientos se realizaron sin causarles dolor a los animales.

Para la selección de la muestra se tuvo en cuenta como criterios de inclusión: las ratas hijas de madres sanas con buen estado nutricional, ratas sanas sin malformaciones u otras enfermedades durante el nacimiento y el periodo de lactancia, ratas con buena ganancia de peso en los primeros 21 días de vida y ratas de 21 días con talla y peso homogéneos.

Se excluyeron: las ratas hembras, ratas hijas de madres desnutridas o enfermas, ratas con malformaciones al nacimiento, ratas con enfermedades durante los primeros 21 días o durante el periodo experimental y las ratas que no tengan adecuada ganancia de peso en los primeros 21 días.

Se empleó un esquema de renutrición total posterior a la implementación de una restricción de un 75 % de los requerimientos nutricionales normales para la edad del animal en semanas, que resulta en desnutrición moderada. Se destetaron a partir de los 21 días de nacidos. La dieta fue a libre demanda con ratonina, durante 1 semana. A partir de este momento (28 días) se les realizó una desnutrición moderada con una restricción cuantitativa de un 75 % de los requerimientos. Se diseñaron 2 grupos, el control sano, constituido por 32 animales con alimentación según sus requerimientos normales, durante el mismo periodo de tiempo de desnutrición o renutrición del resto de los animales del grupo experimental. Se les midieron las variables antropométricas semanalmente y se les practicó eutanasia activa en la 4ta, 5ta, 6ta y 7ma semanas en número (n=8) respectivamente, a partir de los 28 días de nacidos. Coincidiendo con el periodo en que se les practicó la eutanasia a los del grupo experimental para comparar los resultados. Posteriormente se les realizó determinación de indicadores somatométricos y de enzimas de defensa antioxidante en suero.

Se inició el periodo de desnutrición moderada de los 32 animales del grupo experimental a partir de los 28 días de nacidos durante 4 semanas. Se les midieron las variables antropométricas semanalmente. A 8 de las ratas se les practicó eutanasia en la 4ta semana de desnutrición y se les realizó el estudio de los mismos elementos. En este instante se inició la recuperación nutricional a libre demanda de las 24 ratas restantes, donde transcurridas 1, 2 y 3 semanas de establecida la misma, se les practicó eutanasia en número de 8 respectivamente para realizarles el estudio.

A partir del diseño experimental se generó toda la información conformando las variables, las cuales son cuantitativas continuas:

VARIABLES SOMATOMÉTRICAS:

- Peso corporal
- Talla
- Longitud de la cola
- Peso de órganos

Los animales de ambos grupos se pesaron y se tallaron semanalmente durante todo el periodo experimental, teniendo en cuenta el hecho bien establecido de que el peso corporal y la talla son indicadores sensibles del estado nutricional y reflejan evolutivamente la calidad y cantidad de la ingesta suministrada.

El peso corporal se tomó en una balanza de mesa de dos platos (Mettler H31AR) previa calibración de este instrumento, en horario de la mañana. Se peso siempre por la misma persona.

La talla se midió colocando al animal en decúbito ventral sobre el papel milimetrado manteniéndolo extendido, tomando como puntos de referencia el hocico y la raíz de la cola. Al igual que el peso se midió por el mismo examinador.

La longitud de la cola se midió extendiéndola sobre el papel milimetrado y tomando como referencia la raíz y la punta de la misma.

Después de la extracción quirúrgica de los órganos, se procedió al peso de los mismos. En el caso de los órganos tubulares, se les extrae su contenido mediante instilación de agua destilada. Se utilizó una pesa digital (Sartorius) previa calibración de este instrumento. Fueron pesados siempre por la misma persona.

Enzimas de defensa antioxidantes (en suero)

- *Actividad de la enzima catalasa (CAT)*

La actividad de la catalasa se realizó por la técnica referida en el procedimiento normalizado de operación del laboratorio, (PNO/TEC/0314). La actividad de la enzima se determina mediante un estudio cinético en el que se monitorea la descomposición del H₂O₂ a pH neutro, midiendo la caída de la absorbancia a una longitud de onda de 240 nm durante 120 segundos. La disminución de la densidad óptica de la solución se usó como medida de la actividad de la enzima catalasa por ser el H₂O₂ el sustrato de esta reacción enzimática.⁷ Los resultados se expresan en micromoles / mL.

- *Actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD)*

La actividad enzimática da SOD se llevó a cabo por un método espectrofotométrico. La técnica se basa en la autooxidación en medio básico que experimenta el pirogalol dando como producto una sustancia que absorbe a 420 nm. La actividad enzimática de la muestra es proporcional a la inhibición que se produce en la producción de pirogalina que es el producto de la autooxidación del reactivo. Una unidad de actividad enzimática se define para SOD como la concentración de la misma que logra inhibir en un 50 % la oxidación del pirogalol.⁸ Se realizó por la técnica referida en el procedimiento normalizado de operación del laboratorio, (PNO/TEC/0326).

Para controlar los errores técnicos de medición, cada determinación fue realizada por el mismo personal técnico calificado, con experiencia. Los análisis se realizaron según las normas existentes en el laboratorio en correspondencia con la bibliografía revisada. La base de datos se confeccionó en Microsoft Excel.

Se comprobó que las variables tuvieron una distribución normal dentro de la muestra estudiada mediante el test de Kolmogorov-Smirnov y se estimaron los parámetros descriptivos básicos: media y desviación estándar en cada uno de los grupos.

Para comparar los grupos se utilizó la prueba T- Student pues sólo existían dos grupos y además todas las variables a comparar son cuantitativas continuas. Para establecer la correlación entre los indicadores se empleó el coeficiente de correlación de rangos de Pearson (r). Los valores obtenidos en el mismo pueden estar entre -1 (una relación negativa perfecta) y +1 (una relación positiva perfecta), donde un valor 0 indica que no existe relación lineal.

Si el valor (r) es positivo existe una relación directa entre ambas variables lo cual significa que las 2 aumentan o disminuyen simultáneamente. Si es negativo, la relación es inversa, es decir, una variable disminuye a medida que la otra aumenta o viceversa. Además a medida que el valor se acerca más a +1 existe mayor asociación entre las variables analizadas.

Los resultados se expresaron en gráficos y tablas. Se consideró toda diferencia estadística significativa para $p < 0,05$. Los datos se procesaron utilizando la versión 15.0 Microsoft del programa SPSS en el soporte Windows XP.

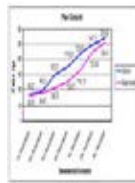
RESULTADOS

Se ha descrito que la malnutrición se asocia con una pérdida de peso y disminución de la talla, considerándose el primer parámetro como el indicador de desnutrición más generalmente utilizado por los clínicos y los investigadores. En animales de experimentación el crecimiento y desarrollo se valora atendiendo a las variaciones del peso corporal y de los órganos, la talla y el tamaño de la cola, variables que no son independientes entre sí sino que se mantienen muy estrechamente relacionadas durante la vida del animal. Sin embargo, el peso corporal tomado aisladamente no es más que un valor relativo y son sus variaciones en el tiempo las que aportan un mayor interés.

Así con el objetivo de evaluar el estado nutricional de los animales durante la investigación, se determinaron las variaciones que estas variables experimentaron durante el periodo de duración del modelo.

Según se puede apreciar en el gráfico 1, durante el período de restricción dietética, en el grupo experimental se constata una disminución marcada del peso corporal (124,71 g) sobre todo en la 4ta semana, pues tenía disminuido el aporte de alimentos a un 75 % de sus necesidades para la edad, existiendo diferencias significativas ($p < 0,05$) en sus valores con respecto al grupo control sano (174,28 g) el cual se mantenía con alimentación normal según los requerimientos. Nótese que en este último la ganancia en el peso fue superior. Ya en el período de realimentación nutricional, el grupo experimental comienza una evidente recuperación en la ganancia del peso (256,11 g) pero manteniéndose disminuida y nunca logra alcanzar la recuperación total de este parámetro antropométrico comparándolo con el grupo control sano (270,89 g). Al comparar ambos grupos al finalizar este período se comprueba que no mostraron diferencias significativas estadísticamente ($p > 0,05$) al respecto, pero el grupo experimental nunca logra valores de normalidad en este indicador.

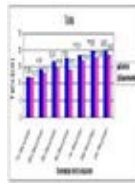
Gráfico 1: Variaciones promedio en el peso corporal de los animales por semanas de duración del experimento



* Si existen diferencias significativas ($p < 0,05$).

En el estudio se incluye la talla pues esta puede ser modificada por la desnutrición. Sería este indicador homólogo a la talla y la mensuración de las diferentes extremidades usadas en humanos. Se conoce que esta se afecta más en los casos en que la desnutrición sea crónica. Al analizar el gráfico 2 se observa que al finalizar la desnutrición existe una disminución de la talla de los animales del grupo experimental (14,11 cm) con respecto al control (17,59 cm). Durante la etapa de realimentación, aunque el grupo experimental no logra alcanzar valores normales, es necesario destacar que se aprecia una tendencia a la mejoría en el estado nutricional del grupo recuperado nutrimentalmente (18,43 cm) con respecto a su etapa de desnutrición, no existiendo diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre este y el control (20,07 cm).

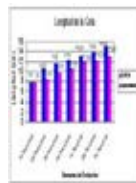
Gráfico 2: Variaciones promedio en la talla de los animales por semanas de duración del experimento



** No existen diferencias significativas ($p>0.05$)

Al analizar las variaciones en la longitud de la cola de los animales representadas en el gráfico 3, se pudo detectar que la misma durante la desnutrición disminuye en el grupo experimental (11,51 cm) con respecto al control (12,39 cm). Donde además se evidencia una mayor afectación de la misma en igual periodo con respecto a las apreciadas en la talla. Al término de la realimentación se obtiene una recuperación de este parámetro en el grupo experimental (14,02 cm) pero sin alcanzar los valores de normalidad del control (15,05 cm). Al analizarlo estadísticamente no existen diferencias significativas ($p>0.05$) al respecto.

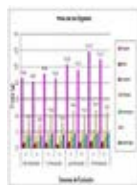
Gráfico 3: Variaciones promedio en la longitud de la cola de los animales por semanas de duración del experimento



** No existen diferencias significativas ($p>0.05$).

El gráfico 4 muestra el grado de afectación del peso de los órganos durante el período de desnutrición y recuperación nutrimental al cual fueron sometidos los animales. Se pudo comprobar una disminución evidente del peso de los mismos durante la desnutrición, siendo más marcada a nivel del intestino delgado (2,88 g) y el hígado (8,02 g) del grupo experimental con respecto al control (3,41 g) y (8,46 g) respectivamente, existiendo diferencias significativas estadísticamente ($p<0.05$). A partir del período de realimentación del grupo experimental, se evidencia, un aumento en el peso del hígado (10,71 g) y del intestino delgado (4,41 g) pero al compararlos con respecto al control (11,77 g) y (4,75 g) respectivamente, existen diferencias significativas estadísticamente ($p<0.05$).

Gráfico 4: Variaciones promedio en el peso de los órganos de los animales por semanas de duración del experimento



* Si existen diferencias significativas ($p < 0.05$).

La tabla 1 muestra la correlación existente entre las enzimas catalasa y superóxido dismutasa con los indicadores somatométricos en el grupo desnutrido y el realimentado nutrimentalmente durante el periodo experimental. Al analizar los resultados se evidencia que existe asociación entre los valores de dichas enzimas y la evolución de los parámetros estudiados pues todos los valores obtenidos en los resultados fueron positivos. Otro elemento a destacar es que se detecta sólo una correlación estadísticamente significativa entre las enzimas y el peso corporal de las ratas de ambos grupos pues en ellos es donde se encuentra que los valores obtenidos se aproximan más a +1. El resto de los valores no tienen significación estadística en este sentido por encontrarse más alejados de este valor, pero al ser todos positivos, si se mantiene una evidente correlación.

Tabla 1: Correlación de las enzimas catalasa y superóxido dismutasa con los indicadores somatométricos.

Enzimas	Semanas	Grupos	Peso corporal	Talla	Longitud de Cola
Catalasa	4ta Desnutrición	Control	0,605081	0,393310	0,136071
	4ta Desnutrición	Experimental	0,573589	0,321994	0,123075
	1ra Recuperación	Control	0,595964	0,387564	0,133532
	1ra Recuperación	Experimental	0,562675	0,315342	0,127564
	2da Recuperación	Control	0,596231	0,306438	0,134325
	2da Recuperación	Experimental	0,577124	0,387453	0,127654
	3ra Recuperación	Control	0,581453	0,378329	0,137654
	3ra Recuperación	Experimental	0,577645	0,387342	0,128651
Superóxido Dismutasa	4ta Desnutrición	Control	0,575238	0,383811	0,116451
	4ta Desnutrición	Experimental	0,513239	0,311454	0,103015
	1ra Recuperación	Control	0,576521	0,384352	0,117432
	1ra Recuperación	Experimental	0,515432	0,312314	0,104532
	2da Recuperación	Control	0,577652	0,385612	0,121234
	2da Recuperación	Experimental	0,519871	0,313421	0,107865
	3ra Recuperación	Control	0,581231	0,391231	0,123421
	3ra Recuperación	Experimental	0,523215	0,321412	0,113214

Fuente: Base de datos del estudio.

DISCUSIÓN

El sostén alimentario del estado nutricional es una parte insuperable de la vida, de su duración y calidad. Para abastecer y mantener el metabolismo, la función biológica más importante de todas, se necesita el aporte regular y sistemático de un conjunto de sustancias químicas conocidas con el nombre genérico de nutrimentos, contenidos preferentemente en los distintos tipos de alimentos que conforman la dieta del individuo.

A través de la digestión, secreción y absorción de los nutrientes, realizadas por el sistema digestivo, se garantiza que puedan ser utilizados para los procesos metabólicos celulares. Cuando se proporcionan todos los nutrientes necesarios balanceadamente, lográndose una sinergia adecuada, se maximiza la potencia de estos, al optimizar nuestro sistema natural de antioxidantes, inmunológico y de reparación. De esta forma el estrés oxidativo puede ser controlado y nuestra salud estará protegida.

En el diagnóstico y monitoreo de los estados de malnutrición es importante la evaluación nutricional, la cual reúne indicadores de diversos tipos: antropométricos, bioquímicos e inmunológicos, con fines diagnósticos, de pronóstico y monitoreo, pudiéndose evaluar las intervenciones terapéuticas y nutrimentales adecuadamente.

En esta investigación se realiza la evaluación de varios indicadores del estado nutricional, comenzando con el análisis de las variables somatométricas.

Es conocido que la recuperación nutricional general del organismo depende en gran medida de la composición del alimento. Existe evidencia que, elevar el aporte calórico, mediante el enriquecimiento de la dieta, acelera el proceso de recuperación de los parámetros antropométricos. Estos hallazgos son similares a los encontrados por autores^{9,10} que usaron una dieta suplementada con vitamina C, E en ratas desnutridas en crecimiento y observaron una mayor ganancia de peso en el grupo con la dieta suplementada que en los que tuvieron una dieta normal. En estudios revisados¹¹ se corroboró que la administración de una dieta rica en selenio y carotenoides aumenta la ganancia de peso, en su estudio obtuvo que existe recuperación parcial de los parámetros antropométricos de un grupo de ratas desnutridas a pesar de utilizar la alimentación a libre demanda. Al analizar la recuperación nutricional en ratas adultas se comprobó que su peso y talla se recuperaban más rápidamente al reparar la mucosa intestinal que en las ratas desnutridas en las que se usaba alimentación normal.⁶

En el análisis del peso corporal al abordar la evaluación nutricional es necesario conocer que, aparte de las diferencias naturales determinadas por el sexo, el compartimento graso representa aproximadamente del 20 al 30 % del peso corporal y constituye una importante reserva de energía para el organismo y es el primero en afectarse cuando se instaura una desnutrición y la realimentación. El compartimento magro representa el compartimento hístico más importante de la economía, porque concentra a la proteína corporal, sustrato estructural de los tejidos activos metabólicamente. La proteína hística se distribuye a su vez en dos compartimentos: el muscular esquelético y el visceral.

El compartimento muscular representa el 30 al 35 % del peso corporal y aunque constituye una reserva energética de tercer orden en los estados de ayuno prolongado, el tejido muscular se convierte en una fuente de energía de primer orden en los estados clínicos de respuesta a la agresión, entonces la variación del peso observada en este estudio durante el período de restricción y realimentación dietética puede interpretarse como un reducción y/o aumento paralelo de estos dos compartimentos. Durante el periodo de realimentación se produce un restablecimiento entre el aporte y las necesidades de energía y nutrientes, lo cual conduce a cambios en el organismo animal que inducen a la recuperación de los compartimentos corporales y por ende del peso. Durante el proceso de renutrición existe una tendencia a la recuperación morfológica de la mucosa intestinal y de su funcionalidad⁶, lo cual posibilita la mejoría en aporte de nutrientes, lo que unido al aumento en el aporte exógeno, mejora el cuadro nutricional y a su vez induce a la disminución de la utilización de las grasas de reserva y de las proteínas para obtener energía. Esto constituye la explicación al

porqué tiende a aparecer una recuperación en el compartimento graso y muscular y por ende el aumento del peso corporal durante la renutrición.

La recuperación de la talla evidenciada en los animales durante el periodo experimental, está en plena concordancia con otros investigadores^{9,11} que plantean que los cambios en esta suceden a más largo plazo que los de la cola que se mueve linealmente con el peso corporal. Las variaciones en la talla se corresponden con una desnutrición de tipo crónica lo que evidencia la pertinencia del modelo utilizado. Esta tendencia a la recuperación es posible porque al disminuir el desequilibrio entre el aporte y las necesidades de energía y nutrientes, así como el grado de afectación de los compartimentos corporales comienzan a aparecer una disminución del catabolismo proteico como fuente de energía, lo cual permite la síntesis de este importante elemento determinante en el crecimiento. Como resultado de esto mejorará también el crecimiento y desarrollo de los mismos.

El aumento en la longitud de la cola manifiesta en el grupo experimental durante la renutrición se corresponde con lo planteado por autores.^{9,11} En su estudio también existió una tendencia a la recuperación de este indicador del estado nutricional en el grupo recuperado nutrimentalmente con respecto al alimentado con dieta normal, sin alcanzar valores de normalidad, no existiendo diferencias significativas $p > 0.05$ desde el punto de vista estadístico. La evolución favorable de este parámetro es posible por la recuperación del equilibrio entre el aporte y las necesidades de energía y nutrientes, lo cual logra una disminución del catabolismo proteico como fuente de energía, favoreciendo la síntesis de esta biomolécula, determinante en el crecimiento.

Al analizar el incremento del peso de los órganos de los animales estudiados, se puede plantear que existe una tendencia a la recuperación de la morfofunción de los mismos. Esto evidencia una mejoría en el estado nutricional de los animales del grupo experimental aunque sin alcanzar la normalidad. Cuando hablamos de tracto intestinal pensamos simultáneamente en la vía idónea y natural utilizada para la alimentación, además se le reconocen funciones asociadas al proceso que permiten identificarlo como órgano inmune, ecosistema, cerebro intestinal, también se reconoce al sistema gastroenterohepático como la mayor glándula endocrina del organismo.¹

La morfofunción intestinal se ve alterada en la desnutrición, lo cual repercute marcadamente de forma negativa en toda la economía corporal pues no se aportan los requerimientos nutricionales necesarios. Durante la realimentación nutrimental se logra revertir esta situación y por lo tanto mejora la absorción de los nutrientes. La incorporación de las proteínas, lípidos y oligoelementos adecuados, disminuye el catabolismo, favoreciéndose la ganancia de peso de los órganos y el crecimiento general del animal.

Con estos resultados se puede observar que durante la restricción dietética a medida que disminuyen los valores de la enzima catalasa, disminuye el peso corporal, la albúmina, el conteo de los linfocitos y el peso del intestino delgado en los animales estudiados. Mientras que durante el periodo de renutrición a medida que aumentan los valores de la enzima catalasa, existe una recuperación del resto de los indicadores, manteniéndose la misma asociación.

Se concluye que durante la realimentación tras desnutrición moderada existe un aumento de los niveles de defensas antioxidantes en suero y una evidente recuperación de los parámetros somatométricos. Además se evidencia asociación directa entre ambos parámetros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. León Rodríguez R, Santana Porbén S, Collazo Herrera M, Barreto Penié J. Costo-efectividad de intervenciones alimentario-nutrimientales vs. hospitalización en pacientes colorrectales. Rev Cubana Farm [Internet].

- 2003 [citado 10 Ene 2012];37(1). Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/far/vol37_1_03/far02103.htm
2. Clúa Calderín AM, Gutiérrez Campo L, editores. Anuario Estadístico de Salud [Internet]. La Habana: Dirección Nacional de Estadística; 2012 [citado 20 Ene 2012]. Disponible en: <http://files.sld.cu/dne/files/2012/04/anuario-2011-e.pdf>
 3. Kukuruzovic RH, Brewster D. Milk formulas in acute gastroenteritis and malnutrition: a randomized trial. *J Pediatrics Child Health* [Internet]. 2002 Dec [cited 2012 Feb 10];38(6). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12410869>
 4. Tannuri U, Carrazza FR, Iriya K. The effects of glutamine supplemented diet on the intestinal mucosa of the malnourish rats. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo* [Internet]. 2000 May-Jun [cited 2012 Feb 10];55(3). Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0041-8781200000300004&script=sci_arttext
 5. Dudley MA, Wykes L, Dudley AW Jr, Fiorotto M, Burrin DG, Rosenberger J [et al]. Lactase phlorizin hydrolase synthesis is decreased in protein malnourished pigs. *J Nutr* [Internet]. 1997 May [cited 2012 Feb 10];127(5). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9164987>
 6. Fernández Hernández J, Heuze de Icaza YM. El programa interno para el cuidado y uso de los animales de laboratorio en las instituciones biomédicas docentes, de investigación científica e industria farmacéutica. *Acta Bioeth* [Internet]. 2007 Jun [citado 25 Mar 2012];13(1). Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-569X2007000100003&lng=es.
 7. Balcells A. La clínica y el laboratorio. 20th edición. Barcelona: Interamericana-McGraw-Hill; 2005.
 8. Ozdemirler G, Mehmetçik G, Oztezcan S, Toker G, Sivas A, Uysal M. Peroxidation potential and antioxidant activity of Serum in patients with diabetes mellitus. *Horm Metab Res* [Internet]. 2006 [cited 2012 Feb 10];27(4). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7750904>
 9. Waitzberg L, Ravacci R, Raslan M. Desnutrición hospitalaria. *Nutr Hosp* [Internet]. 2011 Abr [citado 21 Mar 2012];26(2). Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000200003&lng=es.
 10. Dudley MA, Wykes L, Dudley AW Jr, Fiorotto M, Burrin DG, Rosenberger J [et al]. Lactase phlorizin hydrolase synthesis is decreased in protein-malnourished pigs. *J Nutr* [Internet]. 1997 May [cited 2012 Feb 10];127(5). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9164987>
 11. Ciliberto H, Ciliberto M, Briend A, Ashorn P, Bier D, Manary M. Antioxidant supplementation for the prevention of kwashiorkor in Malawian children: randomized, double blind, placebo controlled trial. *BMJ* [Internet]. 2005 May [cited 2012 Feb 10];330(7500). Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15851401>