

NUEVOS CONCEPTOS SOBRE VIEJOS ASPECTOS DE LA DESNUTRICION

Seminario

Organizado por la

ACADEMIA MEXICANA DE PEDIATRIA

- d) Efecto de la inactividad sobre el crecimiento de ratas alimentadas con una dieta adecuada, a niveles de ingestión calórica normal, y restringidos*

FERNANDO E. VITERI, M.D., D.Sc.**

Es un hecho de todos conocido que las deficiencias proteínica y calórica se caracterizan por alteraciones en el crecimiento del niño y de animales jóvenes. Se sabe también que un crecimiento armónico requiere la coexistencia de normalidad en cuanto a balance endocrino, nutrición, estímulos tanto de orden mental como físico, y ausencia de enfermedad. En efecto, diversas endocrinopatías, la falta de estímulo emocional y la restricción de actividad física forzada por diversas causas tales como inmovilización total o de segmentos corporales, se traducen en un crecimiento inadecuado del organismo en su totalidad, o del segmento inmovilizado. Este defecto en crecimiento afecta no sólo la masa corporal o del segmento en sí, sino también su longitud.¹

Investigaciones recientes realizadas por el INCAP a nivel de la población centroamericana, indican que la deficiencia calórica es muy común, tanto en niños como en adultos.^{2,3} Los estudios de composición corporal, de niveles de actividad y de gasto calórico basal y total efectuados en personas adultas³ demuestran que individuos que consumen una dieta que en promedio aporta 2,690 calorías, mantienen un gasto calórico basal adecuado para su masa proteínica corporal. Esta última se presenta sólo ligeramente reducida, y los sujetos logran un equilibrio calórico reduciendo su gasto energético por actividad. Asimismo, los estudios en niños con deficiencia calórica moderada indican igualmente, que su masa

* Jefe de la División Biomédica del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Guatemala, C. A.

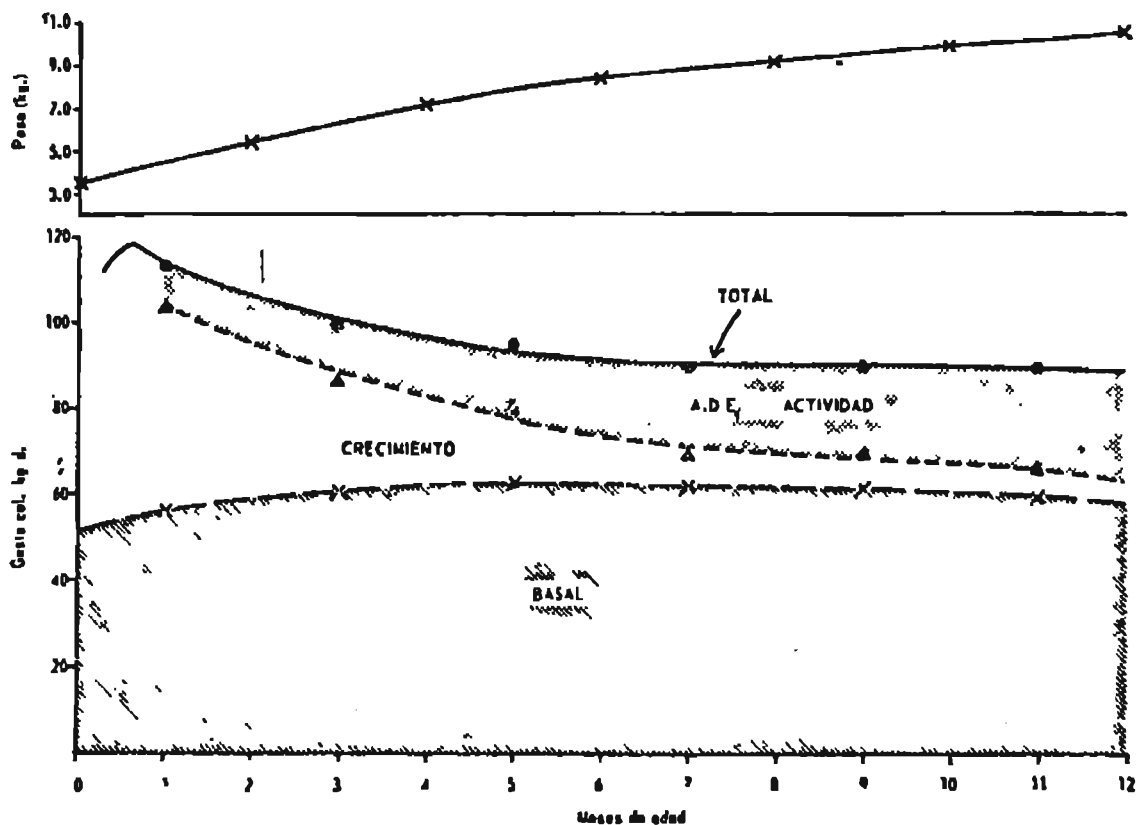
proteínica corporal puede estar cercana a lo normal;^{4, 5} que su gasto calórico basal por unidad de masa protéica es normal, y que su nivel de actividad física es reducida.^{6, 7} Estos niños presentan un déficit no sólo en peso (adiposidad reducida) sino también en talla. Por otro lado, el profesor J. Mayer⁸ ha encontrado que una característica de diversos procesos patológicos en el niño es la disminución en su actividad física, la que aún precede por varios días cualquier otra manifestación de enfermedad. Parece ser, pues, que una característica común de la deficiencia calórica y de "enfermedad", es un descenso en el nivel de actividad física; asimismo, ambos procesos conllevan una reducción en la velocidad de crecimiento.^{9, 10}

Sin lugar a dudas, el crecimiento físico requiere un gasto energético cuya magnitud ha sido establecida en animales.¹¹ En los humanos, en cambio, la evidencia actual sobre los requerimientos calóricos por gramo de tejidos de crecimiento depositado, todavía no han sido establecidos en definitiva.

Sin embargo, los datos disponibles¹²⁻¹⁴ revelan que después de los 5 meses de edad, las necesidades calóricas diarias del niño, para su crecimiento, expresadas por kg. de peso corporal, no llegan a 15 calorías (Fig. 1). A esa edad, el requerimiento calórico total es de 95 cal./kg/día, y el gasto calórico basal, de 60 cal./kg/día. Al año de edad, estas cifras son de 90 y 59, respectivamente. Las calorías necesarias para crecimiento, a esta edad, suman únicamente 5 cal./kg/día, mientras que el gasto calórico por acción dinámica específica y actividad suman 26 cal./kg/día. Si se considera la analogía entre el adulto y el niño, en el sentido de que una ingestión calórica deficiente se traduce en una franca disminución en actividad, cabría pensar que —aun cuando reciba únicamente el 80% de sus requerimientos calóricos— un niño de 5 meses tendría *disponibles* las calorías necesarias para su crecimiento al reducir su gasto energético por actividad. Al año de edad esta cifra sería del 70% de sus requerimientos calóricos, porcentaje que aún disminuiría más a medida que avanza en edad. De ser así, la inactividad relativa inducida por la deficiencia calórica podría ser un factor de importancia en cuanto a retrasar el crecimiento.

Las experiencias que a continuación se relatan constituyen un primer intento en tratar de esclarecer el papel que la inactividad

física pueda desempeñar como factor determinante en el retraso del crecimiento de ratas jóvenes con ingestión calórica restringida.



Incap 77-827

FIG. 1. Gasto calórico total kg/día y peso corporal de un niño de referencia, desde el nacimiento hasta 1 año de edad. Se diferencian los aportes del gasto calórico basal, por crecimiento, y por acción dinámica específica y actividad.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el desarrollo de esta serie de estudios se utilizaron ratas Wistar, macho, de la colonia del INCAP, de 21 días de edad y recién destetadas. En cada experimento se integraron por lo menos dos grupos, cada uno con un mínimo de 5 animales. En cada ensayo uno de los grupos fue sometido a inactividad en jaulas metabólicas diseñadas a modo de mantener a las ratas con movilidad restringida (ratas inactivas), y el otro se mantuvo en jaulas metabólicas usuales, en las que podían moverse libremente; además

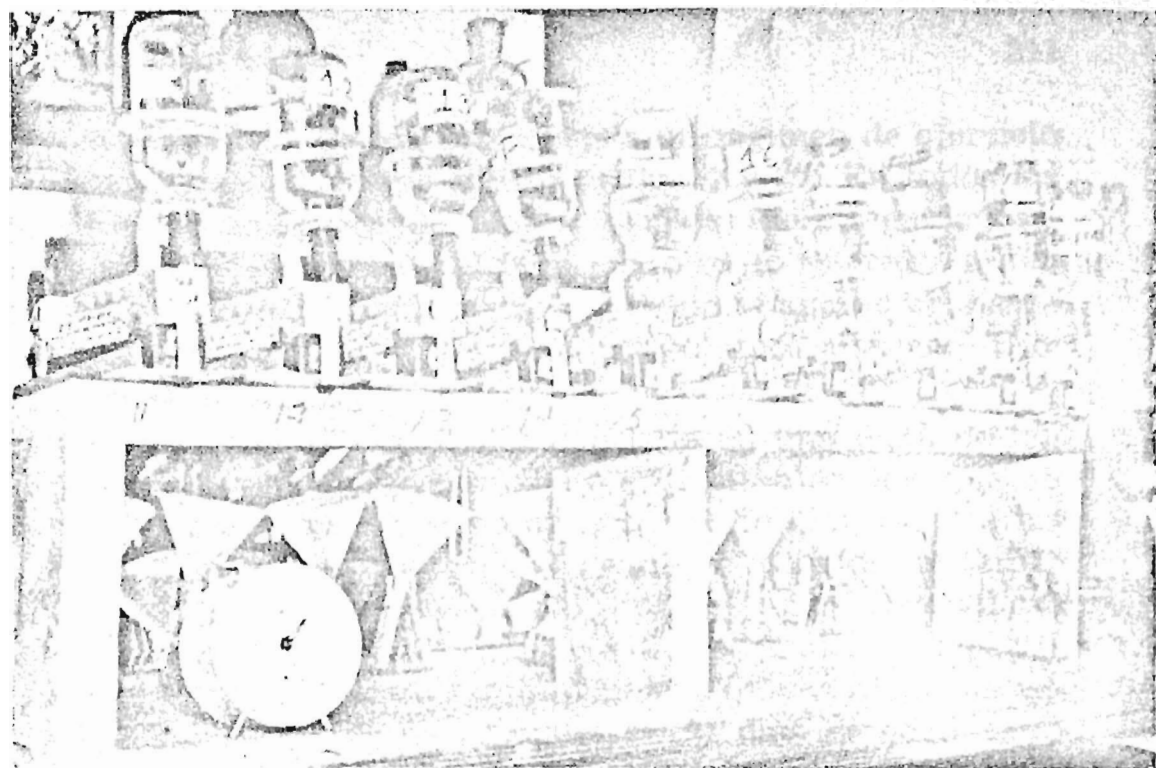


FIG. 2. Condiciones en que se mantuvieron las ratas inactivas (jaulas metabólicas de movilidad restringida).



FIG. 3. Ratas activas ejercitándose en el tambor giratorio.

las ratas de este grupo fueron sometidas a un régimen de ejercicio en un tambor giratorio (ratas activas) (Figs. 2 y 3). En todos los experimentos los animales de ambos grupos fueron cuidadosamente parcados, tanto en base al peso como en lo referente a longitud, medida de la punta de la nariz al isquion. Cada experimento tuvo una duración de 32 a 37 días. La temperatura ambiente promedio fue de 23°C.

La alimentación de los animales consistió en una dieta de Purina* que, en uno de los primeros experimentos en los que se usaron tres grupos de ratas, se administró *ad libitum*, tanto a las ratas activas como a las inactivas, al igual que a las de un tercer grupo de animales que también se alojaron en jaulas metabólicas usuales, pero sin actividad adicional (ratas normales). A partir de los datos obtenidos en este experimento, la misma dieta fue administrada a otros grupos de animales de 21 días de edad, pero

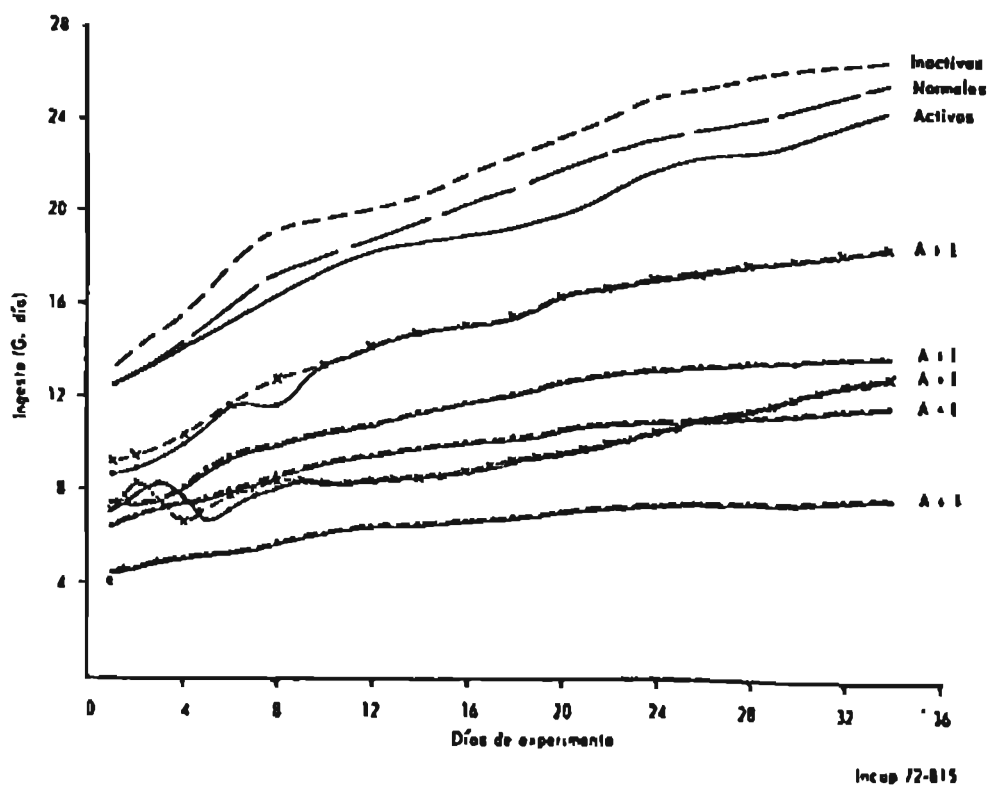


FIG. 4. Ingestión de dieta de los distintos grupos experimentales. A = ratas activas; I = ratas inactivas.

* Esta contiene: proteína, 23%; grasa, 4.1% fibra cruda, 5.8%; cenizas, 8.6%, más vitaminas y minerales. Su contenido de calorías es de 3.4 por gramo.

que únicamente satisfacía el 73%, el 49% y el 33% de la dieta completa (normal), en ese orden. En todos los experimentos las ratas tuvieron libre acceso al agua.

El consumo de alimento se midió diariamente a la misma hora del día en todos los animales. La figura 4 muestra la ingestión, por rata, en los distintos experimentos, expresada en gramos de alimento por día.

A las ratas inactivas se les dejó en libertad dos horas diarias, mientras que a las activas se les sometió a ejercicio progresivo distribuido en dos periodos. Este se inició la primera semana, y consistió en hacerlas caminar 82.5 metros en 5 minutos, dos veces por día. A partir de esta semana el régimen de ejercicio se aumentó a razón de 5 minutos por período, por semana, llegando de esta manera a forzar a los animales a caminar un total de 312.5 metros por período de 25 minutos en la quinta semana del experimento (total de ejercicio: 625 metros en 50 minutos). El régimen de ejercicio se mantuvo 5 días a la semana; los dos días restantes fueron dedicados a la recolección cuantitativa de orina y heces en ambos grupos. Los dos sistemas de colección de excretas (jaulas metabólicas usuales y jaulas diseñadas para restricción de actividad) fueron cuidadosamente evaluados, no encontrándose diferencias significativas entre los balances obtenidos en ratas de distintas edades, alternando los dos sistemas. Todos los animales fueron pesados y medidos longitudinalmente al término de cada periodo de colección de orina y heces. Al final del experimento las ratas se sacrificaron por decapitación para análisis de composición corporal.

Además de los grupos ya indicados y con el fin de realizar estudios de composición corporal se analizaron también ratas normales sacrificadas a dos días de intervalo, desde los 21 hasta los 57 días de edad. Ajeno a las mediciones ya citadas, en estos animales se midió también su consumo de oxígeno basal (VO_2 basal) inmediatamente de ser sacrificados. Además, a lo largo de todo el experimento el VO_2 basal fue medido en ratas activas e inactivas. Para este propósito se estudiaron diariamente, de manera rotativa, una rata activa y una inactiva 5 días a la semana. Así, a cada rata de cada uno de los grupos se le midió el VO_2 basal dos veces durante la duración del estudio. Para practicar esta medición los

animales fueron ligeramente anestesiados por medio de una inyección intraperitoneal de nembutal sódico.*

Tanto en el alimento ingerido como en orina y heces, se determinó el contenido de nitrógeno total por el método de Micro Kjeldahl¹⁵ y el de potasio³ por fotometría de llama. Por otra parte, tanto en las heces como en el alimento se determinó grasa total, aplicando el método de Van de Kamer, modificado.¹⁰

En los animales sacrificados se efectuaron las siguientes mediciones: peso del carcás total eviscerado, hígado, vísceras, testículos, glándulas suprarrenales, tiroides y músculo cuádriceps. Asimismo, se determinó la cantidad de nitrógeno total y de grasa por los métodos de Micro Kjeldahl y de extracción por solventes,¹ respectivamente.

Con el fin de establecer si los grupos activo e inactivo estaban sometidos a diferente "stress", se midió tanto la excreción urinaria de 17-hidroxycorticosteroides (17-OH) por el método de Reddi,¹⁷ como la eliminación de ácido vanilmandélico (A.V.M.) por el procedimiento de Hycel.¹⁸

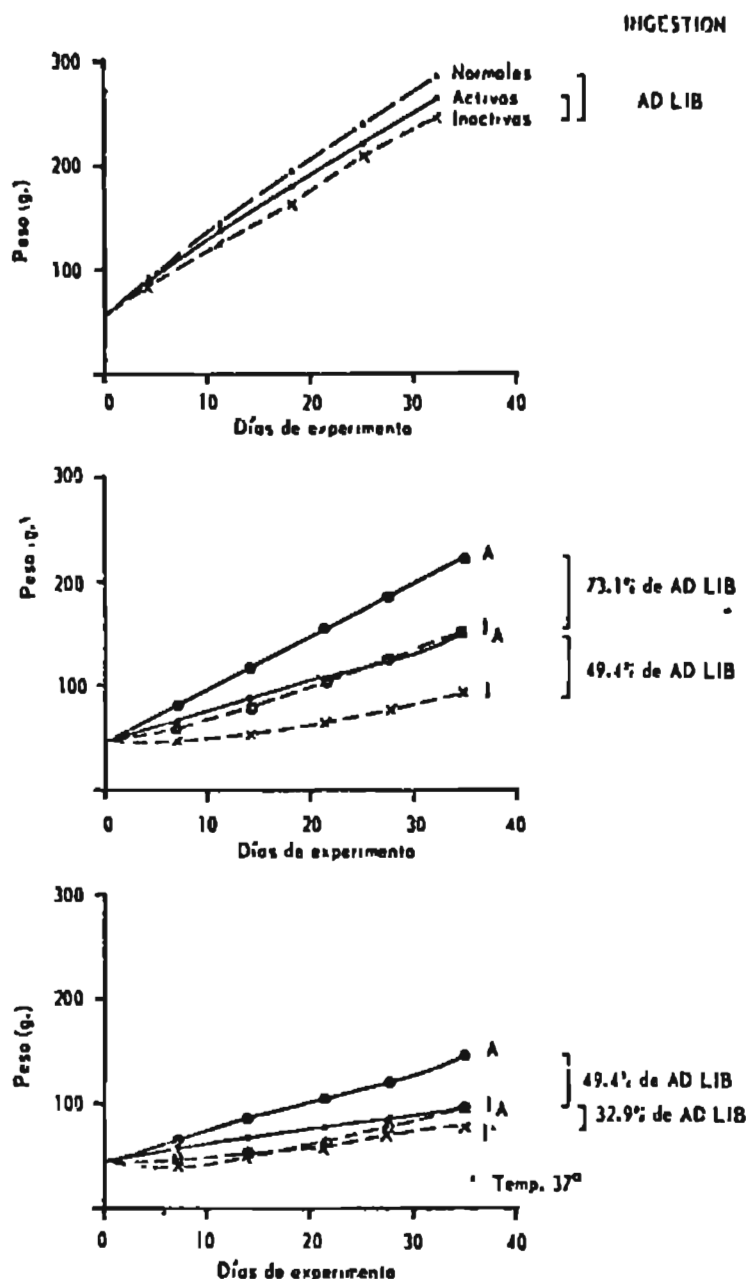
RESULTADOS

Exceptuando las ratas inactivas, que fueron mantenidas con una ingestión equivalente a 33% de la dieta normal, todos los animales sobrevivieron al período que abarcaron los experimentos. Para lograr que el grupo inactivo mencionado sobreviviera, sin embargo, fue necesario mantener a las ratas a una temperatura ambiente promedio de 37°C.

Crecimiento en peso y talla

Los pesos de las ratas normales, activas e inactivas, que recibieron alimentación completa *ad libitum*, así como el de las ratas activas e inactivas cuyas dietas satisfacían 73, 49 y 33% de dicha ingestión, se detallan en la figura 5. Según revelan los datos, en todos los grupos estudiados las ratas inactivas acusaron menor incremento ponderal que las ratas activas, siendo máxima la diferencia en los grupos cuya ingesta era de 73% de la dieta *ad libitum*.

* Producto de la Casa Abbott.



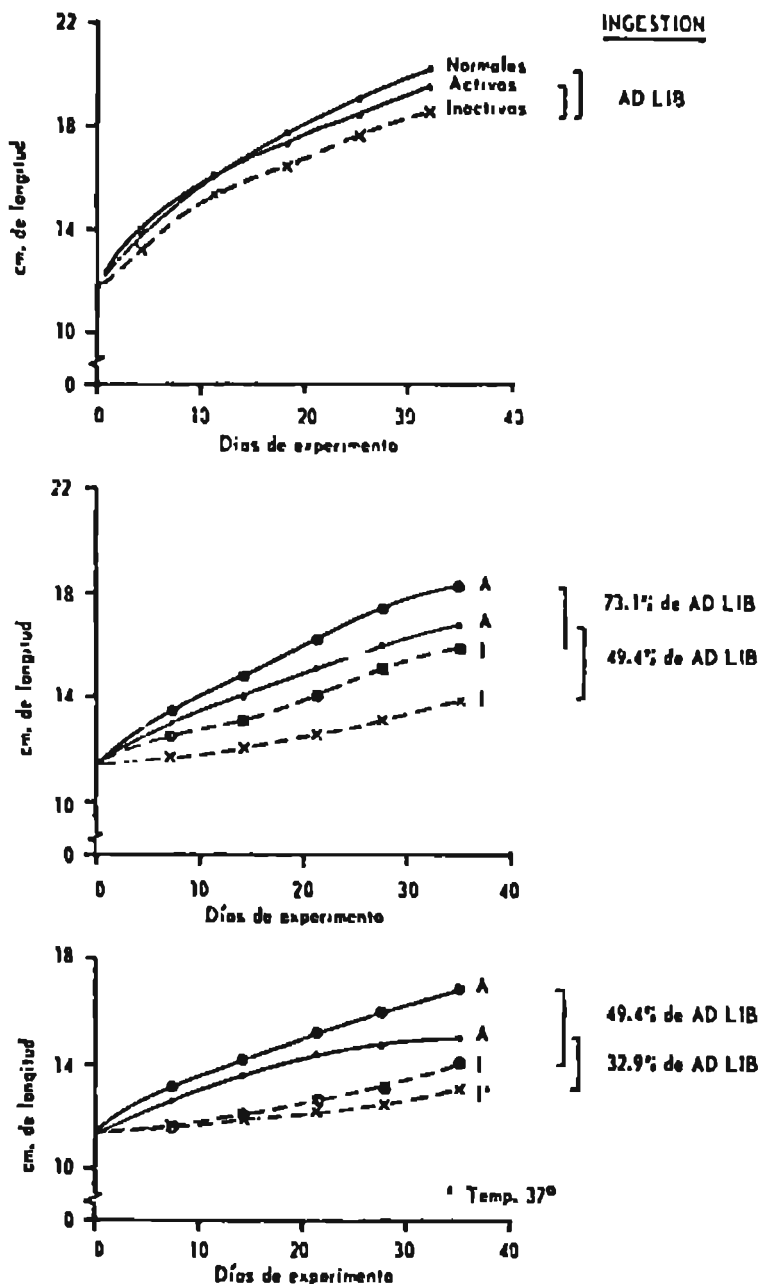
Incap 72-817

FIG. 5. Peso de ratas sometidas a regímenes de actividad e inactividad con distintas ingestiones de dieta completa. A = ratas activas; I = ratas inactivas.

El peso final del grupo de las ratas inactivas con una ingestión de 73%, fue igual al del grupo activo que ingirió 49%. El mismo hecho ocurrió entre los animales inactivos y los activos que consumieron 49 y 33% de la ingestión *ad libitum*, respectivamente. A

excepción de los grupos alimentados con la dieta libre, las diferencias ponderales entre las ratas activas e inactivas alcanzaron significancia estadística.

En la figura 6 se exponen los resultados obtenidos en los mis-



Incap 72-819

FIG. 6. Longitud de ratas sometidas a regimenes de actividad e inactividad con distintas ingestiones de dieta completa. A = ratas activas; I = ratas inactivas.

mos grupos, esta vez en términos de longitud. A diferencia del peso, la talla de las ratas activas con ingestiones sucesivamente menores fue mayor que las ratas inactivas alimentadas con ingestas a niveles inmediatamente superiores. En términos de longitud, la diferencia máxima entre grupos se observó en los animales que consumieron 49% de la dieta *ad libitum*. Todas las diferencias en longitud entre grupos activos e inactivos fueron significativas.

Las ecuaciones de regresión entre cambios de peso expresado en gramos, y cambios de talla, en centímetros, ocurridos en un lapso de 32 días y analizados en relación con el porcentaje de la ingesta normal, se obtuvieron a partir de los datos de distintos experimentos (Fig. 7). Dichas ecuaciones indican que tanto las ratas activas como las inactivas aumentaron de peso de manera

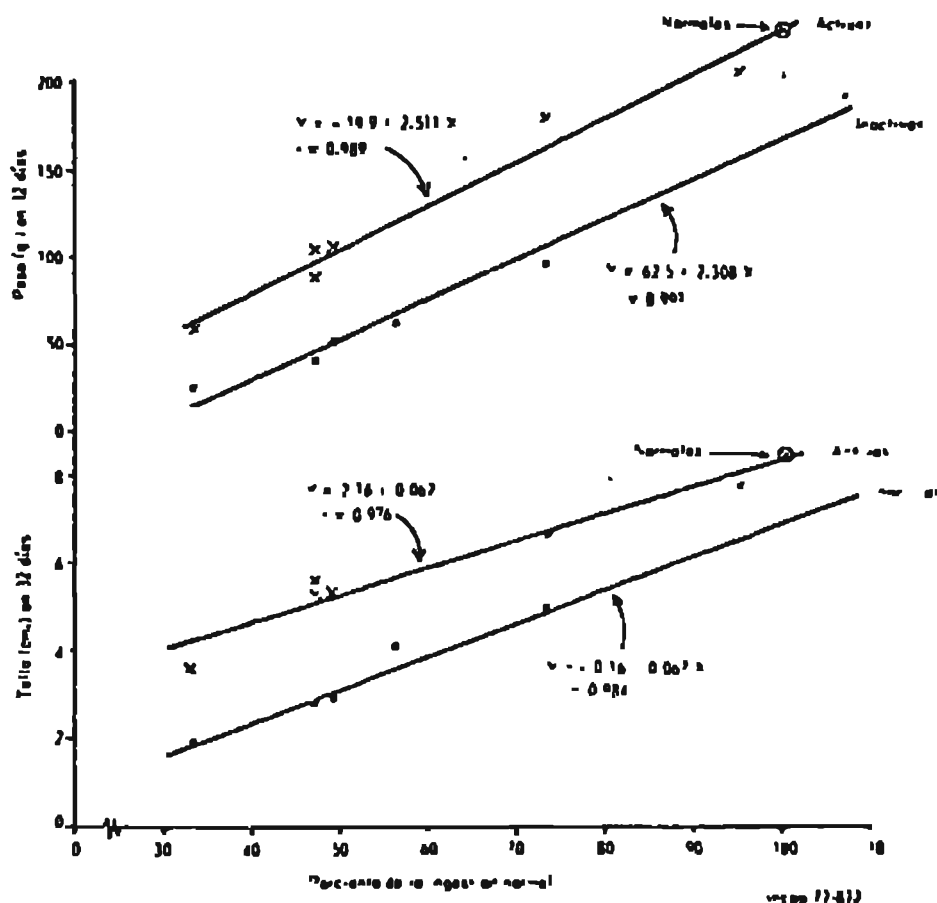


FIG. 7. Cambios en peso y en talla, en 32 días, de los distintos grupos de ratas sometidas a regímenes de actividad e inactividad, de acuerdo al por. ciento del consumo de alimento en relación a la ingesta normal.

linear a medida que la ingestión de alimento también aumentaba. Sin embargo, en términos de incrementos ponderales, examinados esta vez en relación con igual consumo de alimentos, las ratas inactivas se mantuvieron siempre por debajo de las activas. Las líneas trazadas a través de los puntos correspondientes a los grupos activos pasan por los puntos obtenidos en ratas normales. La eficiencia de utilización del alimento (g. de alimento consumido/g. de aumento de peso en 32 días) difirió significativamente entre los grupos de animales activos e inactivos. Los valores promedio obtenidos en los distintos grupos que incluyó el estudio se muestran en el Cuadro 1.

CUADRO 1

EFICIENCIA DE UTILIZACION DEL ALIMENTO EN GRUPOS DE RATAS NORMALES, ACTIVAS E INACTIVAS, QUE CONSUMIERON *AD LIBITUM* UNA DIETA ADECUADA Y EN CANTIDADES RESTRINGIDAS

<i>Ingestión de alimento</i>	<i>Grupos estudiados</i>	<i>Eficiencia de utilización del alimento (g. de alimento consumido g. de aumento de peso en 32 días)</i>	<i>Eficiencia de utilización del alimento (% de lo normal)</i>	<i>Razón de eficiencia: inactivas en relación a activas</i>
<i>Ad libitum</i>	Normales	30	100	—
<i>Ad libitum</i>	Activas	32	94	
<i>Ad libitum</i>	Inactivas	39	77	0.79
73% de dieta <i>ad libitum</i>	Activas	27	111	
	Inactivas	54	56	0.50
49% de dieta <i>ad libitum</i>	Activas	36	83	
	Inactivas	77	39	0.47
33% de dieta <i>ad libitum</i>	Activas	46	65	
	Inactivas*	83	36	0.55

* Mantenidas a 37°C.

Retención de nitrógeno y de potasio, y absorción de grasa

En contraposición a lo que se esperaba, parece ser que en todos los experimentos el grupo de ratas inactivas retuvo mayor cantidad de nitrógeno que el grupo activo (Fig. 8). Esta mayor retención de nitrógeno se debe a un descenso en la eliminación urinaria, ya que la absorción aparente de nitrógeno es idéntica y normal en todos los grupos, promediando 73% del nitrógeno inge-

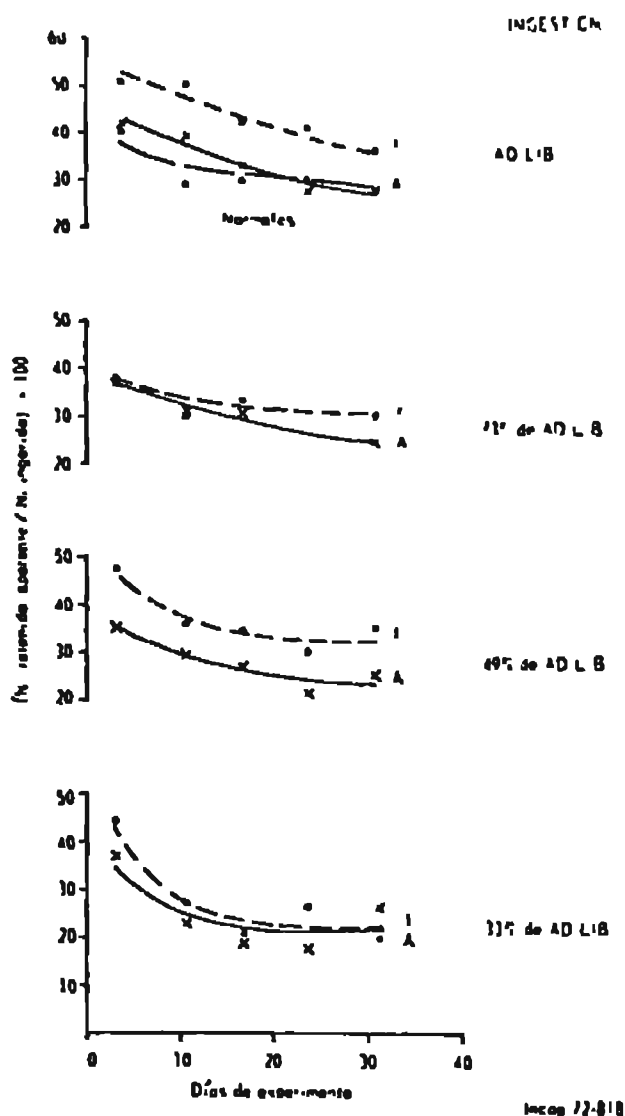
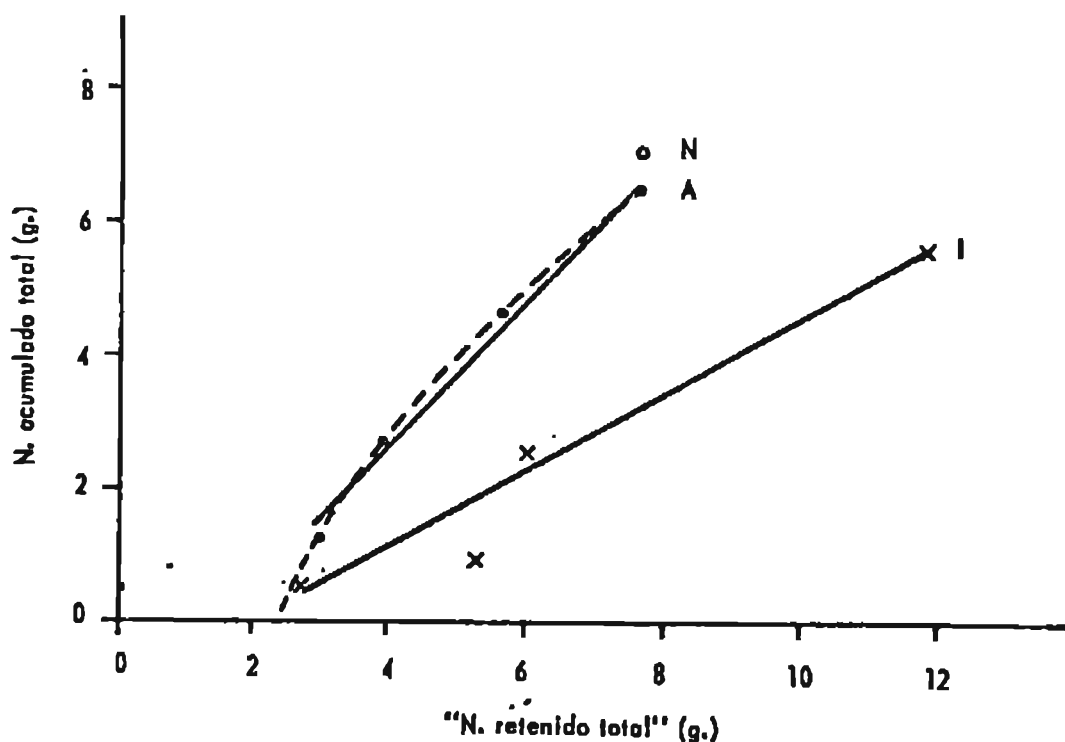


FIG. 8. Nitrógeno retenido, en por ciento del ingerido, de ratas sometidas a regímenes de actividad e inactividad con distintas ingestiones de dieta completa. A = ratas activas; I = ratas inactivas.

rido. En términos de grasa absorbida, tampoco se observaron diferencias significativas entre los grupos activos e inactivos, obteniéndose absorciones promedio de grasa de 81%.

La retención de potasio arrojó cifras de 3.37 miliequivalentes de K retenido/g. de nitrógeno en los grupos activos, mientras que en los inactivos dicha razón fue significativamente menor, alcanzando cifras hasta de 1.57 miliequivalentes de K/g. de nitrógeno "retenido".

Si el nitrógeno "retenido" total y el nitrógeno acumulado total se calculan en base a los análisis de nitrógeno efectuados en el cuerpo total de las ratas a los 21 días de edad y al final de los experimentos (Fig. 9), se observa que el grupo de ratas activas acumuló 0.54 g. de N/g. de N retenido, mientras que el grupo inactivo acumuló 0.28 g. de N/g. de N retenido. Al igual que en los casos anteriores en lo referente a esta relación el grupo activo se aproximó a los resultados obtenidos en animales normales.



Incap 72-823

FIG. 9. Nitrógeno acumulado total obtenido por análisis del cuerpo íntegro, en relación al "nitrógeno retenido total" durante los experimentos. El "nitrógeno retenido total" = N ingerido - (N fecal + N urinario). N = ratas normales; A = ratas activas; I = ratas inactivas.

Eliminación de 17-hidroxicorticosteroides y de ácido vanilmandélico

En promedio, la eliminación urinaria en 24 horas de 17-OH en ratas alimentadas *ad libitum* fue de 149 mcg/100 g. de peso corporal en el grupo normal; de 144 en el grupo activo, y de 127 en el grupo inactivo. En los animales que consumieron 73% de la

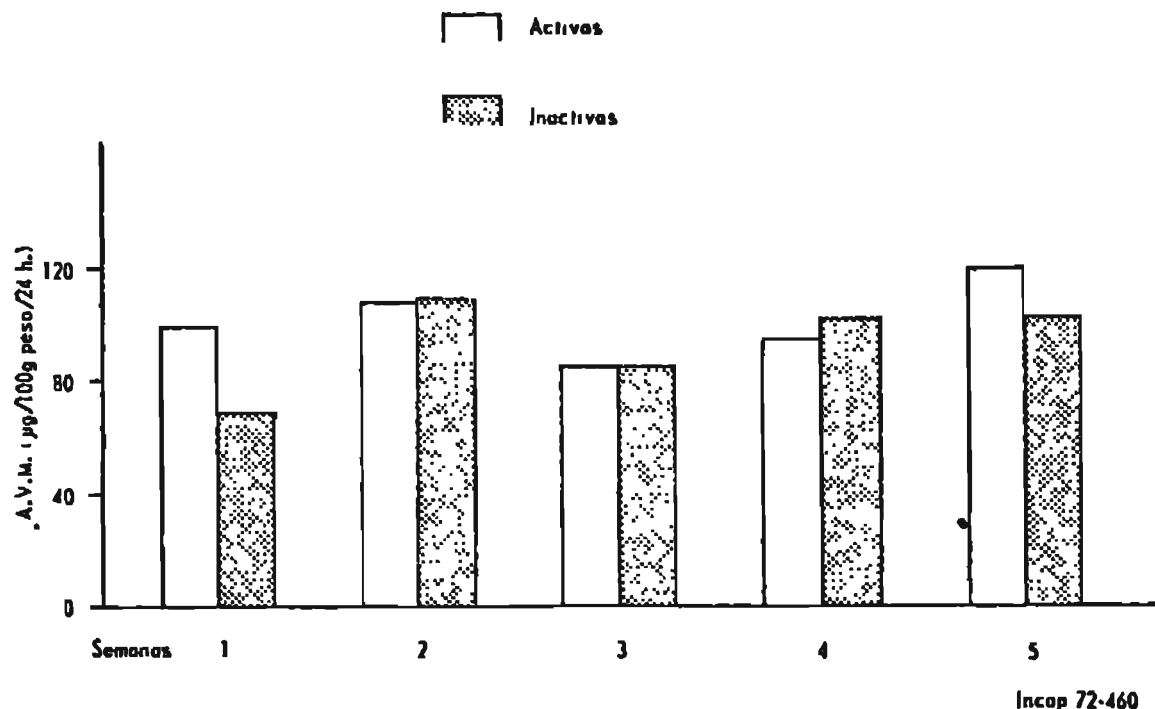
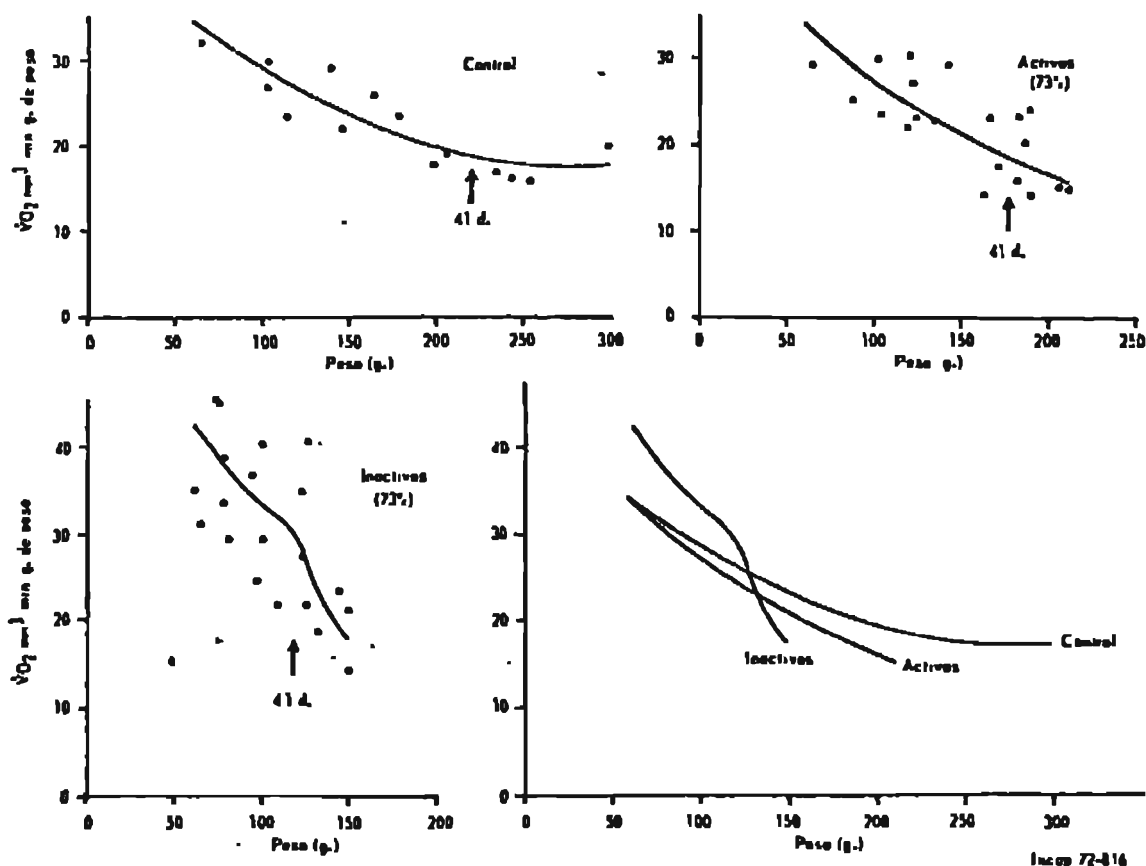


FIG. 10. Eliminación urinaria de ácido vanilmandélico, en 24 horas, por 100 g. de peso en distintos periodos de coleccion urinaria a lo largo de un experimento con ratas activas e inactivas que consumieron 49% de la ingestión normal.

ingestión normal, las eliminaciones de 17-OH fueron, en promedio, de 154 y 140 mcg/100 g. de peso en 24 horas, en el grupo activo y en el inactivo, respectivamente. Ninguna de estas diferencias tiene significado estadístico. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la eliminación de A.V.M. entre los grupos activos e inactivos que consumían 49% de la dieta normal, los cuales eliminaron; en promedio, a lo largo de todo el experimento, 101 y 94 mcg/100 g. de peso en 24 horas, respectivamente. Tal y como lo revela la figura 10, no hubo diferencias entre el grupo activo y el inactivo en los distintos periodos de coleccion urinaria.

Consumo basal de oxígeno

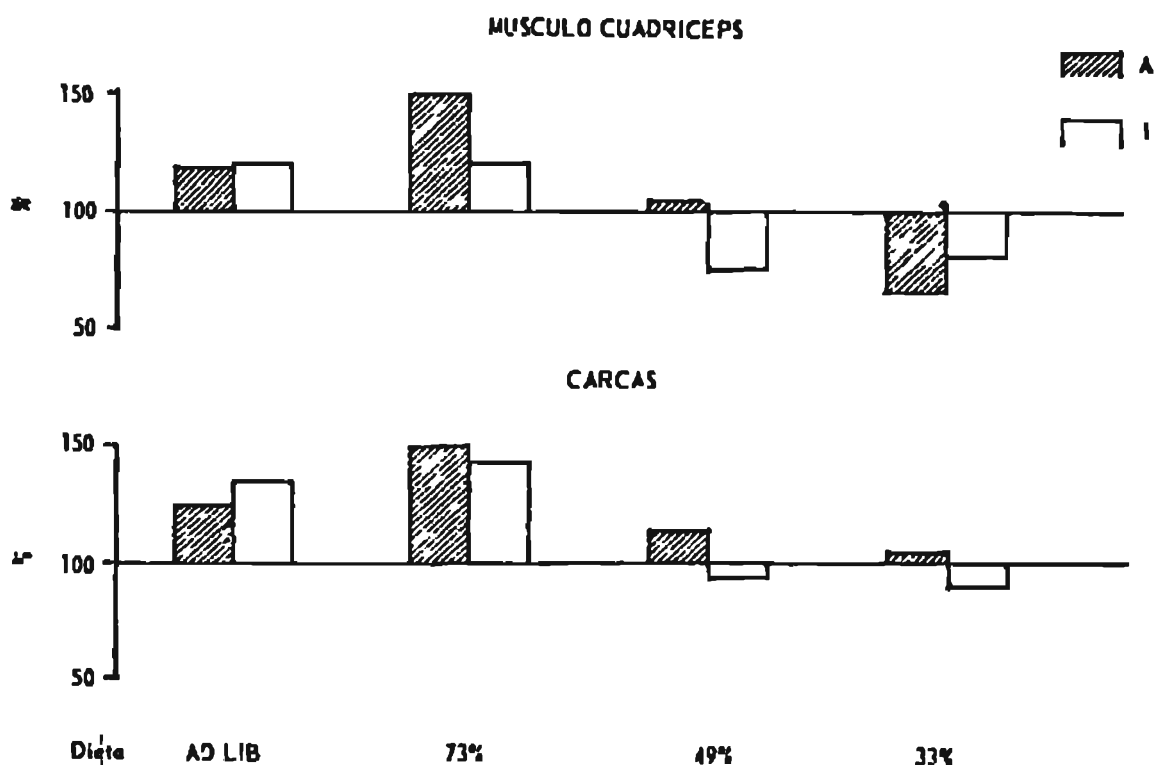
En la figura 11 se aprecian gráficamente los resultados obtenidos en el grupo de ratas control y en los grupos activos e inactivos alimentados con 73% de la dieta *ad libitum*. Cabe hacer notar que en el grupo control la dispersión de los datos es menor que en los otros grupos, mostrando el VO_2 basal (milímetros cúbicos por minuto, por gramo de peso) cierta tendencia parabólica a disminuir a medida que el peso del animal aumenta. En el grupo de animales activos cuyo consumo era de 73% de la ingesta normal, la pendiente de la curva parabólica es mayor, iniciándose en el mismo punto que en el caso de las ratas control. Los animales inactivos con la misma ingesta presentan una dispersión de datos muy grande, pero en aquellos con un peso que excedía de 140



Incap 72-816

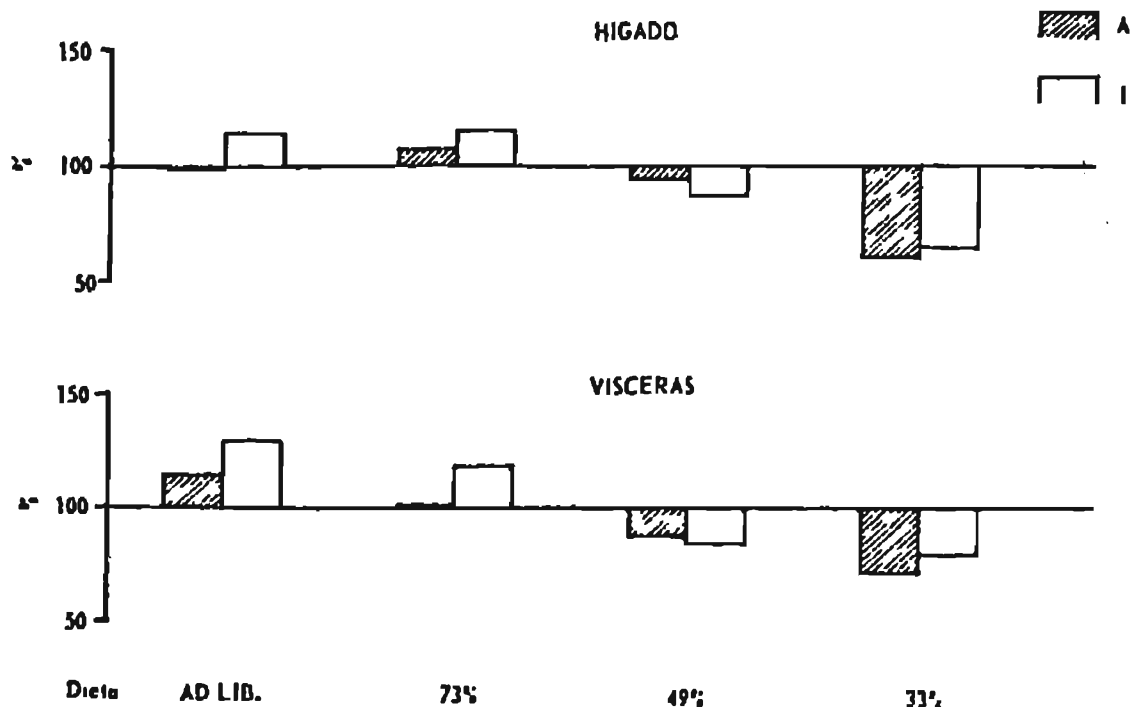
FIG. 11. Consumo basal de oxígeno (VO_2) de ratas control y de ratas activas e inactivas alimentadas con 73% del consumo normal, de acuerdo al peso de cada animal. Se indican los 41 días de edad (41 d) en que aparentemente se inicia la pubertad.

gramos los valores obtenidos oscilan entre 14 y 23 mm. cúbicos, por minuto y por gramo de peso. Se observa asimismo que en los animales de menor peso, el consumo de oxígeno se inicia a niveles superiores de los que acusan los otros dos grupos, encontrándose con frecuencia niveles francamente superiores. Sin embargo, las curvas trazadas visualmente y obviamente sujetas a error, particularmente en este último grupo, sugieren que el grupo de ratas inactivas sufre un cambio franco conforme los animales alcanzan edades que exceden de 41 días y pesos por arriba de 140 gramos. En la misma figura 11 se indica el punto correspondiente a los 41 días de edad, ya que al analizar de manera gráfica los resultados con respecto al VO_2 basal en relación con la edad, la curva muestra un quiebre alrededor de esta edad hacia menores incrementos a medida que los animales avanzan en edad. Este punto parece coincidir con el inicio de la pubertad en la rata macho.



Incap 72-824

FIG. 12. Peso del músculo cuádriceps y del carcás eviscerado de ratas activas e inactivas que consumieron una dieta completa *ad libitum* y a diversos niveles de restricción de ingesta. Los datos se expresan como por ciento de lo esperado para la talla final de cada grupo de animales. A = ratas activas; I = ratas inactivas.



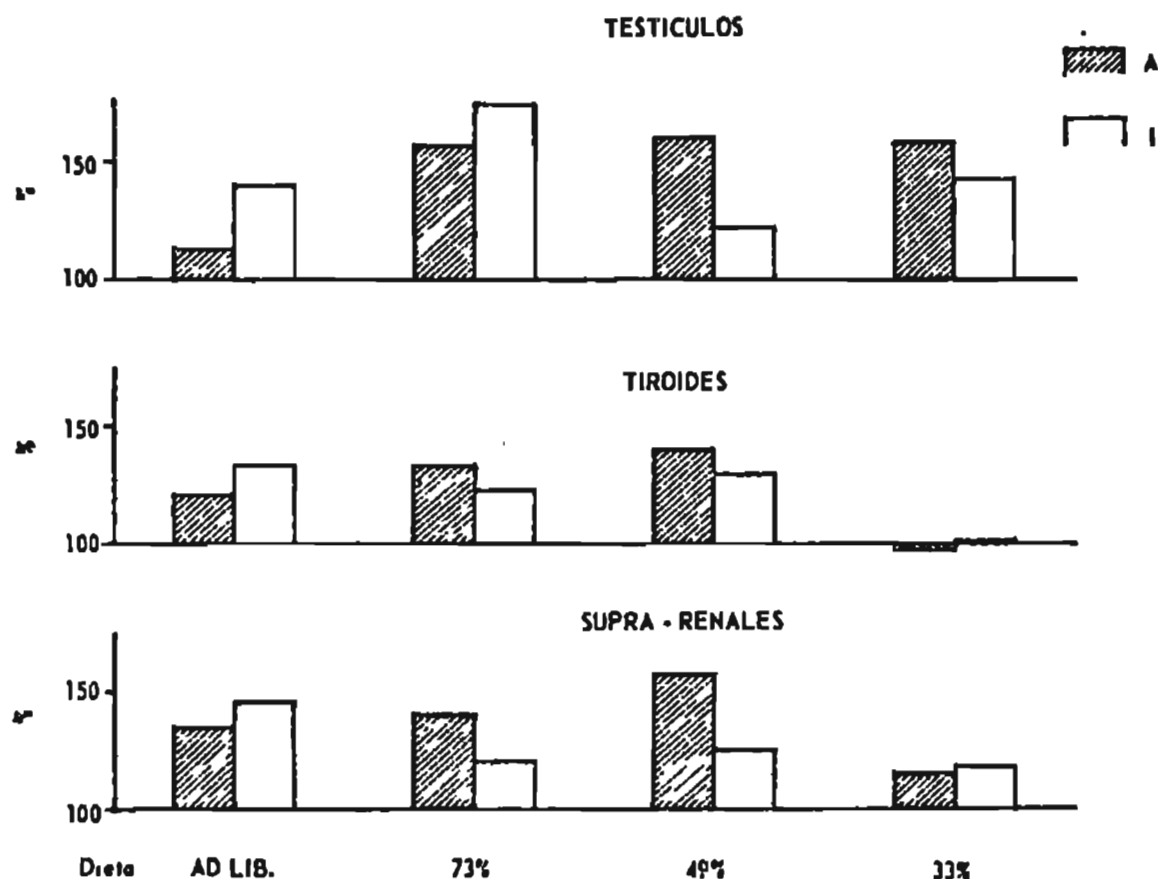
Incap 72-821

FIG. 13. Peso del hígado y resto de las vísceras de ratas activas e inactivas alimentadas con una dieta completa *ad libitum* y a diversos niveles de restricción de ingesta. Los datos se expresan como por ciento de lo esperado para la talla final de cada grupo de animales. A = ratas activas; I = ratas inactivas.

Peso de órganos

El peso promedio de los órganos, expresado en por ciento del que es de esperar para animales normales de igual talla, se ilustra en las figuras 12, 13 y 14. En la figura 12 se aprecia que tanto el peso del músculo cuádriceps como el del carcás de las ratas activas e inactivas que consumieron las dietas *ad libitum* así como las que ingirieron 73% de lo normal, fueron superiores a los de animales normales de igual talla. Cuando las ingestas fueron de 49 y 33% de la dieta completa, las ratas inactivas acusaron valores inferiores para el peso del músculo cuádriceps, y valores esencialmente normales para el del carcás total. Las ratas activas que ingirieron 33% de lo normal mostraron un mayor descenso que las inactivas en cuanto a peso del músculo cuádriceps en contraste con las ratas normales de igual talla, manteniendo, en cambio, un peso del carcás esencialmente normal. El peso relativo del hígado y de las vísceras (Fig. 13) se mantuvo básicamente normal en las

ratas activas hasta en aquellas cuyo consumo satisfacía sólo el 49% de su ingesta normal, descendiendo francamente al consumir el 33% de la dieta completa *ad libitum*. En el caso de las ratas inactivas, tanto el hígado como las vísceras eran más grandes que en las ratas normales de igual talla cuando la ingestión fue *ad libitum* o de 73% de lo normal, descendiendo luego con ingestas de 49 y



Incap 72-820

FIG. 14. Peso de testículos, tiroides y glándulas suprarrenales de ratas activas e inactivas alimentadas con una dieta completa *ad libitum* y a diversos niveles de restricción de ingesta. Los datos se expresan como por ciento de lo esperado para la talla final de cada grupo de animales. A = ratas activas; I = ratas inactivas.

33% de lo normal. Según se observa, en ambos grupos el peso de los testículos, tiroides, y glándulas suprarrenales tiende a ser superior que el que acusan ratas normales de igual talla (figura 14), aun con ingestiones de 33% de lo normal, salvo en lo refe-

rente al peso de la glándula tiroides que, siendo superior con ingestiones hasta de 49% de lo normal, tuvo un peso normal en el grupo que consumió 33% de la dieta *ad libitum*.

Finalmente, el Cuadro 2 muestra los resultados de la composición corporal en términos de proteínas totales, grasa, agua y otros elementos en los distintos grupos de ratas sometidas a estudio. Puede observarse que en el caso de todas las diversas ingestiones, excepto cuando se usó 33% de lo normal, las ratas activas presentaron mayor concentración de proteínas corporales, aun cuando acusaban un descenso progresivo paralelo a la menor ingestión de alimentos. La grasa corporal fue menor en los grupos activos que en los inactivos que consumían ya fuese dietas *ad libitum* o 73% de lo normal; en cambio fue mayor en el grupo activo cuyo consumo era 49% de la ingestión normal. Según se observa, el agua corporal principia a aumentar cuando la ingesta de alimento disminuye, siendo francamente superior en los animales inactivos que en las ratas activas que ingirieron 49% de lo normal.

CUADRO 2

COMPOSICION CORPORAL DE RATAS MACHO NORMALES, ACTIVAS E INACTIVAS, QUE CONSUMIERON CANTIDADES NORMALES Y REDUCIDAS DE UNA DIETA COMPLETA

Ingestión de alimento	Porcentaje de peso corporal			Agua	Otros elementos
	Actividad	Proteína	Grasa		
<i>Ad libitum</i>	Normal	18.2	8.8	69.6	3.4
<i>Ad libitum</i>	Aumentada	18.7	7.9	70.1	3.3
<i>Ad libitum</i>	Restringida	18.0	8.9	70.1	3.0
73% de dieta normal	Aumentada	17.5	7.8	71.4	3.3
73% de dieta normal	Restringida	16.8	11.5	68.7	3.0
49% de dieta normal	Aumentada	17.1	5.7	73.7	3.5
49% de dieta normal	Restringida	15.0	2.1	80.2	2.7
33% de dieta normal	Aumentada	15.6	1.7	79.1	3.6
33% de dieta normal*	Restringida	15.9	1.4	80.6	2.1

* Mantenidas a 37°C.

DISCUSIÓN

Los resultados precedentes demuestran que a todos los niveles de ingestión estudiados, la inactividad física agrava el retraso en crecimiento ocasionado por la restricción calórica, y disminuye

también la eficiencia de utilización del alimento. En efecto, la inactividad ocasiona un retardo en crecimiento que, en promedio, equivale a una disminución de alrededor de 25% de la ingestión de alimento. Como es de esperar, el efecto "protector" de la actividad llega a un límite que, en los experimentos aquí informados, parece haber surgido a un ingesta aproximadamente de 45 a 50% de lo normal. A juzgar por los datos, la dieta que suministró 33% de la ingesta normal —acompañada de ejercicio físico forzado— produjo mayor deterioro nutricional, tanto en términos de peso de órganos como de composición corporal. A pesar de ello, es importante recalcar que en esta serie de estudios nos vimos forzados a alojar en un ambiente de 37°C. a las ratas inactivas que recibían sólo el 33% de la ingestión normal, ya que todos los animales que ingerían esta cantidad de dieta y que eran mantenidos en un ambiente de 23°C., fallecieron en el curso de la primera o segunda semana del experimento.

Al parecer, la mayor diferencia entre los grupos activos y los inactivos surgió a ingestiones de 73 y 49% de lo normal; sugiere esta hipótesis el hecho de que con las dietas comprendidas dentro de esos límites, la actividad física logró aún una hipertrofia muscular y una mayor estabilidad en el contenido de proteína y de agua corporales.

Los hallazgos en cuanto a retención *aparente* de nitrógeno pueden calificarse como sorprendentes, ya que según sugieren los datos obtenidos, los grupos de animales inactivos retienen cantidades similares a, o mayores que las de los grupos activos, mientras que el nitrógeno total acumulado es francamente inferior. Esta retención de nitrógeno aparentemente elevada la confirman los resultados de balances de potasio que se obtuvieron en los grupos inactivos, en los que la retención fue superior a la relación de 3.37 determinada en animales normales y activos. La primera interrogante que surge a este particular, es, si el sistema de recolección de excretas empleado en ambos grupos (activo e inactivo) era comparable. Como ya se indicó, estudios exhaustivos al respecto han demostrado que los dos sistemas de colección son comparables, aun cuando los volúmenes de eliminación fecal y urinaria son muy distintos en ratas de diferentes edades. Por consiguiente, las ratas inactivas parecen perder cantidades excesivas de nitrógeno por otras vías ajenas a la fecal y urinaria. Nues-

tras observaciones en ratas inactivas y activas han demostrado que esta pérdida no se debe a la caída de pelo y, por lo tanto, debe ser otra la vía de pérdida, muy probablemente la respiratoria. Con miras a comprobar esta suposición, en la actualidad estamos empeñados en una serie de estudios a ese respecto.

El metabolismo de nitrógeno de los animales activos es aparentemente normal, aun a ingestiones bajas, dado que la conversión de nitrógeno retenido a nitrógeno acumulado en el cuerpo mantiene una relación linear con una pendiente de cerca de 45 grados. No sucede así en los animales inactivos, en los que la pendiente obtenida entre nitrógeno retenido y nitrógeno acumulado fue mucho menor.

No sabemos a ciencia cierta cuáles son los mecanismos metabólicos que explican los fenómenos encontrados en el curso de esta investigación. No obstante que los métodos hasta ahora empleados para determinar el grado de "stress" en animales activos e inactivos no son los ideales para este propósito, los datos disponibles hacen suponer que el grado de "stress" a que son sometidos los animales inactivos no constituye la razón fundamental de las discrepancias metabólicas observadas entre éstos y los activos. Efectivamente, los grupos de ratas activas e inactivas no difirieron en los niveles de eliminación urinaria de A.V.M., ni de 17-OH/100 g. de peso/día, ni en cuanto al peso de las glándulas suprarrenales. En ambos grupos de animales (activo e inactivo) que consumieron la dieta *ad libitum*, las suprarrenales mantuvieron un peso comparable al de ratas normales con un peso corporal similar al informado por Kvetnansky y Mikulaj.¹⁹

Los cambios observados en lo concerniente al consumo basal de oxígeno, aunque preliminares, sí parecen indicar un incremento franco en dicho consumo por gramo de peso en los animales con restricción de actividad alimentadas con dietas de 73% de la ingesta normal. En este caso también desconocemos todavía los mecanismos íntimos de dicho fenómeno. A pesar de ello, el aumento relativo de peso de las vísceras, de hígado y de testículos en el grupo inactivo en relación a su talla, y también en relación a su peso corporal, sugiere que el incremento en consumo basal de oxígeno observado en estos animales se debe, por lo menos en parte, a una asincronía entre el crecimiento visceral y el crecimiento del resto del cuerpo.²⁰

CONCLUSIONES

Con base en los experimentos de que aquí se da cuenta, cabría sugerir que la inactividad física observada en humanos que ingieren una dieta insuficiente en términos calóricos, bien podría ser un factor importante en el retraso físico prevalente en nuestras poblaciones. Podría especularse también que después del destete, o cuando la ingesta de la leche materna ya no satisface las necesidades calóricas del niño en crecimiento activo, el incremento normal en actividad no ocurre como consecuencia del déficit calórico. Es precisamente en esta época de la vida (a los 4 meses de edad) cuando se inicia el retardo pondo-estatural observado en nuestras poblaciones, y cuando el gasto calórico por actividad en el niño normal sobrepasa el gasto energético por crecimiento.

En los momentos actuales, precisamente, estamos iniciando otra serie de experimentos con el fin de determinar si un programa de actividad física acelera la recuperación de niños desnutridos; también nos encontramos en vías de desarrollar nuevas experiencias con el fin de explorar más a fondo las bases metabólicas de las diferencias establecidas entre animales activos e inactivos. Es posible que estos estudios revelen diferencias en la producción de la hormona de crecimiento, ya que según se sabe, el ejercicio constituye un estímulo efectivo para su producción.²¹

REFERENCIAS

1. Sissons, H. A.: *The growth of bone*. En: *The biochemistry and physiology of bone*. G. H. Bourne (Ed.) New York, Academic Press Inc. pp. 443-474, 1956.
2. Flores, M.; Menchú, M. T.; Lara, M. Y. y Guzmán, M. A.: *Relación entre la ingesta de calorías y nutrientes en preescolares y la disponibilidad de alimentos de la familia*. Arch. Latinoamer. Nutr. 20: 41, 1970.
3. Viteri, F. E.: *Considerations on the effect of nutrition on the body composition and physical working capacity of young Guatemalan adults*. En: *Amino acid fortification of protein foods*. N. S. Scrimshaw y A. M. Altschull (Eds.) Cambridge, Mass, The MIT Press, pp. 350-375 1971.
4. Viteri F. E. y Alvarado, J.: *The creatinine height index. Its use in the estimation of the degree of protein depletion and repletion in protein calorie malnourished children*. Pediatrics. 46: 696, 1970.
5. Viteri, F. E. y Plineda, O.: *Effects of starvation in the individual. Effects on body composition and body function. Psychological effects*. En: *Famine*. G. Blix, Y. Hofvander y B. Vahlquist (Eds.) Uppsala, Sweden, Almqvist y Wiksells. pp. 25-40, 1971.
6. Viteri, F. E.: *Composición corporal y requerimientos calóricos y proteínicos en relación a la edad*. Rev. Col. Méd. (Guatemala). 21: 148, 1970. (Monografía No. 7 del INCAP).
7. Viteri, F. E.: Datos no publicados, 1972.
8. Mayer, J.: Comunicación personal, 1970.

9. Widdowson, E. M.: *The place of experimental animals in the study of human malnutrition*. En: *Calorie deficiencies and protein deficiencies*, McCance, R. A. y Widdowson, E. M. (Eds.) London, J. & A. Churchill Ltd. pp. 225-234, 1968.
10. Mata, L. J.; Urrutia, J. J. y Garcia, B.: *Effect of infection and dirt on child growth: experience in a Guatemalan village*. En: *Nutrition and infection*, Wolstenholme, G. E. W. y O'Connor, M. (Eds.) London, J. & A. Churchill Ltd., (Ciba Foundation Study Group No. 31). pp. 112-126, 1967.
11. Kotarbinska, M. y Kielanowski, J.: *Energy balance studies with growing pigs by the comparative slaughter technique*. En: *Energy metabolism of farm animals. Proceedings of the 4th Symposium, Warsaw, Poland, september, 1967*. Blaxter, K. L. Kielanowski, J. y Thorbek (Eds.) Newcastle upon Tyne, Oriel Press Ltd, 1969, pp. 299-310. (European Assoc. Animal Prod. Publ. No. 12). cf Nutr. Abs. Revs. 40: 771 (Abst. 4407), 1970.
12. Viteri, F. E. y Alvarado, J.: *Aspectos fisiopatológicos y respuestas adaptativas en la desnutrición calórica y en la desnutrición proteínica*. Rev. Col. Méd. (Guatemala). (Monografía N° 7 del INCAP). 21: 175, 1970.
13. Brooke, O. G. y Ashworth, A.: *The influence of malnutrition on the post prandial metabolic rate and respiratory quotient*. Brit. J. Nutr. 27: 407, 1972.
14. Fomon, S. J.; Thomas, L. N.; Filer L. J., Jr.; Ziegler, E. E. y Leonard, M. T.: *Food consumption and growth of normal infants fed milk-based formulas*. Acta Paediat. Scand. (Suppl. 223), p. 36, 1971.
15. Hiller, A.; Plazin, J. y Van Slyke, D. D.: *A study of conditions for Kjeldahl determination of nitrogen in proteins. Description of methods with mercury as catalyst and titrimetric and gasometric measurements of the ammonia formed*. J. Biol. Chem. 176: 1401, 1948.
16. Van de Kamer, J.; Huinink, H. B. y Weyers, H. A.: *Rapid method for the determination of fat in feces*. J. Biol. Chem. 177: 347, 1949.
17. Reddy, W. J.: *Modification of the Reddy-Jenkins-Thorn method for the estimation of 17 - Hydroxycorticoids in urine*. Metabolism. 3: 489, 1954.
18. *Hycel Mandelic Acid Determination*. Houston, Texas, Hycel, Inc., 1965.
19. Kvetnansky, R. y Mikulaj, L.: *Adrenal and urinary catecholamines in rats during adaptation to repeated immobilization stress*. Endocrinology. 87: 738, 1970.
20. Holliday, M. A.; Potter, D.; Jarrah, A. y Bearg, S.: *The relation of metabolic rate to body weight and organ size*. Pediat. Res. 1: 185, 1967.
21. Roth, J.; Glick, S. M.; Yalow, R. S. y Berson, S. A.: *Secretion of human growth hormone: physiologic and experimental modification*. Metabolism. 12: 577, 1963.