

DEPARTAMENTO DE FISILOGIA
UNIVERSIDAD DE GRANADA

EFFECTO DE LA RESECCION INTESTINAL, DE LOS TRIGLICERIDOS
DE CADENA MEDIA Y DEL ACIDO URSODEOXICOLICO SOBRE
LA UTILIZACION NUTRITIVA DEL CALCIO, FOSFORO Y
MAGNESIO EN RATAS

López Aliaga I., Campos M.S., Barrionuevo M., Coves F., Lisbona F. y Alférez M.J.M.

RESUMEN

Se estudia el efecto de la resección intestinal y de la administración de dos tipos de dieta sobre la utilización nutritiva de calcio, fósforo y magnesio en ratas controles "falsamente operadas" y con resección del 50% de intestino delgado distal al mes y a los tres meses de la intervención quirúrgica. La exclusión del 50% de intestino delgado distal conduce a un descenso en la utilización digestiva de calcio, fósforo y magnesio, reflejándose en el contenido mineral del hueso. A los tres meses de haber practicado la resección, la utilización nutritiva de calcio no se recupera, en cambio mejora la eficacia digestiva de fósforo y el aprovechamiento digestivo y metabólico de magnesio.

La dieta que contiene triglicéridos de cadena media (MCT) y aceite de girasol en sustitución de 2/3 de aceite de oliva adicionada de ácido ursodeoxicólico, eleva la absorción de fósforo y magnesio cuando es ingerida por ratas resecaadas durante un mes. A los tres meses de haber practicado la resección, el suministro de la misma dieta mejora la utilización digestiva y metabólica de calcio. En relación al fósforo, la mejor utilización nutritiva encontrada al mes, se hace aún más patente a los tres meses.

SUMMARY

The nutritive utilization of calcium, phosphorus and magnesium was studied in adult rats in which 50% of the distal small intestine (DSI) had been resected and in sham-operated controls one month and three months after the

operation. Resection of half the DSI reduced the digestive utilization of Ca, P. and Mg as reflected by mineral content in bone. Three months after resection, nutritive utilization of Ca had still not recovered; in contrast digestive utilization of P and nutritive utilization of Mg were seen to recover by three months postsurgery.

When dietary fat was supplied as equal parts of medium chain triglycerides, sunflower seed oil and olive oil instead of 100% olive oil, additionate of ursodeoxycholic acid, P and Mg absorption were enhanced in resected rats after one month.

After a period of three months during which resected rats were given the same diet, digestive and metabolic utilization of Ca improve. In relation to P, the better nutritive utilization found one month after resection is more notable at three months.

INTRODUCCION

La exclusión del íleon y parte del yeyuno tiene un efecto negativo sobre la utilización nutritiva de minerales, principalmente calcio, fósforo (1, 2) y magnesio (3). La reducción en la absorción de grasa va aparejada de un descenso en la utilización digestiva de la vitamina D; además está reducida la absorción de ácidos biliares y en consecuencia se incrementan las pérdidas de vitamina D sintetizada endógenamente (4) lo que repercute en la deficiente absorción de calcio y fósforo. Así Compston y Creamer (5) encuentran niveles plasmáticos de 25-hidroxivitamina D disminuidos tras la resección intestinal, atribuyéndolo a la interrupción de la circulación enterohepática.

Por otra parte, y aunque tras la resección masiva de intestino delgado, el intestino remanente se adapta a la pérdida de área absorptiva (6, 7, 8) es un hecho conocido que las resecciones intestinales conducen a síndromes de malabsorción.

Dado que no hay un estudio dietético en profundidad acerca de este tipo de alteraciones, es interesante tener en cuenta todos los componentes de la dieta de una forma racional y equilibrada que resulte idónea en problemas de malabsorción, consecuencia de resecciones de intestino delgado distal.

En la dieta propuesta la grasa de elección sería triglicéridos de cadena media (MCT), que no requieren de las sales biliares para su absorción (9, 10) y que son recomendados en síndromes de malabsorción (11), aceite de girasol con alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados y aceite de oliva con componentes de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. Además la dieta se ha adicionado de ácido ursodeoxicólico (12), el 7- β epímero de quenodeoxicólico el cual se absorbe pasivamente en la parte proximal del intestino delgado (13), y además altera la composición de ácidos biliares y bilis no saturada en colesterol, sin agravar la diarrea.

En este trabajo se estudia el metabolismo mineral, concretamente calcio,

fósforo y magnesio, utilizando esta dieta base con objeto de paliar los efectos negativos de la exclusión de parte de intestino delgado en periodos de tiempo más cortos que los que se consiguen cuando sólo tiene lugar la adaptación del intestino remanente.

MATERIAL Y METODOS.

Los animales de experimentación utilizados han sido ratas adultas, raza Wistar albina, de ambos sexos, de peso medio 243,4 g.

El diseño experimental es el siguiente:

Experimento 1: ratas controles "falsamente operadas" alimentadas con dieta A durante un mes. Experimento 2: ratas con resección del 50% de intestino delgado distal alimentadas con dieta A durante un mes. Experimento 3: ratas con resección del 50% de intestino delgado distal alimentadas con dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico durante un mes. Experimento 4: ratas con resección del 50% de intestino delgado distal alimentadas con dieta A durante tres meses. Experimento 5: ratas con resección del 50% de intestino delgado distal alimentadas con dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico durante tres meses.

Los detalles de la técnica quirúrgica ya han sido descritos previamente (14).

En los experimentos 1, 2 y 3 el periodo de adaptación es de un mes y en los experimentos 4 y 5 dicho periodo tiene una duración de tres meses. En todos los experimentos el período principal tiene una duración de 7 días, durante el cual se controla la ingesta y se recogen diariamente y por separado heces y orina. Finalizado el periodo principal, cada una de las ratas es anestesiada con pentobarbital sódico (5 mg/100 g de peso corporal) por vía intraperitoneal; se les extrae un volumen determinado de sangre por canulación de la aorta abdominal para separar posteriormente el suero y se les extirpa el fémur.

Los animales se instalan en células individuales de metabolismo con sistema de separación para recogida de heces y orina; dichas jaulas se sitúan en una cámara termorregulada a $22 \pm 2^\circ\text{C}$ convenientemente ventilada y con fotoperiodo controlado de 12 horas.

La dieta semisintética empleada en todos los experimentos contiene 0,56% de calcio, 0,47% de fósforo, 0,088% de magnesio y 0,04 mg/100 g de dieta de vitamina D₃.

La dieta, al igual que el agua destilada es ingerida "ad libitum" por los animales.

La composición de las dietas empleadas es la siguiente:

<i>DIETA A</i>	<i>S.F. (%)</i>	<i>S.S. (%)</i>
Proteína (caseína + 5% D-L metionina)	12,4	13,1
Grasa (aceite de oliva)	4,2	4,5
Fibra (celulosa)	8,0	8,5
Corrector mineral	5,0	5,3
Corrector vitamínico	5,0	5,2
 <i>DIETA B</i>	 <i>S.F. (%)</i>	 <i>S.S. (%)</i>
Proteína (caseína + 5% D-L metionina)	12,6	13,4
Grasa (1/3 MCT, 1/3 aceite de girasol y 1/3 aceite de oliva)	4,1	4,4
Fibra (celulosa)	8,0	8,5
Corrector mineral	5,0	5,2
Corrector vitamínico	5,0	5,2

En la dieta B, la grasa aportada es de más fácil absorción por contener 1/3 de MCT.

En los experimentos 4 y 7 se utiliza la anterior dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico a dosis de 80 mg/100 g de dieta.

En las dietas A y B el almidón y azúcar se adicionan a partes iguales hasta el 100% en sustancia seca y los requerimientos de vitaminas liposolubles se suplen con la adición de 30 mg de vitamina A y 0,4 mg de vitamina D por Kg de dieta.

Entre los índices biológicos se ha determinado el coeficiente de digestibilidad aparente de minerales (Ca; P y Mg), así como el balance según la técnica de Thomas-Mitchel.

$$\text{C.D.A.} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

$$\text{Nitrógeno retenido} = I - (F + U)$$

I = nitrógeno ingerido.

F = nitrógeno fecal.

U = nitrógeno urinario.

Las técnicas analíticas empleadas son las siguientes:

Humedad: en estufa a $105 \pm 1^\circ\text{C}$ hasta peso constante.

Minerales: calcinación de la muestra en horno a 450°C y posterior pesada de la misma.

El calcio y magnesio de la dieta, heces, orina y fémur se determina por espectrofotometría de absorción atómica.

El fósforo de la dieta, heces, orina y fémur se determina por espectrofotometría visible, mediante la técnica de Fiske-Subbarow (15).

El calcio en suero se determina mediante un kit comercial, se basa en que en solución alcalina el Ca^{2+} forma un complejo violeta o-cresoftaleina-complejona, el cual se mide a 570 nm (16).

La determinación de fósforo en suero se basa en que en solución de ácido nítrico, el fosfato forma un complejo coloreado con molibdato y vanadato, el cual se mide a 405 nm (17, 18).

El magnesio en sangre total se obtiene por calcinación de 0,5 ml de sangre en horno a 450C. El residuo obtenido en la calcinación se extrae con solución de ácido clorhídrico 6N y se lleva a un volumen determinado, midiendo su absorción atómica comparativamente frente a una serie de patrones.

En el tratamiento estadístico empleado se ha calculado la media y el error de la media, realizándose las pruebas de la "t" de Student.

RESULTADOS Y DISCUSION.

1) *Utilización nutritiva de calcio.*

Al mes de la resección del 50% de intestino delgado distal disminuye la absorción de calcio ($p < 0,001$), lo que coincide con otras investigaciones (19, 20); asimismo la utilización digestiva de calcio es menor ($p < 0,001$) frente a los animales controles. Estos resultados se explican porque aunque el duodeno es la sección del tracto intestinal en que la tasa de absorción de calcio es máxima por unidad de superficie (21, 22), la mayor absorción del catión tiene lugar en los dos tercios finales del intestino (23) parte de los cuales han sido extirpados.

Por otra parte, la resección da lugar a una interrupción de la circulación enterohepática, disminuyendo los metabolitos polares de la vitamina D (24, 25) dando lugar a una caída en la absorción de calcio (19, 26). La resección conduce a un descenso en la retención de calcio ($p < 0,01$).

Cuando se suministra la dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico, la utilización nutritiva de calcio se mantiene baja. Estos resultados ponen de manifiesto que al mes de la resección distal de intestino delgado la utilización nutritiva de calcio permanece baja sin sufrir alteraciones importantes al modificar la dieta o adicionarla de ácido ursodeoxicólico.

A los tres meses de la resección del 50% de intestino delgado distal, las ratas alimentadas con dieta A tienen disminuida la ingesta ($p < 0,01$) y excreción fecal de calcio ($p < 0,001$) y en consecuencia ni la absorción ni la utilización digestiva de calcio se modifican. Es decir, a los tres meses de la resección no tiene lugar ninguna recuperación a nivel digestivo; de igual modo Barrionuevo y col. (27) sólo encuentran dicha recuperación a los seis meses de la resección. A nivel metabólico, aumenta la excreción urinaria de calcio ($p < 0,05$) y la retención llega a valores negativos, indicándonos que este tipo de resección debe producir una alteración metabólica del calcio (1, 2).

La adición de ácido ursodeoxicólico a la dieta B mejora la absorción de calcio a los tres meses de la resección ($p < 0,02$) con respecto al mes de la misma y a pesar de estar algo aumentadas las pérdidas urinarias del catión, la retención de calcio es mayor. La mejor utilización digestiva de calcio cuando se suministra la dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico se puede explicar en base a su contenido en MCT con menor capacidad para formar jabones con calcio (28).

Los valores de calcemia bajo las distintas condiciones experimentales estudiadas al mes y a los tres meses de haber practicado la resección intestinal, si bien, está sujeta a variaciones se mantiene dentro de los márgenes fisiológicos.

Al mes de la resección disminuye el contenido de calcio en fémur ($p < 0,01$), lo que coincide con varios autores (29, 30) que encuentran una alteración en el turnover de calcio óseo dando lugar a osteomalacia. Cuando las ratas son alimentadas con dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico durante un mes aumenta el contenido de calcio en fémur.

Cuando han transcurrido tres meses desde la resección, el contenido de calcio en fémur en ratas alimentadas con dieta A continúa siendo más bajo que el de los controles, e igualmente ocurre para la dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico.

II) Utilización nutritiva de fósforo

Las ratas con resección del 50% de intestino delgado distal y tras un mes de la intervención, tienen incrementada la ingesta ($p < 0,05$) y dadas las mayores pérdidas fecales de fósforo ($p < 0,001$) presentan una reducción en la absorción ($p < 0,001$) debido a que se ha extirpado parte de yeyuno, zona del intestino delgado en que la absorción de fósforo es mayor (31). Por otra parte, la interrupción de la circulación enterohepática causada por la exclusión del íleon (32) favorece la malabsorción de vitamina D, dando lugar a una reducción de sus metabolitos (5, 19) necesarios para la estimulación del transporte activo de fósforo en el intestino (33, 34). La retención de fósforo es algo menor que en los animales controles.

Cuando a la dieta B se le adiciona 80 mg/100 g dieta de ácido ursodeoxicólico, la absorción de fósforo llega a ser superior ($p < 0,01$) que la de las ratas ressecadas alimentadas con dieta A, al igual que la eficacia digestiva ($p < 0,001$); sin embargo, conduce a un descenso del balance de fósforo ($p < 0,02$) debido a un aumento de fosfatúria ($p < 0,001$).

A los tres meses de la resección intestinal, las ratas alimentadas con dieta A tienen una absorción de fósforo menor que al mes, debido a la menor ingesta del mismo. La eficacia digestiva de fósforo es mayor ($p < 0,05$) por el hecho de que los animales al tener una ingesta menor de fósforo tienen un mejor aprovechamiento del fósforo ingerido y además a que con el transcurso del tiempo mejora la utilización digestiva de este mineral. A pesar de la menor absorción de fósforo, la excreción urinaria es mayor y la retención llega a valores negativos, lo que está de acuerdo con el hecho de que con el transcurso

del tiempo las resecciones afectan el metabolismo del fósforo negativamente (1, 2).

La adición de ácido ursodeoxicólico a la dieta B, suministrada a ratas ressecadas durante tres meses, mejora la utilización digestiva ($p < 0,01$) y metabólica de fósforo con respecto al mes de la resección. Ello puede ser debido a que el ácido ursodeoxicólico favorece la circulación enterohepática y consecuentemente aumentará la cantidad de metabolitos polares de la vitamina D a nivel intestinal, lo cual conducirá a un aumento en la eficacia digestiva de fósforo. Efecto que ya se había reflejado, aunque en menor grado, al mes de la intervención quirúrgica.

Los niveles séricos de fósforo no presentan variaciones significativas entre ratas controles y ressecadas al mes de la resección, alimentadas con las distintas dietas empleadas, efecto que puede ser considerado como resultado del balance de fósforo entre sangre, hueso y compuestos orgánicos resultantes del metabolismo celular (36).

Cuando han transcurrido tres meses desde la resección, disminuyen los niveles séricos de fósforo en ratas alimentadas con dieta A ($p < 0,001$) respecto a las ratas controles. Si los animales ingieren dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico aumenta la fosfatemia ($p < 0,01$). Estas modificaciones se explican en base a que el fosfato circulante se encuentra en equilibrio, no solamente con el fosfato inorgánico esquelético y celular, sino también con un elevado número de compuestos orgánicos resultantes del metabolismo celular (36).

Al mes de la resección del 50% de intestino delgado distal disminuye el contenido de fósforo en fémur ($p < 0,01$), lo que coincide con que estos animales mantienen la fosfatemia a pesar de tener disminuida la absorción y retención de fósforo. La adición de ácido ursodeoxicólico a la dieta B aumenta el contenido de fósforo en fémur ($p < 0,02$) respecto a ratas ressecadas alimentadas con dieta A.

El contenido de fósforo en fémur, de ratas ressecadas a los tres meses de la intervención quirúrgica, no se modifica respecto a las ratas controles cuando son alimentadas con dieta A o dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico.

III) *Utilización nutritiva de magnesio.*

Al mes de la resección del 50% de intestino delgado distal, los animales alimentados con dieta A a pesar de tener una ingesta de magnesio similar a la de las ratas controles, presentan una mayor excreción fecal ($p < 0,001$) y una reducción en la absorción ($p < 0,001$), lo que se traduce en una menor utilización digestiva de magnesio ($p < 0,001$) frente a los animales controles. Consecuencia de la menor absorción, la retención del catión llega a hacerse negativa, lo que coincide con Opie y col. (37).

Cuando se suministra a ratas desecadas durante un mes la dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico cuya fuente lipídica contiene: 1/3 MCT, 1/3 aceite de girasol y 1/3 aceite de oliva, aumenta la absorción y la eficacia digestiva de magnesio ($p < 0,01$ para ambos casos) frente a ratas ressecadas alimentadas

TABLA I

Utilización nutritiva de calcio en ratas controles "falsamente operadas" y con resección del 50% de intestino delgado distal.

	Ca ingerido mg/rata/día	Ca fecal mg/rata/día	Ca absorbido mg/rata/día	C.D.A. (%)	Ca urinario mg/rata/día	Ca retenido mg/rata/día
<i>Al mes de la resección</i>						
Experimento 1	95,4±3,1	65,7±2,7	29,7±2,8	30,9±2,4	20,9±0,9	8,7±2,4
Experimento 2	98,6±3,2	86,8±3,2 ^{1d}	11,8±1,0 ^{1d}	12,1±1,1 ^{1d}	11,7±1,3 ^{1d}	0,07±0,8 ^{1c}
Experimento 3	95,1±3,7	83,9±3,1 ^{1d}	11,2±1,2 ^{1d}	11,6±1,0 ^{1d}	16,9±1,3 ^{1a} _{2b}	-5,8±1,6 ^{1d} _{2c}
<i>A los tres meses de la resección</i>						
Experimento 4	75,9±5,8 ^{3c}	64,6±4,7 ^{3d}	11,3±1,6	14,5±1,5	15,0±0,7 ^{3a}	-3,7±1,8
Experimento 5	84,9±5,6	64,0±3,1 ^{3d}	20,9±3,4 ^{3b} _{4b}	23,3±2,8 ^{3d} _{4b}	18,2±1,6	2,8±4,1

1 = En comparación con ratas controles; 2 = En comparación con ratas resecadas alimentadas con dieta A durante 1 mes. 3 = En comparación con ratas resecadas alimentadas con la misma dieta durante 1 mes. 4 = En comparación con ratas resecadas alimentadas con dieta A durante 3 meses.

a, p<0,05; b, p<0,02; c, p<0,01; d, p<0,001.

TABLA II

Contenido de calcio en fémur y suero de ratas controles "falsamente operadas" y con resección del 50% de intestino delgado distal.

	Peso rata (g)	Peso fémur (g)	Cenizas (g)	mg Ca/g fémur	mg Ca/g cenizas	Calcemia mg/100 ml
<i>Al mes de la resección</i>						
Experimento 1	245,1 ± 10,9	0,41 ± 0,01	0,26 ± 0,01	248,8 ± 4,0	379,2 ± 7,3	12,1 ± 0,2
Experimento 2	216,1 ± 9,1	0,37 ± 0,02	0,23 ± 0,01	222,0 ± 4,9 ^{1d}	348,6 ± 7,0 ^{1c}	11,7 ± 0,2
Experimento 3	216,4 ± 5,6	0,35 ± 0,01	0,22 ± 0,01	237,3 ± 5,6	368,5 ± 10,6	12,2 ± 0,2
<i>A los tres meses de la resección</i>						
Experimento 4	266,3 ± 17,6	0,49 ± 0,02	0,33 ± 0,01	245,7 ± 6,7 ^{3c}	362,8 ± 9,0	10,7 ± 0,3
Experimento 5	276,6 ± 14,2	0,52 ± 0,01	0,34 ± 0,01	240,3 ± 4,2	365,3 ± 7,3	10,6 ± 0,5

1 = En comparación con ratas controles; 2 = En comparación con ratas reseçadas alimentadas con dieta A durante 1 mes.
3 = En comparación con ratas reseçadas alimentadas con la misma dieta durante 1 mes. 4 = En comparación con ratas reseçadas alimentadas con dieta A durante 3 meses.

a, p<0,05; b, p<0,02; c, p<0,01; d, p<0,001.

TABLA III

Utilización nutritiva de fósforo en ratas controles "falsamente operadas" y con resección del 50% de intestino delgado distal.

	P ingerido mg/rata/día	P fecal mg/rata/día	P absorbido mg/rata/día	C.D.A. (%)	P urinario mg/rata/día	P retenido mg/rata/día
<i>Al mes de la resección</i>						
Experimento 1	56,0 ± 1,9	25,5 ± 2,0	30,4 ± 2,2	54,4 ± 3,2	22,3 ± 1,4	8,2 ± 1,5
Experimento 2	62,0 ± 2,0 ^{1a}	44,1 ± 1,7 ^{1d}	18,3 ± 1,3 ^{1d}	29,3 ± 1,9 ^{1d}	12,6 ± 1,5 ^{1d}	5,7 ± 2,0
Experimento 3	64,8 ± 2,5 ^{1b}	41,5 ± 1,8 ^{1d}	23,3 ± 1,1 ^{1c} _{2c}	36,0 ± 1,1 ^{1d} _{2c}	24,5 ± 1,9 ^{2d}	-1,6 ± 2,1 ^{1d} _{2b}
<i>A los tres meses de la resección</i>						
Experimento 4	48,5 ± 3,7	31,7 ± 2,5 ^{3d}	16,9 ± 1,4	34,7 ± 1,3 ^{3a}	17,7 ± 2,0	-0,8 ± 1,2 ^{3c}
Experimento 5	56,4 ± 2,6 ^{3a}	30,6 ± 1,3 ^{3d}	25,8 ± 2,0 ^{4c}	45,2 ± 2,2 ^{3c} _{4d}	20,4 ± 1,6	5,4 ± 3,0

1 = En comparación con ratas controles; 2 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 1 mes. 3 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con la misma dieta durante 1 mes. 4 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 3 meses.

a, p<0,05; b, p<0,02; c, p<0,01; d, p<0,001.

TABLA IV

Contenido de fósforo en fémur y suero de ratas controles "falsamente operadas y con resección del 50% de intestino delgado distal.

	Peso rata (g)	Peso fémur (g)	Cenizas (g)	mg P/g fémur	mg P/g cenizas	Fosfatemia mg/100 ml
<i>Al mes de la resección</i>						
Experimento 1	245,1 ± 10,9	0,41 ± 0,01	0,26 ± 0,01	103,7 ± 1,9	160,5 ± 2,8	10,6 ± 0,3
Experimento 2	216,1 ± 9,1	0,37 ± 0,02	0,23 ± 0,01	94,1 ± 1,8 ^{1c}	147,8 ± 2,5 ^{1c}	11,2 ± 0,2
Experimento 3	216,4 ± 5,6	0,35 ± 0,01	0,22 ± 0,01	101,6 ± 2,1 ^{2b}	157,3 ± 2,3 ^{2b}	10,9 ± 0,4
<i>A los tres meses de la resección</i>						
Experimento 4	266,3 ± 17,6	0,49 ± 0,02	0,33 ± 0,01	108,3 ± 3,1 ^{3d}	160,5 ± 6,2	7,2 ± 0,3 ^{1d} _{3d}
Experimento 5	276,6 ± 14,2	0,52 ± 0,01	0,34 ± 0,01	107,6 ± 2,2	163,6 ± 3,5	8,7 ± 0,3 ^{3d} _{4c}

1 = En comparación con ratas controles; 2 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 1 mes.
3 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con la misma dieta durante 1 mes. 4 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 3 meses.

a, p<0,05; b, p<0,02; c, P<0,01; d, p<0,001.

TABLA V

Utilización nutritiva de magnesio en ratas controles "falsamente operadas" y con resección del 50% de intestino delgado distal.

	Mg ingerido mg/rata/día	Mg fecal mg/rata/día	Mg absorbido mg/rata/día	C.D.A. (%)	Mg urinario mg/rata/día	Mg retenido mg/rata/día
<i>Al mes de la resección</i>						
Experimento 1	17,2±0,6	7,3±0,6	9,9±0,6	57,7±3,4	7,1±0,3	2,8±0,6
Experimento 2	17,7±0,6	11,8±0,6 ^{1d}	5,9±0,3 ^{1d}	33,6±1,8 ^{1d}	6,5±0,5	-0,6±0,4 ^{1d}
Experimento 3	16,8±0,7	9,2±0,4 ^{1b} _{2c}	7,6±0,5 ^{1c} _{2c}	45,1±1,8 ^{1c} _{2d}	6,4±0,4	1,2±0,6 ^{2a}
<i>A los tres meses de la resección</i>						
Experimento 4	14,7±1,2 ^{3a}	7,1±0,6 ^{3d}	7,6±0,9	50,8±2,9 ^{3d}	6,5±0,4	1,1±1,1
Experimento 5	15,9±0,9	8,6±0,4 ^{4a}	7,3±0,6	45,2±1,8	6,5±0,5	0,8±0,7

1 = En comparación con ratas controles; 2 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 1 mes. 3 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con la misma dieta durante 1 mes. 4 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 3 meses.

a, p<0,05; b, p<0,02; c, p<0,01; d, p<0,001.

TABLA VI

Contenido de magnesio en fémur y sangre total de ratas controles "falsamente operadas" y con resección del 50% de intestino delgado distal.

	Peso rata (g)	Peso fémur (g)	Cenizas (g)	mg Mg/g fémur	mg Mg/g cenizas	Magnesio mg/100 ml
<i>Al mes de la resección</i>						
Experimento 1	245,1 ± 10,9	0,41 ± 0,01	0,26 ± 0,01	12,7 ± 0,2	19,6 ± 0,2	8,9 ± 0,2
Experimento 2	216,1 ± 9,1	0,37 ± 0,02	0,23 ± 0,01	10,5 ± 0,3 ^{1d}	16,4 ± 0,4 ^{1d}	8,8 ± 0,2
Experimento 3	216,4 ± 5,6	0,35 ± 0,01	0,22 ± 0,01	10,9 ± 0,2 ^{1d}	16,9 ± 0,2 ^{1d}	8,8 ± 0,3
<i>A los tres meses de la resección</i>						
Experimento 4	266,3 ± 17,6	0,49 ± 0,02	0,33 ± 0,01	10,7 ± 0,2	15,7 ± 0,3 ^{1d}	8,5 ± 0,2
Experimento 5	276,6 ± 14,2	0,52 ± 0,01	0,34 ± 0,01	10,5 ± 0,3	15,9 ± 0,5 ^{1d}	8,6 ± 0,2

1 = En comparación con ratas controles; 2 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con la dieta A durante 1 mes.

3 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con la misma dieta durante 1 mes. 4 = En comparación con ratas ressecadas alimentadas con dieta A durante 3 meses.

a, p<0,05; b, p<0,02; c, p<0,01; d, p<0,001.

con dieta A durante un mes, debido a que esta dieta contiene MCT, con menor capacidad para formar jabones, ya que según Booth y col. (38) y Hanna y col. (39) el magnesio es capaz de formarlos con la grasa sobre todo insaturada. A nivel metabólico mejora la retención de magnesio ($p < 0,05$) frente a ratas desecadas alimentadas con dieta A, pero no alcanza los valores de las ratas controles.

Cuando han transcurrido tres meses desde la resección, las ratas alimentadas con dieta A tienen una ingesta de magnesio inferior ($p < 0,05$) y una menor excreción fecal ($p < 0,001$) y consecuentemente se eleva la absorción así como la eficacia digestiva ($p < 0,001$) frente al mes de la resección. Esta mayor utilización digestiva de magnesio a los tres meses de la resección indica que la hipertrofia e hiperplasia del intestino remanente (19, 20) compensa la pérdida de magnesio consiguiente a la extirpación del íleon, segmento del intestino donde la absorción de este catión es preferente (40). A nivel metabólico, aumenta la retención de magnesio debido a la mayor utilización digestiva de este mineral.

Cuando la dieta B es adicionada de ácido ursodeoxicólico y se suministra durante tres meses, se mantiene la eficacia digestiva y metabólica similar, que las ratas resecadas al mes de la resección alimentadas con dieta A.

Los niveles de magnesio en sangre total no se modifican ni al mes ni a los tres meses de la resección, en ninguna de las condiciones experimentales estudiadas, lo que era de esperar, dado el fino control a que está sometido (41, 42).

La resección disminuye el contenido de magnesio en fémur ($p < 0,001$), en cambio cuando se suministra la dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico el depósito de magnesio en fémur permanece bajo ($p < 0,001$). A los tres meses de la resección, el contenido de magnesio en fémur de ratas alimentadas con dieta A o dieta B adicionada de ácido ursodeoxicólico sigue siendo inferior ($p < 0,001$) que en ratas controles.

AGRADECIMIENTOS.-

Los autores agradecen a D.^a Rosa Jiménez su asistencia técnica y a D.^a Elisa Alcover su ayuda mecanográfica en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Gómez-Travecedo, M.T.; Barrionuevo, M. and Campos, M.S. IRCS Med. Sci. 13, 211-212 (1985).
- (2) Urban, E. and Pena, M. Am. J. Physiol. 226(6), 1304-1308, (1974).
- (3) Skapik, M. and Kyrál, V. Cesk. Gastroenterol. Vyz (Czechoslovakia) 34(2), 69-76, (1980).
- (4) Compston, J.E.; Merret, A.L.; Ledger, J.E. and Creamer, B. Gut, 23, 310-315, (1982).
- (5) Compston, J.G. and Creamer, B. Gut, 18, 171-175, (1977).
- (6) Dowling, R.H. and Booth, C.C. Clin. Sci. 32, 139-149, (1967).
- (7) Rudo, N.; Deveney, C.W. and Way, L.W. J. Surg. Res. 26, 540-546, (1976).
- (8) Weser, E. and Hernández, M.H. Gastroenterology, 60, 69-75, (1971).

- (9) Tandon, R.K., Rodgers, J.B. and Balint, J.A. *Dig. Dis.* 17, 233-238, (1972).
- (10) Zurier, R.B.; Campbell, R.G. and Hashim, S.A. *N. Engl. J. Med.* 274, 490-493, (1966).
- (11) Ruppin, D.C. and Midleton, W.R.J. *Drugs (Australia)* 2033, 216-224, (1980).
- (12) Larusso, N.F. and Thistle, J.L. *Digestive Diseases and Sciences*, 26(8), 705-709, (1981).
- (13) Krag, E. and Phillips, S.F. *J. Clin. Invest.* 53, 1686-1694, (1974).
- (14) Murillo, M.L.; Campos, M.S.; Mataix, F.J. and Varela, G. *Rev. Esp. Fisiol.* 34, 365-370, (1978).
- (15) Fiske, C.H. and Subbarrow, J. *Biol. Chem.* 66, 375-400, (1925).
- (16) Ray Sarkar, B.C. and Chauchan, U.P.S. *Anal. Biochem.* 20, 155, (1967).
- (17) Bogatzki, G. *Archiv. für das Eisenhüttenwesen* 12, 195, (1938).
- (18) Zilversmit, D.B. and Davis, A.K. *J. Lab. Clin. Med.* 35, 155-160, (1950).
- (19) Eastin, W.C.; Wilson, H.D. and Schedl, H.P. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 163, 553-557, (1980).
- (20) Wilson, H.D. and Schedl, H.P. *Digestion* 26(4), 224-230, (1983).
- (21) Wensel, R.H.; Rich, C.; Brown, A.C. and Volwiller, W.J. *Clin. Invest.* 48(9), 1768-1772, (1969).
- (22) Winter, M.; Morava, E.; Horvath, T.; Simon, G. and Sos, J. *Br. J. Nutr.* 28, 105-111, (1972).
- (23) Yang, M.G. and Thomas, J.W. *J. Nutr.* 87, 444-458, (1965).
- (24) Wilson, H.D. and Schedl, H.P. *Amer. J. Nutr.* 45(2), 437-442, (1987).
- (25) Kumar, R. *Physiol. Rev.* 64, 478-504, (1984).
- (26) Arnaud, S.B.; Goldsmith, R.S.; Lambert, P.V. and Go, V.L.W. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 149-570-572, (1975).
- (27) Barrionuevo, M.; Murillo, M.L. and Campos; M.S. XVIII Congreso Nacional de la S.E.C.F. 13-15 Diciembre, Valencia (1979).
- (28) Williams, M.L.; Rose, C.S.; Morrow, G. III, Sloan, S.E. and Barness, L.A. *Amer. J. Clin. Nutr.* 23(10), 1322-1330, 1970.
- (29) Compston, J.E.; Horton, L.W.L.; Laker, M.F.; Ayers, A.B.; Woodhead, J.L.; Bull, H.J.; Gazet, J.C. and Pilkington, T.R.E. *Lancet*, 2, 1-4, (1978).
- (30) Kruse, H.P.; Kuhlencord, F.; Montz, R.; Ringe, J.D. and Koch, G. *Dtsch. Med. Wochenschr.* 106(38), 1219-1223, (1981).
- (31) Kowarski, S. and Schachter, D.J. *Biol. Chem.* 244, 211-217, (1969).
- (32) Van deest, B.V.; Fordtran, J.C.; Morawski, S.G. and Wilson, J.D. *J. Clin. Invest.* 47(1), 1314-1324, (1968).
- (33) Fabakoff, B.D.; Kendrick, N.C. and de Luca, H. F. *Am. J. Physiol.* 243(6), E 470-E 475, (1982).
- (34) Wasserman, R.H. *Fed. Proc.* 40(1), 68-72, (1981).
- (35) Sewell, L.; Trout, E.C. Jr.; Field, H. Jr. and Treadwell, C.R. *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.* 92, 613-615, (1956).
- (36) Bringhurst, F.R. and Potss, J.T. En: "Endocrinología" de L.J. de Groot y col. vol. II, p. 739-787, Panamericana. Buenos Aires (1981).
- (37) Opie, L.H.; Hunt, B.G. and Finlay, J.M. *Gastroenterology*, 47, 415-420, (1964).
- (38) Booth, C.C.; Babouris, M.B.; Hanna, S. and Mac Intyre, J. *Br. med. J.* ii, 141-143, (1963).
- (39) Hanna, S.; Harrison, M.; Mac Intyre, J. and Fraser, R. *Lancet* ii, 172-175, (1960).
- (40) Mitchell, H.S.; Rynbergen, H.J., Anderson, L. and Dibble, M.V. En: "Nutrición y dieta" de Cooper, p. 47-74, editado por Nueva editorial interamericana, S.A. de C.V. México (1978).
- (41) Keating, F.R.; Jones, J.D.; Elveback, L.R. and Randall, R.V. *J. Lab. Clin. Med.* 73, 825-834, (1969).
- (42) Rico, J. En: "Deficiencia de magnesio" editado por A. Rapado, p. 11-24, Zaragoza, (1981).