

NIVEL PROTEINICO DIETARIO DURANTE LA GESTACION. SU INFLUENCIA SOBRE EL REPARTO MATERNO-FETAL DE SUSTRATOS

*Ascención Marcos¹, Pilar Varela², María Teresa Unzaga³, Emilia Muñoz
Martínez³, Berta Jiménez-Gancedo⁴ y Gregorio Varela⁵*

Facultad de Farmacia
Universidad Complutense
Madrid, España

RESUMEN

En vista de la influencia que la concentración proteínica de la dieta materna tiene en el desarrollo del proceso gestacional y sus consecuencias sobre el crecimiento neonatal, se estudiaron, en ratas, las variaciones que el aporte de distintos niveles de proteína dietaria, 10^o/o, 4^o/o y 20^o/o durante la gestación, ejerce en la eficiencia de utilización del alimento y en el reparto materno-fetal de sustratos. Con este propósito, se hicieron comparaciones entre las tres situaciones dietarias, y el efecto de la gestación se observó comparando las ratas gestantes con las no gestantes, con cada una de las dietas sometidas a estudio.

Se determinó la ingesta, parámetros ponderales y eficiencia de conversión alimentaria (ECA) en ratas adultas, así como los parámetros ponderales de los neonatos.

Según se pudo apreciar, tanto en los animales gestantes como en los no gestantes la ECA varió en función directa a la cantidad de proteína ingerida, mientras que durante la gestación se elevó en todas las situaciones dietarias. Por otra parte, la variabilidad ponderal de madres y neonatos, consecutiva a los cambios de proteína en la dieta, afectó también el reparto materno-fetal de sustratos. Este último fue modificado en los animales sometidos a las dietas que contenían 4^o/o y 20^o/o de proteína, dando lugar a una retención de sustratos en los tejidos maternos, en perjuicio del desarrollo neonatal.

Manuscrito modificado recibido: 6-3-86.

1 Becario Post-doctoral del Instituto de Nutrición del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, España.

2 Profesor Ayudante del Departamento de Fisiología Animal, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, Madrid, España.

3 Profesor Titular de Fisiología Animal de la citada Facultad.

4 Doctorando en el Departamento de Fisiología Animal, Facultad de Farmacia.

5 Catedrático de Fisiología Animal y Director del Instituto de Nutrición, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense, 28040, Madrid, España.

INTRODUCCION

El desarrollo y crecimiento fetal están condicionados por el estado nutricional de la madre, antes y durante el período gestacional.

Sin embargo, hasta el momento no se ha establecido con claridad cuáles son los requerimientos nutricionales durante dicho período, ni cómo se realiza la distribución materno-fetal de nutrientes.

En este sentido, Freinkel, Phelps y Metzger (1) afirman que la concentración de metabolitos individuales existentes en la circulación materna, determina cuáles son disponibles para el feto.

Por su parte, la placenta juega también un papel de gran importancia en el desarrollo intrauterino, ya que según Cornblath y Schwartz (2), los mecanismos de transporte placentario son los últimos en regular la disponibilidad de nutrientes para el feto.

Para su desarrollo este órgano necesita un aporte adecuado de sustratos, en especial de nitrógeno a fin de cubrir su propia síntesis proteínica (3, 4).

En este sentido, Rosso (5) y Laga, Driscoll y Munro (6) han encontrado placentas deficitarias en madres alimentadas con una dieta baja en proteínas. Como resultado, el crecimiento fetal disminuye, según han constatado Morgan y Winick (7).

Por el contrario, la suplementación dietaria de proteína a madres malnutridas mejora el crecimiento fetal (8), dado que la gestación parece requerir un mayor aporte de proteínas y energía que favorezca el *status* metabólico materno y el crecimiento fetal.

No obstante, estudios recientes han demostrado que una ingesta excesiva de proteína en mujeres gestantes normales puede deteriorar el crecimiento fetal (9).

En vista de la influencia que la concentración de proteína en la dieta parece tener sobre el proceso de la gestación, este trabajo fue orientado hacia el estudio de las variaciones que en la eficiencia alimentaria y en el reparto materno-fetal de sustratos, tiene el aporte de distintos niveles de proteína en la dieta (4^o/o, 10^o/o y 20^o/o).

Para ello, se investigó: 1) El efecto que las distintas dietas ejercen sobre la eficiencia de utilización alimentaria en ratas gestantes y no gestantes. 2) El efecto de la gestación sobre la eficiencia alimentaria en cada una de las situaciones dietarias estudiadas y 3) El efecto de la dieta ingerida, durante la gestación, sobre la distribución materno-fetal de nutrientes.

Con dicha finalidad, se determinaron los siguientes parámetros:

a) En ratas gestantes y no gestantes: ingesta/rata/día, peso final, ganancia ponderal/rata/día, eficiencia de utilización o conversión alimentaria (ECA) (10), y ganancia neta total.

b) En ratas gestantes a término: peso post-parto, pérdida de peso por parto, y variaciones ponderales de los tejidos intrauterinos.

c) En recién nacidos: peso individual del neonato, peso de la camada, número de neonatos por camada, y la relación peso camada/peso materno.

MATERIAL Y METODOS

Se utilizaron 60 ratas de la cepa Wistar, con un peso inicial promedio de 160 ± 10 g, las que fueron divididas en tres lotes, en función del nivel proteínico de la dieta: 1) Lote Control, alimentado con una dieta basal al 100/o de proteína (caseína + DL-metionina); 2) Lote Malnutrido, sometido a una dieta con 40/o de proteína (caseína + DL-metionina) y 3) Lote Hiperproteínico, al que se administró una dieta moderadamente alta en proteína: 200/o (caseína + DL-metionina).

Según se observa en la Tabla 1, las tres dietas utilizadas eran isocalóricas entre sí (11). A su vez, cada lote fue dividido en dos grupos: a) de ratas no gestantes (NG) y b) de ratas gestantes (G).

TABLA 1

COMPOSICION TEORICA DE LAS DIETAS UTILIZADAS
(Expresada en g/100 g dieta)

Ingredientes	Lotes		
	Malnutrido	Control (11)	Hiperproteínico
Caseína	3.80	9.80	19.80
DL-metionina	0.20	0.20	0.20
Azúcar	41.02	38.02	33.02
Almidón	41.02	38.02	33.02
Celulosa	5.00	5.00	5.00
Aceite) Oliva	5.00	5.00	5.00
) Girasol	0.50	0.50	0.50
Corrector mineral ¹	3.34	3.34	3.34
Corrector vitamínico ²	0.12	0.12	0.12

1 El corrector mineral contiene (mg/100 g dieta): yoduro potásico 0.029; sulfato de cobre.5H₂O 2.472; fluoruro sódico 0.2431; sulfato de manganeso.H₂O 16.92; sulfato ferroso.7H₂O 19.904; carbonato magnésico 76.978; sulfato magnésico.7H₂O 225.0; fosfato bicálcico 1476.03; fosfato dipotásico 359.92; carbonato cálcico 412.40; carbonato de zinc 2.556; bicarbonato potásico 610.343; óxido de cromo 0.048; seleniato de sodio 0.024; cloruro sódico 141.10.

2 El corrector vitamínico contiene (mg/1000 g dieta): colina 1111; ácido fólico 1.11; niacina 22.22; pantotenato cálcico 8.88; riboflavina 3.33; tiamina 4.44; piridoxina 6.60; cianocobalamina 0.055; vitamina A 4444.44 U.I.; vitamina D 1111.11 U.I.; vitamina E 33.33 U.I., menadiona 0.055.

Todos los animales se sometieron a un período de adaptación a las dietas durante una semana. Con el fin de obtener las ratas gestantes, se procedió al cruce de la mitad de los animales de cada lote. Para ello, un macho fue alojado con dos hembras, comprobando la fecundación por aparición de esperma en la vagina.

A lo largo del período experimental (21 días), los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales, ubicadas en una habitación termostregulada (23°C) e iluminada de 08 a 20 horas.

Durante todo el experimento se suministró agua y dieta *ad libitum*, controlando diariamente la ingesta y el peso.

Inmediatamente después del parto, los neonatos se recogieron en condiciones adecuadas, y se pesaron individualmente, y por camada.

La eficiencia de conversión del alimento (ECA), se calculó como sigue: incremento de peso rata/día/gramos sustancia seca ingerida/rata/día.

Los resultados se expresaron como valores promedio \pm EE (error estándar). El tratamiento estadístico se realizó mediante la prueba "t" de Student (12), y la probabilidad menor de 0.05 fue considerada significativa.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de los Distintos Niveles de Proteína Dietaria sobre la Eficiencia Nutricional, y su Repercusión en la Ingesta, y Parámetros Ponderales de Ratas no Gestantes

A partir de la comparación entre los grupos de animales no gestantes sometidos a las dietas utilizadas en este estudio, se deduce —según se observa en la Tabla 2— que a medida que se incrementa el contenido proteínico de la dieta, la cantidad de alimento ingerido disminuye paulatinamente. Este descenso se hace significativo en los animales sometidos a la dieta con 20% de proteína al compararlos tanto con las ratas que recibían 40% como con las que consumían 10% de proteína, sin que existieran diferencias significativas entre estos dos últimos grupos.

Estos resultados sugieren que en ratas vírgenes, la malnutrición proteínica (4%) no altera los niveles de ingesta en relación a las control (10%), produciéndose un menor consumo alimentario cuando la tasa proteínica dietaria se eleva a 20%.

Esta disminución en el alimento consumido, como consecuencia de un elevado porcentaje de proteína en la dieta, ha sido también señalado por Leung y Rogers (13). A este respecto, Munro (14) indica que el exceso de aminoácidos dietarios puede deprimir los centros cerebrales del apetito, determinando así una reducción general de la ingesta.

Por otra parte, el peso final de las ratas no gestantes aumenta en proporción directa a la cantidad de proteína ingerida, lo que lleva a un incremento paulatino de la ganancia neta.

Así, la malnutrición proteínica provoca un descenso de 9.50% en el peso final, en relación a los controles. De acuerdo con Mc Lean y Graham (15), este resultado indica que la malnutrición origina una pérdida de estructuras proteínicas por carencia de este sustrato en la dieta, impidiendo así la función plástica de las proteínas.

A pesar de ello, los animales malnutridos son capaces de mantener un crecimiento positivo (14.30%) sobre su peso inicial. Por otra parte, la dieta hiperproteínica conduce a una elevación ponderal de 9.40%, respecto al grupo control, lo que se corresponde con el aumento encontrado en el incremento de peso/rata/día.

En el mismo sentido, Ward y Buttery (16) indican una ganancia ponderal diaria de 3.4 y 3.7 g, respectivamente, en ratas al destete que ingieren dietas con dos niveles distintos de proteína (15 y 25%). Además, estos

TABLA 2

EFECTO DE LA DIETA SOBRE INGESTA, PARAMETROS PONDERALES Y ECA EN RATAS NO GESTANTES

	Lotes		
	Malnutrido	Control	Hiperproteínico
Ingesta (g s.s./rata/día)	14.24 ± 0.38	13.89 ± 0.33	12.53 ± 0.56*
Peso inicial (g)	155.36 ± 4.30	162.15 ± 4.78	164.10 ± 1.73
Peso final (g)	177.56 ± 5.38*	196.18 ± 4.76	214.66 ± 3.16**
Incremento peso/rata/día (g)	1.16 ± 0.25	1.80 ± 0.36	2.75 ± 0.34*
Ganancia neta ^a (g)	22.16 ± 3.67*	33.95 ± 3.80	50.11 ± 2.40**
Eficiencia de conversión del alimento (ECA)	0.08 ± 0.01*	0.13 ± 0.01	0.22 ± 0.02**

Valores medios de 10 animales ± EE.

* Indica diferencias significativas frente al lote control.

** Indica diferencias significativas entre los lotes malnutrido e hiperproteínico. Mínimo nivel, $P < 0.05$.

^a Peso final - peso inicial.

EE = Error estándar.

resultados se podrían relacionar con un mayor depósito de grasa en el carcás, que conduciría a una cierta obesidad.

Asimismo, Donald, Pitt y Pohl (17), encuentran que una dieta alta en proteína (25%) origina un depósito de grasa superior al determinado con menores niveles de proteína en la dieta. Esto induce a los citados autores, a afirmar que las ratas sometidas a porcentajes elevados de proteína dietaria, conservan su energía más eficazmente, pudiendo transformarse en obesas.

En lo que respecta a la eficiencia de conversión alimentaria, es factible deducir la existencia de una variación similar a la encontrada en la ganancia ponderal. En otras palabras, ello significa que a medida que el tanto por ciento de proteína en la dieta se eleva, dicha razón se incrementa.

A nuestro juicio, el descenso en la ECA de los animales malnutridos parece ser consecuencia de la limitación de la proteína ingerida, a pesar de la invariabilidad en la ingesta. A ello se une la posible utilización de sus propios sustratos, impidiéndoles alcanzar los niveles de control.

En cuanto a la dieta del 20% de proteína, el mayor depósito corporal en sustratos parece estar determinado por un mejor aprovechamiento alimentario, a pesar de la menor ingesta.

Todo parece señalar, por lo tanto, que el porcentaje de la proteína dietaria puede actuar como factor limitante en lo que al aprovechamiento de la ingesta se refiere.

Efecto de los Distintos Niveles de Proteína Dietaria sobre la Eficiencia Alimentaria, y su Repercusión en la Ingesta y Parámetros Ponderales de Ratas Gestantes

Según se observa en la Tabla 3, tanto el exceso como la deficiencia proteínica provocan en los animales gestantes, una disminución del 19% de la ingesta en relación a los animales sometidos a la dieta control.

TABLA 3

EFFECTO DE LA DIETA SOBRE INGESTA, PARAMETROS PONDERALES Y ECA EN RATAS GESTANTES

	Lotes		
	Malnutrido	Control	Hiperproteínico
Ingesta (g s.s./rata/día)	14.60 ± 0.24*	18.04 ± 0.65	14.97 ± 0.45*
Peso pre-parto (g)	202.05 ± 4.25*	268.80 ± 2.75	281.15 ± 3.38**
Incremento peso/rata/día (g)	2.32 ± 0.38*	5.12 ± 0.08	5.58 ± 0.54
Ganancia neta ^a (g)	8.02 ± 3.44*	37.98 ± 4.62	60.89 ± 3.36**
Eficiencia de conversión del alimento (ECA)	0.16 ± 0.01*	0.28 ± 0.01	0.37 ± 0.03**

Valores medios de 10 animales ± EE.

* Indica diferencias significativas frente al lote control.

** Indica diferencias significativas entre los lotes malnutrido e hiperproteínico. Mínimo nivel, $P < 0.05$.

^a Peso post-parto — peso inicial.

EE = Error estándar.

Por otra parte, y al igual que observáramos en las ratas no gestantes, el peso pre-parto de los animales gestantes acusa valores que están en función directa del porcentaje de proteína ingerida. Así, los valores más bajos corresponden a los animales que recibían 40% de proteína, mientras que los más altos corresponden a los sometidos al 20% de proteína.

No obstante, en lo que a la evolución ponderal durante la gestación se refiere (incremento peso/rata/día), no existen diferencias significativas entre los animales que ingirieron las dietas más altas en proteína (10% y 20%). En cambio, los animales malnutridos presentan una menor ganancia de peso diario. En este sentido, Morgan y Winick (7) informan un descenso en el peso materno de ratas gestantes malnutridas, frente a las bien alimentadas.

Cabe señalar, no obstante, y de acuerdo con la Figura 1, que la variación ponderal ocurre en todos los grupos sometidos a estudio, dos períodos que guardan correspondencia con las fases anabólica y catabólica de la gestación en la rata (6) (18), y cuyo límite tiene lugar el día 14 de dicho período. Este efecto se produce a consecuencia de la mayor rapidez en el crecimiento del producto de la concepción, que ocurre entre

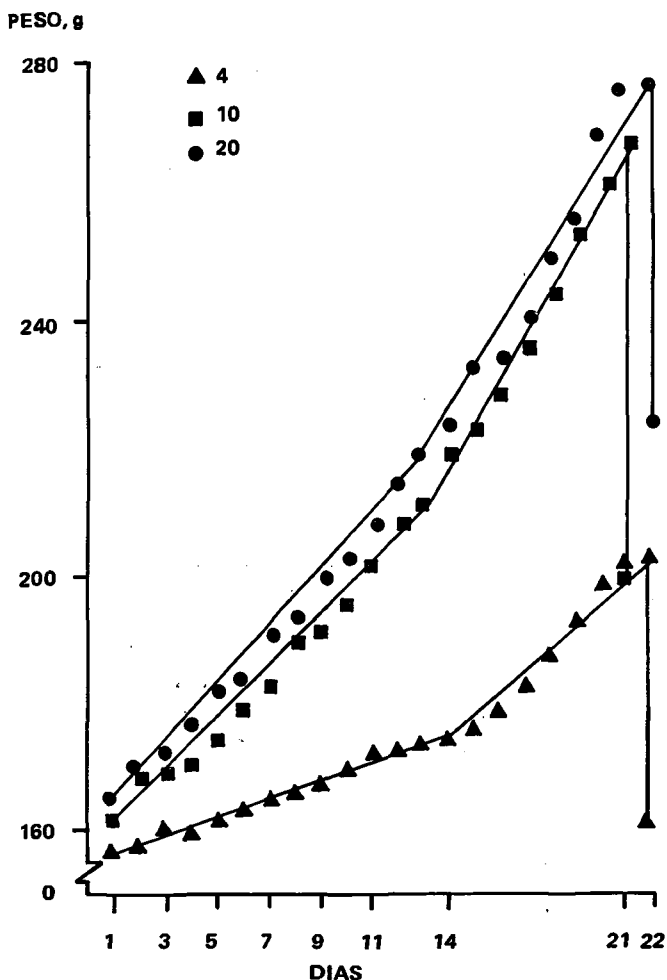


FIGURA 1

Evolución ponderal en ratas gestantes

los días 14 y 21 del proceso.

En cuanto al depósito corporal materno al postparto, éste parece estar condicionado por la dieta ingerida durante la gestación. Así, los animales malnutridos presentan un descenso de la ganancia neta de 79% respecto a las ratas control, mientras que las alimentadas con 20% de proteína acusan un incremento de 60% respecto al grupo control. Ello significa que también el depósito tisular materno después del parto está en función directa al porcentaje de proteína ingerida.

Los resultados anteriores se corresponden con los valores encontrados para la ECA, los cuales se elevan en los animales sometidos a la dieta hiperproteínica y disminuyen en las ratas malnutridas, en comparación con las ratas control. Todo ello señala que durante la gestación este parámetro parece depender básicamente del nivel proteínico de la dieta ingerida.

Efecto de la Gestación sobre la Eficiencia Alimentaria y su Repercusión en la Ingesta, y Parámetros Ponderales en Cada Nivel Dietario

Los resultados comparativos entre los animales no gestantes y gestantes correspondientes a cada dieta, señalan la existencia de un fenómeno de hiperfagia gestacional. Este se hace significativo en los animales bien alimentados (100/o y 200/o proteína), lo que favorece la formación de las nuevas estructuras durante la gestación (Tabla 4). Dicho incremento de ingesta durante el período de gestación, ha sido observado también en la mujer en el segundo y tercer trimestre del embarazo (5).

Sin embargo, el nivel de ingesta no se modifica en los animales gestantes malnutridos respecto a sus controles no gestantes, lo que sugiere que el aporte de una dieta baja en proteína, impide la hiperfagia gestacional.

Es obvio que la cantidad de alimento consumido por los animales malnutridos no puede satisfacer la mayor necesidad de nutrientes durante la gestación. De acuerdo con Hasting-Roberts y Zeman (19), ello es causa de una mayor deficiencia dietaria, ya que a la pérdida proteínica se une la pérdida calórica.

Por otra parte, tanto en las ratas gestantes del 100/o como en las del 200/o de proteína, el incremento de la ingesta favorece un aumento del peso final pre-parto. Este último llega a ser de 300/o aproximadamente, respecto al alcanzado por las ratas vírgenes en ambas dietas.

De acuerdo con estos datos, Beaton *et al.* (20) señalan que desde la primera semana de gestación en la rata se produce una retención de lípidos del carcás, que continúa hasta cerca del alumbramiento, momento en que se libera el exceso de proteínas.

Además, Zartarian, Galler y Munro (21) informan que los requerimientos para la ganancia ponderal durante la gestación, son mayores que para el mantenimiento del estado no gestante.

Sin embargo, esta elevación ponderal no se produce a un ritmo diario semejante en todos los lotes. Mientras que el incremento de peso/rata/día es de 1840/o en los animales sometidos al 100/o de proteína, en las ratas que ingirieron las dietas de 200/o y 40/o de proteína, éste alcanza solamente 1000/o sobre los valores de las ratas no gestantes.

Todo ello conduce a una retención materna de sustratos, que varía en función de la dieta. Así, los animales gestantes sometidos a la dieta de 200/o de proteína tienen una ganancia ponderal neta de 21.50/o mayor que sus controles no gestantes después del parto.

Por el contrario, a pesar del alto incremento diario de peso, la dieta con 100/o de proteína, no permite retener un exceso de sustratos, ya que su ganancia ponderal neta no difiere de la de las ratas no gestantes.

En cuanto a los animales gestantes malnutridos, aun cuando acusan un aumento en el peso pre-parto respecto al peso final de sus controles no gestantes, la ganancia neta es 330/o inferior en el caso de las ratas gestantes, en relación a las ratas vírgenes.

Con cualquier dieta, el aprovechamiento alimentario, determinado por el nivel de la ECA, es más alto en ratas gestantes que en no gestantes, lo que estaría en consonancia con el aumento de las necesidades nutricionales durante el período gestacional.

TABLA 4

EFFECTO DE LA GESTACION SOBRE INGESTA, PARAMETROS PONDERALES Y ECA EN CADA UNA DE LAS SITUACIONES DIETARIAS ESTUDIADAS

	Lotes					
	Malnutrido		Control		Hiperproteínico	
	NG	G	NG	G	NG	G
Ingesta (g s.s./rata/día)	14.24 ± 0.38	14.60 ± 0.24	13.89 ± 0.33	18.04* ± 0.65	12.53 ± 0.56	14.97* ± 0.45
Peso inicial (g)	155.36 ± 4.30	153.58 ± 2.21	162.15 ± 4.78	161.11 ± 1.60	164.10 ± 1.73	163.97 ± 1.79
Peso final ^a (g)	177.56 ± 5.38	202.05* ± 4.25	196.18 ± 4.76	268.80* ± 2.75	214.66 ± 3.16	281.15* ± 3.38
Incremento peso / rata/ día (g)	1.16 ± 0.25	2.32* ± 0.38	1.80 ± 0.36	5.12* ± 0.08	2.75 ± 0.34	5.58* ± 0.54
Ganancia neta ^b (g)	22.16 ± 3.67	8.02* ± 3.44	33.95 ± 3.80	37.98 ± 4.62	50.11 ± 2.40	60.89* ± 3.36
Eficiencia de conversión del alimento (ECA)	0.08 ± 0.01	0.16* ± 0.01	0.13 ± 0.01	0.28* ± 0.01	0.22 ± 0.02	0.37* ± 0.03

Valores medios de 10 animales ± EE.

* Indica diferencias significativas entre los grupos NG y G dentro de cada lote. Mínimo nivel, P < 0.05.

^a En animales gestantes se considera el peso final al peso pre-parto.

^b En animales no gestantes: peso final - peso inicial.
En animales gestantes: peso postparto - peso inicial.
NG = No gestantes; G = Gestantes.

Efecto de los Distintos Niveles de Proteína Dietaria sobre los Parámetros Ponderales de las Madres al Parto, y de los Neonatos. Su Influencia en el Reparto Materno-fetal de Nutrientes

Como se ha venido observando, la malnutrición proteínica condiciona el desarrollo normal de la gestación en la rata, lo que origina efectos deletéreos sobre el crecimiento fetal.

Así, según se indica en la Tabla 5, la pérdida de peso por parto de las ratas gestantes malnutridas —que corresponde a la suma de los pesos de la camada y de los tejidos intrauterinos— disminuye 42% en relación al de las gestantes controles (100%). De ello se deduce que tanto la masa uterina como la fetal sufren el efecto de la dieta.

Los pesos de los tejidos intrauterinos y de la camada disminuyen de esta forma en 67% y 36%, respectivamente, en relación a las ratas control, lo que indica que los primeros son los más afectados por la carencia proteínica en la dieta.

TABLA 5

EFFECTO DE LA DIETA SOBRE LOS PARAMETROS PONDERALES DE LAS MADRES AL MOMENTO DEL PARTO Y DE SUS NEONATOS

	Lotes		
	Malnutrido	Control	Hiperproteínico
Pérdida peso por parto (g)	40.65 ± 3.20*	69.69 ± 4.11	56.29 ± 2.75**
Tejidos intrauterinos (g)	4.54 ± 0.36*	13.74 ± 1.46	6.13 ± 0.44**
Peso camada (g)	35.71 ± 1.56*	55.97 ± 2.75	50.12 ± 3.07
Peso camada/peso madre	0.17 ± 0.003*	0.21 ± 0.002	0.18 ± 0.002*
Peso individual neonato (g)	4.70 ± 0.06*	5.37 ± 0.53	5.25 ± 0.04
Número neonatos/camada	7.62 ± 0.42*	10.50 ± 0.84	9.55 ± 0.67

Valores medios de 10 animales ± EE.

* Indica diferencias significativas frente al lote control.

** Indica diferencias significativas entre los lotes malnutrido e hiperproteínico. Mínimo nivel, $P < 0.05$.

EE = Error estándar.

Asimismo, la razón peso camada/peso materno resulta ser 15% más baja que en las ratas control, lo que parece estar condicionado por el descenso en el peso individual y en el número de neonatos por camada.

Del mismo modo, la administración de la dieta hiperproteínica a la madre, origina una depleción de todos los tejidos relacionados con la concepción y el desarrollo fetal.

La pérdida de peso por parto, por lo tanto, desciende 19% respecto a los valores control, reflejándose en la disminución ponderal de los tejidos intrauterinos (55%). Esto se debe a que el peso de la camada, condicionado a su vez por el peso individual del neonato y el número de crías

por camada, no se modifica, a pesar de su tendencia a disminuir.

También aparece un decrecimiento muy significativo en la razón peso camada/peso materno, que llega a ser de la misma entidad que en los animales malnutridos.

Los resultados obtenidos sugieren que la ingestión de dietas de carácter tanto hipo como hiperproteínico, afectan en gran medida el crecimiento fetal y el desarrollo de los tejidos intrauterinos, condicionando negativamente el proceso gestacional.

No obstante, los mecanismos determinantes en cada caso, parecen ser de distinta naturaleza: la disminución de los sustratos necesarios podría ser la causa fundamental de los efectos de la malnutrición. A pesar de ello, cabe hacer constar que con la dieta que contenía 40% de proteína, la madre utiliza en beneficio del feto, gran parte de las reservas de nutrientes acumuladas durante la gestación, que deberían servir para su propio mantenimiento corporal.

Por el contrario, las reservas pre-gestacionales de madres malnutridas no parecen ser utilizadas en beneficio del feto, como se deduce de la ganancia ponderal positiva que presentan estos animales en relación con su propio peso inicial.

De acuerdo con lo expuesto, Frazer y Huggett (22) subrayan que el feto compete con la madre por los nutrientes, pero únicamente por aquellos que se han ingerido y almacenado durante la gestación y nunca por los que existían en los tejidos maternos al momento de la concepción.

El hecho de que las ratas gestantes malnutridas conserven una ganancia ponderal positiva sobre su peso inicial, y de que exista una disminución en el peso de los fetos frente a las del lote control, indica —de acuerdo con Rosso (23)— que la división de nutrientes no parece favorecer al producto de la concepción en relación con la madre.

Estos datos están corroborados por Rasmussen y Fellows (24), quienes observan un reparto de nutrientes más favorable para la madre que para el feto, en situaciones de malnutrición.

Por lo tanto, no se produjo el efecto de parasitismo fetal descrito por Naismith (18) en las condiciones experimentales aplicadas en nuestro estudio.

En cuanto a la madre gestante alimentada con la dieta de 20% de proteína, no parece utilizar el notable exceso de sustratos acumulados durante la gestación en beneficio del producto de la concepción. Más bien le cede una cantidad menor que la transferida por las ratas cuyas dietas contenían 10% y 40% de proteína.

Por consiguiente, la dieta hiperproteínica parece ejercer también un efecto deletéreo sobre el crecimiento fetal, a pesar del exceso de sustratos disponibles por la madre, cuyo máximo aprovechamiento nutricional parece dirigirse principalmente a incrementar sus propios depósitos, en perjuicio del feto.

A este respecto, Susser (9) señala que la ingesta incrementada de proteínas durante la gestación, puede producir un menor peso al nacimiento y un exceso de mortalidad de niños prematuros.

El efecto de ambas dietas (4 y 20%) podría originarse como consecuencia de un proceso de intercambio materno-fetal de sustratos deficiente, a través de una placenta poco desarrollada, afectándose el crecimiento normal de los fetos.

A nuestro juicio, se establece, pues, una competencia feto-materna por los sustratos, cuando la nutrición de la madre se efectúa con niveles proteínicos en la dieta de 40/o y de 200/o de proteína, que se dirime en ambos casos en favor de la madre y a expensas del feto. El reparto de nutrientes en la unidad materno-fetal, en consecuencia, parece modificarse dependiendo del nivel proteínico de la dieta ingerida por la madre durante el proceso de gestación.

SUMMARY

DIETARY PROTEIN LEVEL. ITS EFFECTS ON SUBSTRATES PARTITION BETWEEN DAMS AND OFFSPRINGS

It is well known that the dietary protein level influences both the pregnancy process and development of the offspring. Therefore, a study was carried out to determine the effect that different protein percentages: 100/o, 40/o and 200/o in diets administered to rats during pregnancy, had on food efficiency and on the substrates partition between rat dams and their neonates.

Experimentation was thus carried out over a period of 21 days (pregnancy) and comparisons were made with well-nourished rats receiving 100/o protein (controls) and between one and other group. Moreover, the effect on pregnancy was observed by comparing pregnant rats with non pregnant rats within each dietary situation.

Food intake, weight parameters and food efficiency ratio were recorded in adult rats. Weight parameters were also evaluated in newborns.

As results revealed, the highest the protein level in the diet, the highest the food efficiency ratio, both in the pregnant group and in the non pregnant group. Weight changes were determined in rat dams and their neonates, as a consequence of the different protein intakes. These also involved alterations in the substrates partition between the mothers and their offspring. Such findings might lead to the retention of substrates by the maternal tissues and, hence, to impairment of neonatal development.

BIBLIOGRAFIA

1. Freinkel, N., R. L. Phelps & B. E. Metzger. Intermediary metabolism during normal pregnancy. En: *Carbohydrate Metabolism in Pregnancy and the Newborns*. H. W. Sutherland & J. M. Stowers (Eds.). 2nd ed. Aberdeen, Int. Colloq. Berlin, Springer, 1979.
2. Cornblath, M. & R. Schwartz. *Disorders of Carbohydrate Metabolism in Infancy*. 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 1976, p. 29-71.
3. Carroll, M. J. & M. Young. The relationship between placental protein synthesis and transfer of amino acids. *Biochem. J.*, **210**: 99-105, 1983.
4. Munro, H. N. Placenta in relation to nutrition. *Fed. Proc.*, **39**: 236-238, 1980.
5. Rosso, P. Placental growth development and function in relation to maternal nutrition. *Fed. Proc.*, **39**: 250-254, 1980.
6. Laga, E. M., S. G. Driscoll & H. N. Munro. Comparison of placentas from two socioeconomic groups. I. Morphometry. *Pediatrics*, **50**: 24-30, 1972.
7. Morgan, B. L. G. & M. Winick. The effect of malnutrition on some aspects of RNA metabolism in the maternal liver and fetal tissues at different stages of

- pregnancy in the rat. *J. Nutr.*, **107**: 1694-1701, 1977.
8. Mora, J. O., B. de Paredes, L. Wagner, L. de Navarro, J. Suescun, N. Christiansen & M. G. Herrera. Nutritional supplementation and the outcome of pregnancy. I. Birth weight. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 455-462, 1979.
 9. Susser, M. Prenatal nutrition, birth weight and psychological development: an overview of experiments quasi-experiments and natural experiments in the past decade. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 784-803, 1981.
 10. **Nutritional Evaluation of Protein Foods.** Peter L. Pellett and Vernon R. Young (Eds.). Report of a working group sponsored by the International Union of Nutritional Sciences and the United Nations University World Hunger Program. Tokyo, The United Nations University, 1980, 154 p. (WHTR-3UNUP-129).
 11. National Research Council. **Nutrient Requirements of Laboratory Animals.** 3rd. ed. Washington, D. C., Rev. National Academy of Sciences, 1978, p. 7-37.
 12. Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. Estimación y tests de hipótesis. En: **Biometría: Los Principios y la Práctica de la Estadística en la Investigación Biológica.** H. Blume (Ed.). Madrid, Héroes, 1979, p. 145-194.
 13. Leung, P. M. B. & Q. R. Rogers. Food intake regulation by plasma amino acid pattern. *Life Sci.*, **8**: 1-7, 1969.
 14. Munro, H. N. Nutritional consequences of excess amino acid intake. En: **Nutritional Improvement of Food and Feed Proteins.** H. D. Friedman, (Ed.). London, New York, Plenum Press, 1978, p. 119-127.
 15. Mc Lean, W. L. & G. C. Graham. The effect of level of protein intake in isoenergetic diets on energy utilization. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**: 1381-1387, 1979.
 16. Ward, L. C. & P. J. Buttery. Dietary protein intake and 3-methyl-histidine excretion in the rat. *Br. J. Nutr.*, **44**: 381-390, 1980.
 17. Donald, P., G. C. Pitt & S. L. Pohl. Body weight and composition in laboratory rats. Effects of diets with high or low protein concentrations. *Science*, **211**: 185-186, 1981.
 18. Naismith, D. J. The requirements for protein and the utilization of protein and calcium during pregnancy. *Metabolism*, **15**: 582-595, 1966.
 19. Hasting-Roberts, M. & F. Zeman. Effects of protein deficiency pair-feeding or diet supplementation on maternal fetal and placental growth in rats. *J. Nutr.*, **107**: 973-982, 1977.
 20. Beaton, G. H., J. Beare, M. H. Ryn & E. W. Mc Henry. Protein metabolism in the pregnant rat. *J. Nutr.*, **54**: 291-299, 1954.
 21. Zartarian, G. N., J. R. Galler & H. N. Munro. Marginal protein deficiency in pregnant rats. Changes in maternal body composition. *J. Nutr.*, **110**: 1291-1297, 1980.
 22. Frazer, J. F. D. & A. St. G. Huggett. The partition of nutrients between mother and conceptus in the pregnant rat. *J. Physiol.*, **207**: 783-788, 1970.
 23. Rosso, P. Nutrition and maternal-fetal exchange. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**: 744-755, 1981.
 24. Rasmussen, K. M. & W. D. Fellows. Nutrient partition between underfed rat dams and their fetuses. *Fed. Proc.*, **44**: 1857, 1985.