

Influência do teor e qualidade da proteína dietética sobre o crescimento corporal e desenvolvimento de órgãos, em três gerações sucessivas de ratos

Influence of content and quality of diet protein in body growing and organ development in three successive rat generations

ABSTRACT

PESSOA, D.C.N.P.; LAGO, E.S.; BION, F.M.; ANTUNES, N.L.M.; VARELA, R.M.; TEODÓSIO, N.R. Influence of content and quality of diet protein in body growing and organ development in three successive rat generations. *Nutrire: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.* = J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 30, p. 31-52, dez. 2005.

Cummulative effects of Brazilian Northwest Regional Basic Diet (RBD) on body growth and organ development were evaluated in three successive generations in 159 Sprague Dawley rats. The RBD group (7.83% protein, predominantly vegetable protein and a Control group (caseine 7.80%). Virgin, 120 day-old, were mated and their first offspring formed the first generation (F1). The subsequent generations (F2 and F3) were obtained from animals from previous generations. As standard, a group receiving 22% casein was used. Kruskal-Wallis and Pearson tests were used for statistics (with the level of significance at $p < 0.05$). Comparing the proteic quality of RBD versus Control diet it was observed: a robust reduction of body weight gain, of the tail length, and food intake, as well as the relative weight of the organs in one or more generations. The quality and quantity of proteins in RBD compared to Control diet discloses a major impairment of these parameters. The results showed a perpetuation and worsening of the adverse effects induced by qualitative/quantitative protein deficient diets, throughout successive generations and the possibility of development of organic adaptation mechanisms, in an attempt to insure body growth and development of some organs.

Keywords: quantity and quality of dietetic protein; rat successive generations; organ weight.

DÉBORA CATARINE NEPOMUCENO DE PONTES PESSOA¹; EUNICE SALZANO LAGO²; FRANCISCA MARTINS BION²; NORMA LÚCIA MARINHO ANTUNES³; RAMANITA MAYER VARELA²; NAÍDE REGUEIRA TEODÓSIO⁴

¹Doutor em Nutrição. Universidade Federal de Pernambuco.

²Doutor em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Pernambuco.

³Mestre em Nutrição e Saúde Pública. Universidade Federal de Pernambuco.

⁴Doutor em Neurofisiologia. Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço para correspondência:

Rua Manoel de Azevedo, 365 – apto. 203 Iputinga, Recife, PE, Brasil CEP 50670-020 e-mail:

debora.pessoa@ufpe.br

Agradecimentos:

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Ciência de Pernambuco (FACEPE), pela concessão de auxílio à pesquisa, sem o qual não seria possível a realização deste trabalho.

RESUMEN

Los efectos acumulados de lo consumo de la Dieta Básica Regional (DBR) del Nordeste de Brasil fueron evaluados, em tres generaciones sucesivas en 159 ratones Sprague-Dawley, sobre el crecimiento corporal y el desarrollo de órganos. Fue constituido un grupo DBR (un 7,83% de proteínas predominantemente de origen vegetal) y un grupo Control (caseína a un 7,80%). Ratas primíparas de 120 días de edad, fueron fertilizadas y, com sus proles constituyron la primera generación (F1). Las generaciones subsiguientes (F2 y F3) fueron obtenidas de ejemplares de las respectivas generaciones anteriores. Como padrón fue utilizado un grupo recibiendo Caseína a un 22%. Los métodos de Kruskal-Wallis y de Pearson fueron usados en el tratamiento estadístico de los datos (nível de significación de $p < 0,05$). Comparandose la calidad de la proteína de la DBR com la de la dieta control se constató; la reducción acentuada de la curva ponderal, de lo ganancia de peso, de lo anchura del rabo, de lo consumo alimentar, así como may or peso relativo de algunos órganos, en una o más generaciones. Al confrontar la calidad y la cantidad de proteínas de la DBR en relación com la dieta padron (Caseína a un 22%), revela agravamento acentuado de esos. Los resultados muestran perpetuación y agravamento de los efectos nocivos inducidos por el consumo de dietas cualitativas y o cuantitativamente deficientes en proteínas a través de generaciones sucesivas y la posibilidad de desarrollar mecanismos orgánicos de adaptación en el intento de asegurar el crecimiento corporal y el desarrollo de algunos órganos.

Palabras clave: cantidad y calidad de la proteína dietética; generaciones sucesivas; peso corporal; peso de órganos.

RESUMO

Os efeitos cumulativos do consumo da Dieta Básica Regional (DBR) do Nordeste do Brasil foram avaliados em três gerações sucessivas em 159 ratos Sprague Dawley sobre o crescimento corporal e o desenvolvimento de órgãos. Foi constituido um grupo DBR (7,83% de proteínas, predominantemente de origem vegetal) e um grupo Controle (caseína a 7,80%). Ratas primíparas, de 120 dias de idade, foram fertilizadas e, com suas proles, constituíram a 1ª geração (F1). As gerações subseqüentes (F2 e F3) foram obtidas de exemplares das respectivas gerações anteriores. Como Padrão, foi utilizado um grupo recebendo caseína a 22%. Os métodos de Kruskal-Wallis e de Pearson foram usados no tratamento estatístico dos dados (nível de significância de $p < 0,05$). Comparando-se a qualidade da proteína da DBR com a da dieta Controle constatou-se: redução acentuada da curva ponderal, de ganho de peso, do comprimento da cauda e do consumo alimentar, assim como maior peso relativo de alguns órgãos, em uma ou mais gerações. O confronto da qualidade e quantidade de proteínas da DBR em relação à dieta Padrão, revela agravamento acentuado desses parâmetros. Os resultados mostram perpetuação e agravamento dos efeitos nocivos induzidos pelo consumo de dietas qualitativa e/ou quantitativamente deficientes em proteínas, através de gerações sucessivas, e a possibilidade de se desenvolverem mecanismos orgânicos de adaptação, na tentativa de assegurar o crescimento corporal e o desenvolvimento de alguns órgãos.

Palavras-chave: quantidade e qualidade da proteína dietética; gerações sucessivas de ratos; peso de órgãos.

INTRODUÇÃO

As investigações sobre os efeitos da deficiência protéico-energética no crescimento e desenvolvimento orgânico têm ocupado lugar de destaque na literatura científica especializada (ARAYA; CAGALJ, 1993; BARBOSA; SANTIAGO, 1994; BIRT; BAKER; HRUZA, 1982; ERIKSSON; SWENNE, 1981; FERNANDEZ-FERNANDEZ et al., 1985; FRIGGENS; HAY; OLDHAM, 1993; GALLER, 1981; KANAREK; SCHOENFELD; MORGANE, 1986; LOURENÇO; ZUCAS; BRAGANÇA PEREIRA, 1980; McGUIRE et al., 1995; RESNICK; MORGANE, 1984; WEIJS; SCHREURS; GROOTEN, 1995; YOUNG; RASMUSSEN, 1985; ZAMENHOF; MARTHENS, 1982).

Contudo, os mais renomados pesquisadores têm procurado investigar os efeitos das deficiências nutricionais sob diferentes óticas e metodologias, obtendo resultados nem sempre convergentes ou indicativos de fatos cientificamente comprovados. Dependendo dos procedimentos metodológicos e dos parâmetros utilizados, a adaptação metabólica às restrições alimentares, a duração dos períodos de restrição e o grau de severidade das seqüelas, variam de um estudo para outro (COLINA et al., 2002; FRIGGENS; HAY; OLDHAM, 1993; McGUIRE et al., 1995; MEDEIROS et al., 2001; MOURA et al., 2002; OLIVARES et al., 2002; PINE; JESSOP; OLDHAM, 1994; WEIJS; SCHREURS; GROOTEN, 1995). Em algumas dessas condições experimentais, a dieta é severamente restrita em quantidade ou qualidade, ou em ambas, objetivando induzir um estado de deficiência nos animais durante os períodos críticos do desenvolvimento orgânico.

Em outras, esses modelos variados de desnutrição têm sido usados para testar a eficácia de suplementos de dietas deficientes, para recuperar estudos de desnutrição ou corrigir algumas deficiências específicas (COLINA et al., 2002; FERREIRA et al., 2005; GUZMÁN-SILVA et al., 2004; METRI et al., 2003).

Assim, os desenhos experimentais são os mais diversos: em alguns deles os animais são submetidos a dietas inadequadas durante a gestação e/ou lactação; o número de ninhadas aleitadas é bastante variado; somente a partir do desmame os animais recebem dietas deficientes e, algumas vezes, duas ou mais técnicas são usadas. Em algumas dessas condições experimentais a dieta é severamente restrita em quantidade ou qualidade, ou em ambas, objetivando induzir um estado de deficiência nos animais durante os períodos críticos do desenvolvimento. Salvo raras exceções, as alterações quantitativas de alimentos e/ou nutrientes introduzidos nas dietas refletem, com fidedignidade, a inadequação dietética observada nos regimes alimentares deficitários, característicos dos segmentos populacionais de baixa renda que vivem nas áreas de desnutrição endêmica.

A partir destas considerações, é pertinente e relevante investigar, em animais de laboratório, estados de desnutrição desencadeados pelo padrão alimentar básico de comunidades-alvo empregando dieta que reproduza esse padrão em teor e qualidade dos alimentos componentes.

Nesse sentido, Teodósio et al. (1990) desenvolveram um modelo experimental que reproduz, no rato, quadro clínico muito semelhante ao da desnutrição infantil protéico-energética (DPE) prevalente no Nordeste brasileiro. Com base em avaliação através de inquéritos alimentares em população carente, foi elaborada, para o rato, uma dieta constituída pelos

quatro alimentos mais consumidos no regime alimentar deficitário e monótono das populações de baixa renda, figurando cada um desses alimentos, nas proporções em que são consumidos. Esta dieta foi denominada Dieta Básica Regional (DBR). O seu uso durante os períodos críticos de desenvolvimento determina um estado de desnutrição no animal, que mimetiza a desnutrição protéico-energética (DPE) vigente em nosso meio.

Vários pesquisadores, empregando esse modelo de desnutrição, mostraram os efeitos deletérios da DBR sobre a gestação e a lactação (PESSOA et al., 2000), o crescimento (TEODÓSIO et al., 1990), a longevidade (LAGO et al., 1997) e o desenvolvimento de alguns órgãos (PESSOA, 1997; ROCHA DE MELO; GUEDES, 1997) em apenas uma geração.

Dando continuidade a essa linha de pesquisa, pretende-se, através de sucessivas gerações, averiguar as conseqüências do uso ininterrupto da DBR sobre o crescimento corporal e o desenvolvimento de órgãos.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um total de 65 ratas Sprague-Dawley, da Colônia do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco (Recife, Brasil).

As ratas eram mantidas a 21° – 23°C, com ciclo luz/escuro de 10/14h e umidade relativa de 65%.

A Dieta Básica Regional (DBR) foi preparada com os quatro alimentos mais freqüentemente consumidos pelas populações de baixa renda da Zona da Mata Sul do Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil: feijão mulatinho (*Phaseolus vulgaris*), batata doce (*Ipomea batatas*), farinha de mandioca (*Manihot esculenta*) e charque (carne bovina salgada e prensada) (Tabela 1).

O feijão, o charque e a batata doce foram cozidos em estilo caseiro (em água). Os dois primeiros durante duas horas e a batata doce durante 30 minutos. Foram desidratados a uma temperatura de 60-70°C em estufa (modelo FANEM), com corrente de ar forçado, durante um tempo aproximado de 48-60 horas. Em seguida, foram triturados em moinho (Flour Grind Mill-typeD) e passados em peneira de 60mesh.

A farinha de mandioca era adicionada à mistura. As proporções de todos os ingredientes eram as mesmas dos alimentos consumidos pelas populações.

O conteúdo de sais minerais e vitaminas da DBR foi estimado usando procedimentos previamente descritos (LAGO et al., 1997; TEODÓSIO et al., 1990).

A dieta Controle (C) foi formulada para conter 7,80% de caseína às expensas do aumento dos carboidratos.

A dieta Padrão (P) contém 22% de caseína, balanceada de modo a atender às exigências do requerimento para o rato. As dietas e água eram oferecidas *ad libitum*.

Inicialmente, 65 ratas primíparas, com 120 dias de idade e alimentadas com Labina (Ralston Purina do Brasil, LTDA), da Colônia do Departamento de Nutrição foram acasaladas.

Tabela 1 - Composição Centesimal das Dietas

	g%	Proteínas	Carboidratos	Gorduras	Vitaminas		Sais minerais	Fibras	kcal	Ndpcal %
					Hidrossolúveis	Lipossolúveis				
Padrão (Caseína 22%)										
Caseína Comercial	27,08	22,00	–	–				–	88,00	
Biscomil	57,12	–	50,44	0,12			0,09		205,16	
Óleo vegetal	7,50			7,50					67,50	
Vit. Hidrossolúveis	1,00	–	–	–	1,00		–	–	–	
Vit. Lipossolúveis	1,00	–	–	1,00		1,00			9,00	
Sais Minerais	4,00						4,00			
Metionina	0,30									
Papel de Filtro	2,00							2,00		
Total	100,00	22,00	50,44	8,62	1,00	1,00	4,09	2,00	369,66	16,8
Controle (Caseína %)										
Caseína Comercial	9,60	7,80	–	–					32,00	
Biscomil	74,75	–	65,49	0,15			0,12		266,35	
Óleo Vegetal	7,50			7,50			–		67,50	
Vit. Hidrossolúveis	1,00	–	–	–	1,00				–	
Vit. Lipossolúveis	1,00	–	–	1,00		1,00			9,00	
Sais Minerais	4,00	–					4,00			
Metionina	0,15									
Papel de Filtro	2,00							2,00		
Total	100,00	7,80	65,49	8,65	1,00	1,00	4,12	2,00	374,85	7,5
Dieta Básica Regional (DBR)*										
Feijão Mulatinho	18,34	3,99	10,66	0,24			0,57	1,09	60,76	
Farinha de Mandioca	64,81	0,80	48,49	0,12			0,43	5,64	198,80	
Charque Desengordurado	3,74	2,74	0,43	0,06			0,06	–	14,57	
Gordura de Charque	0,35			0,35					3,15	
Batata Doce	12,76	0,30	9,99	0,03			0,20	0,48	58,87	
Total	100,00	7,83	69,67	0,95			1,26	7,21	336,15	5,64

* Fonte: TEODÓSIO et al. (1990).

Após a fertilização, que era detectada pela presença de espermatozóide no lavado vaginal, as ratas eram transferidas para gaiolas plásticas individuais, passando 25 delas a receber a DBR, 13 a dieta Controle e 20 a dieta Padrão. Assim, as fêmeas gestantes e suas proles formaram a geração 1 (F1). A geração 2 (F2) foi obtida de exemplares da F1 e F3, de exemplares da F2.

Os desempenhos da gestação e do aleitamento constituíram a 1ª etapa deste trabalho (PESSOA et al., 2000).

Ao desmame (21 dias de idade), animais de ambos os sexos eram transferidos para gaiolas individuais e mantidos nas respectivas dietas maternas. Eram controlados semanalmente

o peso corporal, o comprimento da cauda, o consumo alimentar, o ganho de peso, a mortalidade e o aspecto físico até 119 dias de idade.

O comprimento da cauda foi medido de 7 em 7 dias, nas quatro semanas seguintes ao desmame.

Aos 119 dias de idade, parte dos animais de cada geração era sacrificada sob anestesia etérea (éter Rhodia), para estudo dos órgãos.

Foram removidos as adrenais, baço, cérebro, coração, diafragma, fígado, ovários, pulmões, rins e testículos. Após lavagem em soro fisiológico, eram colocados em gelo e imediatamente pesados em balança analítica, marca OHAUS, modelo AP210S, sensível ao décimo do miligrama.

A significância estatística das comparações entre os grupos foi avaliada pelo método de Kruskal-Wallis e das correlações entre as variáveis pelo método de Pearson (CONOVER, 1980). O nível crítico para rejeição da hipótese nula foi o de uma probabilidade máxima de erro de $p < 0,05$.

RESULTADOS

PESO CORPORAL

Curva Ponderal

As tabelas 2 e 3 expressam os dados dos pesos corporais obtidos do desmame aos 119 dias de idade, nas três gerações sucessivas.

A evolução ponderal das três gerações DBR não atingiu o patamar das respectivas gerações Controle, as quais, por sua vez, foram significativamente inferiores ao Padrão. Nas gerações Controle nota-se, nos animais Controle F2, machos, maior incremento do peso do que na F1 e F3.

Comprimento da Cauda

Nas três gerações DBR o comprimento da cauda (ganho em cm) foi significativamente inferior às gerações Controle e ao Padrão, sendo a F1 mais atingida que as demais. Entre as gerações Controle, o comprimento da cauda foi maior na F2 que no Padrão (Tabela 4).

Consumo Alimentar e Ganho de Peso

As três gerações DBR, de ambos os sexos, apresentaram acentuada redução do consumo alimentar (afetado do desmame aos 119 dias de idade) em relação às gerações Controle e ao Padrão. A F2-DBR consumiu mais alimentos que a F1 e F3, sendo que a F1 apresentou o menor consumo (Tabela 5).

Tabela 2 - Peso corporal (g) de ratos Sprague-Dawley, machos, do desmame aos 119 dias de idade, submetidos à DBR, em três gerações sucessivas, comparado ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Idade (dias)	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep
21	20,74 ^a (31)	0,45	22,09 ^b (15)	1,17	20,29 ^b (26)	0,46	28,50 ^{ab} (15)	0,68	32,08 ^{bc} (18)	1,04	26,81 ^c (13)	1,72	46,76 (41)	0,74
35	33,05 ^a (31)	0,98	42,27 ^{ab} (15)	1,78	35,62 ^b (26)	1,07	80,31 ^{ab} (15)	2,08	88,14 ^{ab} (18)	2,67	70,75 ^{bc} (13)	4,97	112,13 (41)	2,84
49	43,69 ^a (31)	1,09	59,30 ^{ab} (15)	1,51	49,30 ^{ab} (26)	1,13	133,28 ^{ab} (15)	4,74	128,50 ^{ab} (18)	3,94	130,28 ^{ab} (13)	3,41	191,67 (41)	4,21
63	52,04 ^a (31)	1,24	73,35 ^{ab} (15)	1,97	63,69 ^{ab} (26)	1,43	178,48 ^{ab} (15)	7,20	169,70 ^{ab} (18)	4,06	157,41 ^c (13)	7,27	261,60 (41)	5,15
77	65,28 ^a (31)	1,13	91,63 ^{ab} (15)	1,55	77,35 ^{ab} (26)	1,98	206,60 ^{ab} (12)	10,30	197,06 ^{ab} (12)	7,39	221,16 ^{ab} (12)	8,21	301,28 (41)	6,76
91	77,13 ^a (31)	1,46	108,40 ^{ab} (15)	1,76	93,70 ^{ab} (26)	1,94	249,20 ^{ab} (15)	9,58	223,78 ^{bc} (18)	6,85	255,13 ^c (12)	6,07	336,73 (41)	5,82
105	86,58 ^a (31)	2,07	126,68 ^{ab} (15)	2,35	105,3 ^{ab} (26)	2,24	282,00 ^{ab} (15)	10,40	258,06 ^{bc} (18)	7,29	283,96 ^c (13)	8,06	355,95 (41)	6,22
119	95,95 ^a (31)	2,78	143,17 ^{ab} (15)	2,75	118,74 ^{ab} (26)	2,56	298,40 ^{ab} (15)	11,30	279,92 ^{ab} (18)	9,12	298,34 ^c (13)	5,49	372,23 (41)	7,46

^a significativamente diferente da F1 - DBR.

^b significativamente diferente da F2 - DBR.

^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^a significativamente diferente do Padrão.

ep = erro padrão (da média).

() = tamanho da amostra.

Tabela 3 - Peso corporal (g) de ratos Sprague-Dawley, fêmeas, do desmame aos 119 dias de idade, submetidos à DBR, em três gerações sucessivas, comparado ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Idade (dias)	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep
21	22,26 ^s (28)	0,63	24,11 ^{ab} (15)	0,86	21,43 ^b (19)	0,47	29,13 ^{ab} (19)	0,50	28,93 ^{bc} (17)	0,95	25,42 ^{cdeg} (16)	1,23	46,03 (39)	0,56
35	34,54 ^s (28)	1,07	46,27 ^{ab} (15)	1,48	39,43 ^{abg} (19)	1,04	78,52 ^{ab} (19)	2,46	83,86 ^{bc} (17)	2,33	68,37 ^{cdeg} (16)	2,05	104,64 (39)	2,00
49	46,33 ^s (28)	1,80	62,62 ^{ab} (15)	1,59	51,83 ^{abg} (19)	1,00	128,21 ^{ab} (19)	2,45	119,11 ^{bcde} (17)	3,51	118,47 ^{cde} (16)	3,42	153,94 (39)	1,71
63	56,30 ^s (28)	1,99	81,29 ^{ab} (15)	2,62	66,08 ^{abg} (19)	1,33	163,89 ^{ab} (19)	3,08	145,59 ^{cdg} (17)	4,22	152,06 ^{cdeg} (16)	4,16	191,30 (39)	2,16
77	66,45 ^s (28)	2,14	95,88 ^{ab} (15)	1,98	80,48 ^{abg} (19)	1,81	185,46 ^{ab} (19)	3,90	169,14 ^{bcde} (17)	5,18	171,73 ^{cdeg} (16)	4,57	213,66 (39)	2,45
91	77,70 ^s (28)	2,61	113,99 ^{ab} (15)	3,04	95,52 ^{abg} (19)	2,09	197,46 ^{ab} (19)	6,17	185,31 ^{bc} (17)	5,82	189,21 ^{eg} (16)	4,30	230,48 (39)	2,93
105	87,42 ^s (28)	3,03	125,29 ^{ab} (15)	2,17	106,73 ^{abg} (19)	2,06	214,22 ^{ab} (19)	5,70	203,09 ^{bc} (17)	5,56	201,65 ^{eg} (16)	4,60	241,61 (39)	3,32
119	96,23 ^s (28)	2,92	134,37 ^{ab} (15)	2,07	117,66 ^{abg} (19)	2,60	220,15 ^{ab} (19)	5,85	212,68 ^{bc} (17)	6,30	217,87 ^{eg} (16)	5,67	249,94 (39)	3,15

^a significativamente diferente da F1 - DBR.

^b significativamente diferente da F2 - DBR.

^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^d significativamente diferente da F1-C.

^e significativamente diferente da F2-C.

^f significativamente diferente da F3-C.

^g significativamente diferente do Padrão.

ep = erro padrão (da média).

() = tamanho da amostra.

Tabela 4 - Comprimento da cauda (ganho em cm) de ratos Sprague-Dawley, machos e fêmeas, aos 49 dias de idade, submetidos à DBR, em três gerações sucessivas, comparado ao das gerações Controle e ao Padrão

Sexo	DBR						CONTROLE						PADRÃO		
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep	
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep			
masc.	2,88 ^s (25)	0,17	3,90 ^{as} (11)	0,14	3,58 ^{as} (25)	0,12	0,12	6,59 ^{as} (15)	0,28	7,99 ^{bdg} (18)	0,16	6,98 ^{esg} (13)	0,36	7,36 (31)	0,15
fem.	3,04 ^s (21)	0,12	4,30 ^{as} (22)	0,12	3,96 ^{as} (20)	0,16	0,16	7,17 ^a (19)	0,20	7,46 ^b (17)	0,23	6,18 ^{deg} (9)	0,28	7,10 (32)	0,20

^a significativamente diferente da F1 - DBR.
^b significativamente diferente da F2 - DBR.
^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^d significativamente diferente da F1-C.
^e significativamente diferente da F2-C.
^f significativamente diferente da F3-C.

^g significativamente diferente do Padrão.
 ep = erro padrão (da média).
 () = tamanho da amostra.

Tabela 5 - Consumo alimentar (g) e ganho de peso (g) de ratos Sprague-Dawley, de ambos os sexos, do desmame aos 119 dias de idade, submetidos à DBR, em três gerações sucessivas, comparados ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Sexo	Parâmetros	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
		F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
		média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep		
Masc.	Consumo Alimentar (g)	766,10 ^s (25)	17,40	1026,50 ^a (15)	19,10	909,70 ^{bs} (26)	22,40	1343,30 ^{cs} (15)	41,00	1221,70 ^{bsg} (18)	25,3	1570,80 ^{deg} (13)	22,00	1694,40 (31)	25,40
	Ganho de Peso (g)	75,02 ^s (31)	2,94	120,74 ^{as} (15)	2,53	98,07 ^{bs} (26)	2,42	269,90 ^{cs} (15)	11,1	247,84 ^{cs} (18)	8,67	271,53 ^{esg} (13)	5,14	325,47 (31)	6,96
Fem.	Consumo Alimentar (g)	765,9 ^s (21)	19,4	1097,3 ^{as} (15)	21,6	952,6 ^{bs} (19)	23,9	1269,9 ^{cs} (19)	37,1	1127,6 ^{deg} (17)	26,4	1396,2 ^{deg} (16)	21,0	1401,9 (38)	2,00
	Ganho de Peso (g)	73,95 ^s (28)	2,66	110,23 ^{as} (15)	1,96	96,23 ^{bs} (19)	2,37	190,60 ^{cs} (19)	5,92	183,75 ^{bs} (17)	6,31	192,46 ^{es} (16)	5,00	203,49 (38)	2,99

^a significativamente diferente da F1 - DBR.
^b significativamente diferente da F2 - DBR.
^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^d significativamente diferente da F1-C.
^e significativamente diferente da F2-C.
^f significativamente diferente da F3-C.

^g significativamente diferente do Padrão.
 ep = erro padrão (da média).
 () = tamanho da amostra.

As gerações do grupo Controle consumiram menos que o Padrão, e mantiveram estável o nível de consumo até o final do experimento (119 dias de idade).

O ganho de peso, do desmame aos 119 dias de idade foi acentuadamente reduzido em ambos os sexos, nas gerações DBR, em relação às gerações Controle e ao Padrão. Na F2 foi superior ao das gerações F1 e F3, sendo na F1 menor que na F3 (Tabela 5).

Nas gerações Controle o ganho de peso foi inferior ao do Padrão, sendo maior na F3 do que na F2 e nesta, menor do que na F1.

Os coeficientes de correlação entre ganho de peso e consumo alimentar nos DBR revelaram associação significativa nos machos F3 e nas fêmeas F2 e F3. No grupo Controle houve associação positiva nos machos da F1 e nas fêmeas F3 (Tabela 6).

Tabela 6 - Coeficientes de correlação entre consumo alimentar e ganho de peso em três gerações de machos, segundo as dietas

GERAÇÃO/ DIETAS	MACHOS		FÊMEAS	
	r	p	r	p
F ₁ / DBR	0.41	0.40	0.39	0.08
F ₂ / DBR	0.19	0.50	0.56	0.03*
F ₃ / DBR	0.81	0.00*	0.58	0.01*
F ₁ / C	0.82	0.00	0.42	0.07
F ₂ / C	-0.12	0.63	-0.06	0.83
F ₃ / C	0.21	0.50	0.62	0.01*
Padrão	-0.25	0.18	-0.10	0.56

Órgãos

Os pesos dos órgãos estão expressos nas tabelas 7 e 8.

Examinando, nos grupos DBR e Controle, os efeitos da mesma quantidade de proteínas dietéticas, evidencia-se que, nos DBR, o peso absoluto dos órgãos era reduzido, com exceção do cérebro e coração (F1) e adrenais (F3), entre os machos; nas fêmeas as exceções foram as adrenais e cérebro nas três gerações e os ovários na F2 e F3.

No grupo DBR, o peso relativo estava significativamente aumentado no cérebro, fígado, coração, pulmões e baço (F1, F2, F3), rins (F1, F2), adrenais (F1, F3) e testículos (F2), entre os machos; era maior o peso relativo, entre as fêmeas, do cérebro, coração (F1, F2, F3), baço, pulmões e rins (F1, F2), adrenais (F1, F3), ovários (F3), estando o fígado aumentado na F1 e diminuído na F3 (Tabelas 9 e 10).

Tabela 7 - Peso dos órgãos (g) nas três gerações DBR de ratos Sprague-Dawley, adultos, machos, comparado ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Órgãos	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep
Adrenais	0,042 (8)	0,002	0,027 ^{ag} (9)	0,001	0,034 ^{abg} (8)	0,002	0,060 ^a (8)	0,003	0,046 ^{bdg} (10)	0,006	0,034 ^{deg} (7)	0,002	0,065 (18)	0,002
<i>Baço</i>	0,41 ^s (8)	0,02	0,40 ^s (12)	0,01	0,38 ^s (10)	0,03	0,55 ^{ag} (8)	0,03	0,60 ^{bg} (10)	0,04	0,67 ^{deg} (7)	0,04	0,80 (21)	0,04
<i>Cérebro</i>	1,46 ^s (8)	0,02	1,32 ^{ag} (7)	0,04	1,45 ^{bg} (9)	0,01	1,52 ^s (8)	0,05	1,55 ^{bg} (10)	0,04	1,69 ^{deg} (7)	0,02	1,75 (21)	0,03
<i>Coração</i>	0,85 ^s (8)	0,02	0,69 ^{ag} (12)	0,03	0,67 ^{ag} (10)	0,01	0,95 ^s (8)	0,05	0,88 ^{bg} (10)	0,04	1,12 ^{deg} (7)	0,03	1,37 (21)	0,02
<i>Diáfagna</i>	0,51 ^s (8)	0,02	0,41 ^{ag} (12)	0,01	0,41 ^{ag} (10)	0,01	0,88 ^{ag} (8)	0,02	0,86 ^{bg} (10)	0,05	0,92 ^c (7)	0,14	1,05 (21)	0,03
<i>Fígado</i>	4,09 ^s (8)	0,25	5,28 ^{ag} (12)	0,30	4,04 ^{bg} (10)	0,11	7,35 ^{ag} (8)	0,38	7,03 ^{bg} (10)	0,34	8,41 ^{deg} (7)	0,18	10,18 (21)	0,27
<i>Pulmões</i>	1,03 ^s (8)	0,08	0,77 ^{ag} (12)	0,03	0,61 ^{abg} (10)	0,01	1,31 ^{ag} (8)	0,06	1,25 ^{bg} (10)	0,05	1,32 ^{cs} (7)	0,08	1,74 (21)	0,05
<i>Rins</i>	1,11 ^s (8)	0,05	1,15 ^s (12)	0,04	0,93 ^{abg} (10)	0,02	1,64 ^{ag} (8)	0,10	1,79 ^{bg} (10)	0,10	2,17 ^{deg} (7)	0,08	2,94 (21)	0,07
<i>Testículos</i>	0,97 ^s (8)	0,06	1,86 ^{ag} (12)	0,04	1,37 ^{abg} (10)	0,11	2,52 ^{ag} (8)	0,04	2,40 ^{bg} (10)	0,16	2,61 ^c (7)	0,07	2,86 (21)	0,15

^a significativamente diferente da F1 - DBR.

^b significativamente diferente da F2 - DBR.

^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^d significativamente diferente da F1-C.

^e significativamente diferente da F2-C.

^f significativamente diferente da F3-C.

^g significativamente diferente do Padrão.

ep = erro padrão (da média).

() = tamanho da amostra.

Tabela 8 - Peso dos órgãos (g) nas três gerações DBR de fêmeas, Sprague-Dawley, adultas, comparado ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Órgãos	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep
Adrenais	0,041 (10)	0,003	0,037 (8)	0,002	0,061 ^{ab} (10)	0,003	0,051 (8)	0,003	0,055 (10)	0,004	0,058 (6)	0,003	0,046 (19)	0,004
<i>Baço</i>	0,29 ^s (10)	0,02	0,44 ^{ag} (9)	0,03	0,33 ^{bg} (10)	0,01	0,49 ^{ag} (8)	0,03	0,58 ^b (10)	0,04	0,47 ^{cg} (6)	0,03	0,56 (19)	0,02
<i>Cérebro</i>	1,30 ^s (10)	0,01	1,34 ^s (8)	0,03	1,40 ^{abg} (10)	0,01	1,34 ^s (8)	0,04	1,55 ^{dg} (10)	0,05	1,56 ^{de} (6)	0,06	1,66 (19)	0,02
<i>Coração</i>	0,46 ^s (10)	0,02	0,61 ^{ag} (9)	0,02	0,68 ^{abg} (10)	0,01	0,75 ^{ag} (8)	0,03	0,71 ^{bg} (10)	0,02	0,82 ^{deg} (6)	0,01	0,98 (19)	0,02
<i>Diaphragma</i>	0,28 ^s (10)	0,02	0,45 ^{ag} (9)	0,02	0,50 ^{abg} (10)	0,02	0,68 ^{ag} (8)	0,02	0,73 ^b (10)	0,03	0,70 ^{cg} (6)	0,05	0,78 (19)	0,02
<i>Fígado</i>	2,72 ^s (10)	0,11	3,91 ^{ag} (9)	0,25	3,72 ^{ag} (10)	0,10	4,75 ^{ag} (8)	0,10	5,73 ^{bdg} (10)	0,29	6,60 ^{cd} (6)	0,16	6,75 (19)	0,13
<i>Ovários</i>	0,043 ^s (10)	0,004	0,068 ^{ag} (8)	0,005	0,088 ^{abg} (10)	0,004	0,086 ^{ag} (8)	0,008	0,083 ^s (10)	0,005	0,104 ^e (6)	0,006	0,115 (19)	0,007
<i>Pulmões</i>	0,69 ^s (10)	0,04	0,81 ^s (9)	0,04	0,73 ^s (10)	0,03	0,98 ^{ag} (8)	0,02	1,08 ^{bg} (10)	0,03	1,02 ^{cg} (6)	0,08	1,30 (19)	0,04
<i>Rins</i>	0,70 ^s (10)	0,03	1,03 ^{ag} (9)	0,03	0,91 ^{abg} (10)	0,01	1,35 ^{ag} (8)	0,03	1,39 ^{bg} (10)	0,04	1,55 ^{deg} (6)	0,03	2,00 (19)	0,06

^a significativamente diferente da F1 - DBR.

^b significativamente diferente da F2 - DBR.

^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^d significativamente diferente da F1-C.

^e significativamente diferente da F2-C.

^f significativamente diferente da F3-C.

^g significativamente diferente do Padrão.

ep = erro padrão (da média).

() = tamanho da amostra.

Tabela 9 - Peso relativo dos órgãos (g/100g de peso corporal) em três gerações DBR de ratos Sprague-Dawley, machos, adultos, comparado ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Órgãos	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep
Adrenais	0,029 ^s (8)	0,001	0,018 ^a (9)	0,001	0,027 ^{tg} (8)	0,002	0,021 ^a (8)	0,001	0,016 ^d (10)	0,001	0,010 ^{ctdeg} (7)	0,0005	0,021 (18)	0,001
<i>Baço</i>	0,275 ^s (8)	0,009	0,275 ^s (12)	0,008	0,293 ^g (10)	0,017	0,193 ^a (8)	0,008	0,201 ^b (10)	0,010	0,199 ^c (7)	0,012	0,191 (21)	0,005
<i>Cérebro</i>	1,032 ^s (8)	0,050	0,931 ^s (7)	0,048	1,101 ^{tg} (9)	0,014	0,536 ^{tg} (8)	0,018	0,525 ^{tg} (10)	0,023	0,501 ^{cg} (7)	0,012	0,438 (21)	0,009
<i>Coração</i>	0,579 ^s (8)	0,026	0,476 ^{tg} (12)	0,016	0,527 ^{tg} (10)	0,010	0,331 ^{tg} (8)	0,011	0,294 ^{bdg} (10)	0,007	0,335 ^{ce} (7)	0,016	0,344 (21)	0,006
<i>Diaphragma</i>	0,337 ^s (8)	0,021	0,289 ^{tg} (12)	0,010	0,317 ^s (10)	0,006	0,307 ^s (8)	0,007	0,286 (10)	0,011	0,314 ^g (7)	0,012	0,261 (21)	0,008
<i>Fígado</i>	2,847 ^s (8)	0,096	3,653 ^{tg} (12)	0,182	3,155 ^{tg} (10)	0,055	2,577 ^a (8)	0,116	2,343 ^{tg} (10)	0,057	2,412 ^c (7)	0,041	2,528 (21)	0,039
<i>Pulmões</i>	0,589 ^s (8)	0,038	0,532 ^s (12)	0,020	0,474 ^{abg} (10)	0,009	0,459 ^a (8)	0,020	0,42 ^b (10)	0,019	0,392 ^{cd} (7)	0,027	0,438 (21)	0,013
<i>Rins</i>	0,772 (8)	0,019	0,801 ^s (12)	0,021	0,727 ^b (10)	0,014	0,575 ^{tg} (8)	0,028	0,596 ^{tg} (10)	0,022	0,648 (7)	0,035	0,734 (21)	0,016
<i>Testículos</i>	0,694 (8)	0,045	1,295 ^{tg} (12)	0,036	1,072 ^{abg} (10)	0,085	0,891 ^{tg} (8)	0,033	0,840 ^{tg} (10)	0,055	0,777 (7)	0,029	0,718 (21)	0,039

^a significativamente diferente da F1 - DBR. ^s significativamente diferente do Padrão.

^b significativamente diferente da F2 - DBR. ^{ep} = erro padrão (da média).

^c significativamente diferente da F3 - DBR. () = tamanho da amostra.

Tabela 10 -Peso relativo dos órgãos (g/100g de peso corporal) em três gerações DBR de ratos Sprague-Dawley, adultos, fêmeas, comparado ao das gerações Controle (Caseína 7,80%) e ao Padrão (Caseína 22%)

Órgãos	DBR						CONTROLE						PADRÃO	
	F1		F2		F3		F1		F2		F3		média	ep
	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep	média	ep
Adrenais	0,046 ^s (10)	0,002	0,028 ^a (8)	0,001	0,047 ^{tg} (10)	0,003	0,025 ^a (8)	0,001	0,025 (10)	0,002	0,028 ^c (6)	0,002	0,024 (19)	0,002
<i>Baço</i>	0,325 ^s (10)	0,013	0,331 ^s (9)	0,020	0,249 ^{abg} (10)	0,014	0,245 ^{ag} (8)	0,015	0,264 ^{bg} (10)	0,020	0,225 (6)	0,014	0,220 (19)	0,011
<i>Cérebro</i>	1,480 ^s (10)	0,058	1,012 ^{ag} (8)	0,027	1,071 ^{ag} (10)	0,033	0,676 ^a (8)	0,022	0,709 ^{bg} (10)	0,031	0,752 ^{cg} (6)	0,020	0,656 (19)	0,017
<i>Coração</i>	0,516 ^s (10)	0,012	0,465 ^{ag} (9)	0,012	0,526 ^{tg} (10)	0,015	0,374 ^a (8)	0,0010	0,324 ^{bdg} (10)	0,007	0,398 ^{ce} (6)	0,012	0,375 (19)	0,008
<i>Diaphragma</i>	0,312 (10)	0,011	0,340 (9)	0,015	0,383 ^{abg} (10)	0,017	0,342 (8)	0,011	0,331 (10)	0,010	0,335 (6)	0,013	0,308 (19)	0,011
<i>Fígado</i>	3,064 ^s (10)	0,057	2,691 ^s (9)	0,141	2,842 ^s (10)	0,092	2,406 ^{ag} (8)	0,068	2,605 ^s (10)	0,112	3,188 ^{ctde} (6)	0,096	2,653 (19)	0,055
<i>Ovários</i>	0,047 (10)	0,003	0,052 (8)	0,004	0,066 ^{abg} (10)	0,003	0,039 (8)	0,005	0,038 ^s (10)	0,002	0,050 ^{ctde} (6)	0,002	0,052 (19)	0,003
<i>Pulmões</i>	0,784 ^s (10)	0,043	0,618 ^{ag} (9)	0,036	0,561 ^a (10)	0,020	0,492 ^a (8)	0,018	0,493 ^b (10)	0,012	0,488 (6)	0,028	0,521 (19)	0,026
<i>Rins</i>	0,787 (10)	0,015	0,783 (9)	0,011	0,693 ^{ab} (10)	0,020	0,671 ^{ag} (8)	0,020	0,632 ^{bg} (10)	0,012	0,749 ^{de} (6)	0,014	0,778 (19)	0,024

^a significativamente diferente da F1 - DBR.

^b significativamente diferente da F2 - DBR.

^c significativamente diferente da F3 - DBR.

^d significativamente diferente da F1-C.

^e significativamente diferente da F2-C.

^f significativamente diferente da F3-C.

^g significativamente diferente do Padrão.

ep = erro padrão (da média).

() = tamanho da amostra.

No confronto da qualidade e quantidade de proteínas da DBR, em relação à dieta Padrão (Caseína a 22%), evidencia-se redução mais acentuada do peso dos órgãos, em ambos os sexos, nas três gerações, com exceção das adrenais. O peso relativo manteve-se maior, com exceção dos rins (F1, F3), testículos (F1) e adrenais (F2). Entre as fêmeas o peso relativo manteve-se maior no baço, cérebro, coração (F1, F2 e F3), pulmões (F1 e F2), fígado e adrenais (F1 e F3) e diafragma e ovários (F3).

Nos animais alimentados com Caseína a 7,80%, o peso dos órgãos também não atingiu o dos animais recebendo Caseína a 22%. O peso relativo mostrou-se elevado no cérebro (F1, F2 e F3), diafragma (F1, F3) e testículos (F1 e F2) e diminuído nas adrenais (F3), coração e rins (F1, F2), fígado (F2), entre os machos. Nas fêmeas, foi maior no baço (F1, F2) e cérebro (F2, F3), sendo menor no fígado e rins (F1 e F2), coração e ovários (F2).

DISCUSSÃO

Os resultados do presente trabalho revelam que um regime alimentar multideficiência, através de sucessivas gerações, como o ora empregado, conduz a um crescimento e desenvolvimento precários em todas as fases da vida. De fato, a DBR é uma dieta deficitária, desbalanceada na grande maioria dos nutrientes, sobretudo em teor e qualidade das proteínas e teor de lipídios. Seus aminoácidos estão, em sua totalidade, abaixo do requerimento do rato e dos teores da dieta Padrão, com 22% de proteínas. Os aminoácidos essenciais são extremamente limitantes. As vitaminas, quando presentes, estão em ínfimas quantidades e os elementos minerais guardam entre si uma proporcionalidade inadequada às exigências dietéticas do animal, acarretando um desbalanço evidente (TEODÓSIO et al., 1990).

No presente trabalho, os ratos nascidos de mães desnutridas pela DBR cresceram lentamente e não estavam suficientemente desenvolvidos para serem desmamados aos 21 dias de idade, em cada uma das gerações (PESSOA et al., 2000). Até as quatro semanas após o desmame, os animais mostraram crescimento acentuadamente reduzido. Aos 49 dias de idade apresentavam peso corporal que correspondia ao dos animais das gerações Controle, aos 28 dias de idade. Aos 119 dias, correspondia aproximadamente ao das gerações Controle, aos 49 dias de idade.

Essa inferioridade de curva ponderal nos desnutridos DBR (7,83% de proteínas), em relação às respectivas gerações Controle (7,80% de Caseína), ressaltou-se quando confrontados com a dos animais do grupo Padrão (Caseína 22%): aos 49 dias de idade, o peso corporal, tanto dos machos, como das fêmeas, nas três gerações DBR correspondia aproximadamente ao observado no grupo Padrão aos 21 dias de idade. Aos 119 dias de idade correspondia ao dos animais do grupo Padrão com 35 dias de idade.

Contudo, vale salientar que os ratos das gerações Controle (Caseína 7,80%) também não eram suficientemente desenvolvidos para serem desmamados aos 21 dias de idade, somente aos 28 dias de vida atingiram o peso do grupo Padrão (Caseína 22%) ao desmame.

Essa inferioridade se manteve até os 119 dias, com pesos correspondendo, aproximadamente, aos do Padrão aos 77 dias.

Esses resultados ressaltam a importância não só da qualidade da proteína, como também da quantidade.

A curva ponderal nas três gerações DBR apresenta características idênticas às observadas por Teodósio et al. (1990), do desmame aos 120 dias de idade e por Lago et al. (1997), do desmame até a morte espontânea, empregando a mesma dieta (DBR): o incremento da massa corporal tornava-se progressivamente menor com a idade. Nos jovens e adultos não se distinguem o macho da fêmea através do peso corporal. Havia uma perfeita superposição de ambas as curvas e ausência de definição dos momentos críticos de aceleração e desaceleração do crescimento. Contudo, a geração mais atingida foi a F1 (procedente de mães alimentadas com dieta de manutenção do Biotério e submetidos à DBR a partir da fertilização).

Uma agressão nutricional desta magnitude corresponde a um estresse, cujo grau de intensidade é proporcional ao tempo de administração da dieta. Assim, é possível que a curva ponderal na F2>F3>F1 esteja caracterizando as fases de resistência e de espoliação que se observam no stress crônico (CASTRO et al., 1999; SELYE, 1973).

O comprimento da cauda tem sido considerado um índice prático e de maior precisão para se avaliar o crescimento longitudinal do rato.

O crescimento longitudinal dos ratos foi avaliado nas quatro semanas pós-desmame, revelando uma acentuada desaceleração do crescimento da cauda nas gerações DBR, sobretudo na F1, a qual foi a mais atingida no crescimento ponderal.

No presente trabalho, os animais das gerações DBR gerados e aleitados por mães recebendo a referida dieta a partir da fertilização, permaneceram, do desmame aos 119 dias de idade, no mesmo regime alimentar materno, apresentando um consumo médio acentuadamente reduzido nas três gerações. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por McGuire et al. (1995), demonstrando que uma restrição alimentar muito precoce modificava os efeitos do consumo alimentar posterior. Moura et al. (2002) estudaram, em ratos, o impacto da desnutrição durante a vida pós-natal recente em relação ao padrão alimentar dos filhotes quando adultos (2 meses e 1 ano de idade). Observaram que os animais adultos exibiam um processo mais rápido de redução alimentar quando à dieta livre de proteína era oferecida.

São quase unânimes os dados encontrados na literatura que mostram, em diferentes modelos experimentais, os efeitos nocivos da restrição alimentar sobre o crescimento e o desenvolvimento de órgãos. Contudo, o estudo da relação percentual do peso do órgão em relação ao peso corporal pode subsidiar informações muito válidas acerca da capacidade de adaptação metabólica, bem como da duração e severidade da deficiência (BARBOSA; SANTIAGO, 1994; CASTRO et al., 1999; LOURENÇO; ZUCAS; BRAGANÇA PEREIRA, 1980; RESNICK; MORGANE, 1983).

Nos animais DBR deste estudo, a maioria dos órgãos apresentou aos 120 dias de idade, tendência a manter o mesmo nível de redução ou agravamento de peso nas gerações que se

sucediam. Esses resultados estão de acordo com os achados de outros pesquisadores, de que a desnutrição imposta precocemente e mantida durante toda a vida acarreta alterações irreversíveis do desenvolvimento corporal, perpetuando seus efeitos em sucessivas gerações (ARAYA; CAGALJ, 1993; ERIKSSON; SWENNE, 1993; McGUIRE et al., 1995; RESNICK; MORGANE, 1983).

A perda de peso de alguns órgãos foi paralela ao do peso corporal. Em relação às respectivas gerações de machos Controles, alguns órgãos (testículos, diafragma, rins, pulmões e fígado) guardaram paralelismo, em uma ou mais gerações, com o peso corporal; entre as fêmeas, nos pulmões, diafragma, ovários, rins, fígado, coração e baço, em uma ou mais gerações.

Em relação ao grupo Padrão, nos machos DBR, o peso dos rins, diafragma, fígado, pulmões e testículos apresentavam, em uma ou mais gerações, esse paralelismo, o que não ocorria com os demais órgãos, embora acentuadamente afetados pela desnutrição. Entre as fêmeas, isto era mais evidente em relação à F1, no fígado, coração, pulmões, baço, diafragma e ovários, bem como nos rins nas três gerações. Os demais órgãos estudados não acompanharam a perda de peso corporal.

Apesar desse paralelismo e da elevação ou declínio desses valores, em uma ou mais gerações, o peso relativo dos órgãos guardava maior proporção com o peso corporal total.

Estes fatos implicam na necessidade de rigorosa investigação sobre as vias metabólicas envolvidas nos processos de crescimento e desenvolvimento.

É de constatação geral que o crescimento de alguns órgãos, como o encéfalo, por exemplo, não é tão seriamente afetado pelo déficit nutricional quanto o peso corporal. Em razão disso, o cérebro tem sido agraciado com o título de órgão mais protegido contra o insulto nutricional (GUEDES, 1985; RESNICK; MORGANE, 1983; SMART; DOBBING, 1971; TEODÓSIO et al., 1990).

Nos animais DBR, aos 119 dias de idade, o peso corporal correspondia a aproximadamente à metade do valor Controle, enquanto o do cérebro era praticamente igual na F1 e em torno de 10 a 15% menor na F2 e F3. Quando expresso por 100g de peso corporal, chega a ser, em média, 1,96 vezes maior entre os machos e 1,7 vezes maior entre as fêmeas, quando comparado às gerações Controle; quando confrontado com o grupo Padrão, mostrou-se 2,3 vezes maior entre os machos e 1,8 vezes entre as fêmeas. Esses resultados em ratos adultos coincidem com os de Teodósio et al. (1990), em fetos e lactentes, cujas mães recebiam DBR. Constataram que o peso do cérebro correspondia a aproximadamente 80% do valor do grupo Caseína a 22%, cujo déficit permanece constante durante o aleitamento.

Contudo, a repercussão de uma dieta carente sobre o desenvolvimento corporal e encefálico não ocorre apenas na fase de desenvolvimento rápido do sistema nervoso. É o que revela o trabalho de Hayase e Yokogoshi (1994), de que o peso relativo de regiões cerebrais declinava com o aumento da idade. Também Lourenço, Zucas e Bragança Pereira et al. (1980), alimentando ratos com ração à base de proteína de soja, a 10 e 20%, observaram que o

crescimento do cérebro era mais intenso nos primeiros 21 dias de vida, declinando a partir dessa idade.

O nível de redução do cérebro manteve-se nas três gerações sucessivas, sendo tentador interpretar este fato como o desenvolvimento de algum mecanismo de adaptação eficiente, capaz de manter o suprimento de nutrientes ao feto às expensas das reservas maternas.

As implicações desse tipo de dieta sobre o fígado e músculo esquelético apresentam aspectos bastante distintos dos observados no cérebro.

A defasagem de peso do fígado apresentou-se paralela à perda de peso do corpo na F3-DBR de machos e na F1 e F3 de fêmeas, enquanto a do diafragma era paralela na F1 e F2, em ambos os sexos, parecendo indicar que os animais desenvolveram mecanismos de adaptação fisiológica que os capacitavam manter a proporcionalidade entre o crescimento do órgão e o peso corporal.

Esse paralelismo, encontrado em ratos adultos, entre peso do fígado e do músculo com o peso corporal, também foi encontrado por Teodósio et al. (1990), empregando a mesma dieta até a última semana de lactação.

Parra et al. (1995), estudando os efeitos da desnutrição protéico-energética sobre a morfologia hepática de ratos, constataram uma preferência no consumo de proteína hepática.

A susceptibilidade desses órgãos aos efeitos da qualidade e quantidade de proteína dietética também tem sido constatada por outros pesquisadores, empregando-se dietas à base de proteínas animais e/ou vegetais, em diferentes níveis protéicos, em uma ou mais gerações (BARBOSA; SANTIAGO, 1994; LOURENÇO; ZUCAS; BRAGANÇA PEREIRA, 1980).

Quanto aos pulmões houve, entre os machos DBR, agravamento do peso à medida que as gerações se sucediam. Entre as fêmeas manteve-se no mesmo nível de redução.

São escassos os trabalhos experimentais sobre os efeitos da desnutrição sobre os pulmões. Kalenga, Tschany e Burri (1995) encontraram, em ratos submetidos à restrição protéica (Caseína 8%), do parto até os 49 dias, menor volume pulmonar, o que era evidente aos 49 dias de idade.

A literatura mostra que, em ratos, a desnutrição severa pós-parto pode levar a alterações na composição e tamanho dos rins (FRAZER; HUGGETT, 1970; MORRISON; ALLEYNE, 1976).

No presente estudo, o peso dos rins era consistentemente reduzido nas três gerações DBR, evidenciando-se paralelismo acentuado com o do corpo, contudo, pouco pronunciado nos machos F2-DBR. Quando expresso por 100g de peso corporal, apresentou-se elevado na F1 e F2-DBR, em relação às respectivas gerações Controle.

São poucos os trabalhos experimentais que mostram o efeito da agressão nutricional sobre o desenvolvimento do coração. Estes resultados apresentam semelhanças às observações clínicas encontradas por Saraiva (1990).

O peso do coração, nos machos DBR, mostrou tendência a se declinar até a F3, sendo o oposto constatado nas fêmeas. Contudo, quando relacionado com o peso corporal revelou-se consistentemente superior nas três gerações DBR, em ambos os sexos.

Resultados semelhantes foram encontrados por Nutter et al. (1979), em pesquisa com ratos portadores de formas diversas de desnutrição.

Em crianças portadoras de desnutrição protéico-energética (DPE) severa, como se apresenta em Pernambuco. Saraiva (1990) mostra que o coração apresenta redução do volume cardíaco em grau menor que o restante do corpo e que agravos nutricionais prolongados podem justificar o crescimento do coração.

CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho, em ratos submetidos à Dieta Básica Regional durante três gerações sucessivas, revelam vários aspectos de interesses acadêmico e prático que merecem ser considerados, dentre eles: a perpetuação, e mesmo o agravamento dos efeitos nocivos induzidos pelo consumo de dietas qualitativa e/ou quantitativamente deficientes através de gerações sucessivas; a presença de mecanismos orgânicos de adaptação na tentativa de assegurar o crescimento corporal e o desenvolvimento de alguns órgãos.

Todos esses aspectos indicam que a desnutrição imposta a gerações sucessivas é de extrema gravidade, exigindo medidas corretivas que possibilitem melhorar o padrão alimentar da população.

REFERÊNCIAS/REFERENCES

- ARAYA, A. J.; CAGALJ, K. A. Exclución del ácido alfa-linolénico de la dieta de la rata durante varias generaciones. I. Efecto en la reproducción y crecimiento postnatal. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, v. 43, n. 2, p. 123-131, 1993.
- BARBOSA, L.; SANTIAGO, S. de. Efecto de la restricción en el consumo de alimento de la rata adulta sobre el crecimiento y la composición tisular de la cria lactante. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, v. 44, n. 2, p. 98-104, 1994.
- BIRT, D. F.; BAKER, P.; HRUZA, D. S. Nutritional evaluations of three dietary levels of lactalbumin through the lifespan of two generations of Syrian hamsters. *Journ. Nutrition*, v. 112, n. 11, p. 2657-2660, 1982.
- CASTRO, C. M. M. B. et al. Estresse: interações neuroendócrinas e imunológicas. *Anais Fac. Méd. UFPE*, v. 44, p. 132-137, 1999.
- COLINA, V. L. et al. Efecto de dietas lipoprotéicas ricas en aminoácidos esenciales y no esenciales sobre el modelo experimental de rata uninefrectomizada. *Acta Cient. Venez.*, v. 53, n. 1, p. 21-28, 2002.
- CONOVER, W. J. *Practical nonparametric statistic*. 2. ed. New York: John Wiley, 1980. 493 p.
- ERIKSSON, U. J.; SWENNE, I. Diabetes in pregnancy: fetal macrosomia, hiperinsulinism, and islet hyperplasia in the offspring of rats subjected to temporary protein energy malnutrition early in life. *Ped. Res.*, v. 34, n. 6, p. 791-795, 1993.

- FERNANDES-FERNANDEZ, S. et al. Malnutrition in útero and during lactation in the rat: relationship of dams weight gain on development of suckling. *Nutrition Research*, v. 5, n. 4, p. 413, 1985.
- FERREIRA, H. da S. et al. Efetividade da "multimistura" como suplemento de dietas deficientes em vitaminas e/ou minerais na recuperação ponderal de ratos submetidos à desnutrição pós-natal. *Rev. Nutr.*, v. 18, n. 1, p. 63-74, 2005.
- FRAZER, J. F. D.; HUGGETT, A. A. G. The partition of nutrients between mother and concepts in the pregnant rat. *J. Phys.*, v. 207, p. 783-788, 1970.
- FRIGGENS, N. C. *The effects of feed composition and level on lactational performance in rats and dairy cows: a basic approach to feed description*. Tese (Philosophical Doctor) - Universidade de Edinburgh, Edinburgh, 1990.
- FRIGGENS, N. C.; HAY, D. E. F.; OLDHAM, J. D. Interactions between major nutrients in the diet and the lactational performance of rats. *The British Journal of Nutrition*, v. 69, p. 59-71, 1993.
- GALLER, J. R. Visual discrimination in rats: the effects of rehabilitation following intergenerational malnutrition. *Developmental Psychobiology*, v. 14, n. 3, p. 229-236, 1981.
- GUEDES, R. C. A. O cérebro desnutrido. *Ciência Hoje*, v. 3, p. 61-65, 1985.
- GUZMÁN-SILVA, M. A. et al. Recuperação da desnutrição em ratos mediante rações adicionadas ou não de suplemento alimentar e de vitaminas e minerais durante o período de crescimento. *Rev. Nutr.*, v. 17, n. 1, p. 59-69, 2004.
- HAYASE, K.; YOKOGOSHI, H. Age affects brain protein synthesis in rats. *J. Nutr.*, v. 124, n. 5, p. 683-88, 1994.
- KALENGA, M.; TSCHANZ, S. A.; BURRI, P. H. Protein deficiency and the growing rat lung. 1. Nutritional findings and related lung volumes. *Ped. Res.*, v. 37, n. 6, p. 783-788, 1995.
- KANAREK, R. B.; SCHOENFELD, P. M.; MORGANE, P. J. Maternal malnutrition in the rat: effects on food intake and body weight. *Physiology & Behavior*, v. 38, n. 4, p. 509-515, 1986.
- KENNEY, M. A.; BARTON, E. B. Malnutrition and fetal development in two generations of rats. *Nutrition Reports International*, v. 11, n. 3, p. 243-249, 1975.
- LAGO, E. S. et al. Duración de la vida em ratas desnutridas, utilizando dieta básica del nordeste brasileiro. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, v. 47, n. 4, p. 338-342, 1997.
- LOURENÇO, E. J.; ZUCAS, S. M.; BRAGANÇA PEREIRA, C. A. Influência da proteína da dieta sobre o desenvolvimento de órgãos. Ensaio em ratos. *Anais Farm. Quim. São Paulo*, v. 20, p. 254-260, 1980.
- McGUIRE, M. K. et al. Pre-and post weaning food restrictions interact to determine reproductive success and milk volume in rats. *Jour. Nutri.*, v. 125, n. 9, p. 2400-2406, 1995.
- MEDEIROS, J. M. B. et al. Action of selective serotonin reuptake inhibition on aggressive behavior in adult rat submitted to the neonatal malnutrition. *Arq. Neuropsiquiatr.*, v. 59, n. 3A, p. 499-503, 2001.
- METRI, A. C. et al. Farinha de mandioca enriquecida com bioproteínas (*Saccharomyces cerevisiae*), em associação ao feijão e arroz, na dieta de ratos em crescimento. *Revista de Nutrição*, v. 16, n. 1, p. 73-81, 2003.
- MONTEIRO, J. S.; TEODÓSIO, N. R.; GUEDES, R. C. A. Long-pasting effects of early environmental stimulation on cortical spreading depression in normal and early malnourished adult rats. *Nutr. Neurosci.*, v. 3, p. 29-40, 2000.
- MORRISON, E. Y.; ALLEYNE, G. A. O. Malnutrition, kidney size and composition. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, v. 26, n. 1, p. 7-14, 1976.

- MOURA, A. S. et al. Malnutrition during lactation as a metabolic imprinting factor inducing the feeding pattern of offspring rats when adults. The role of insulin and leptin. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 35, n. 5, p. 617-622, 2002.
- NUTTER, D. O. et al. The effect of chronic protein-calorie undernutrition in the rat on myocardial function and cardiac function. *Circ. Res.*, v. 45, n. 1, p. 144-152, 1979.
- OLIVARES, R. et al. La malnutrición prenatal proteica leve afecta el desarrollo del cuerpo callaso anterior. *International Journal of Morphology*, v. 20, n. 2, p. 159-163, 2002.
- OLIVEIRA, S. R. P. de et al. Uso de uma mistura alimentar contendo bioproteínas (*Saccharomyces cerevisiae*): efeitos sobre a gestação, a lactação e o crescimento de ratos. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, v. 51, n. 1, p. 72-80, 2001.
- PARRA, O. M. et al. Reduction of liver mass dues to malnutrition in rats: correlation with emaciation of animals and size of organs. *São Paulo Med. J.*, v. 113, n. 3, p. 903-909, 1995.
- PESSOA, D. N. P. *Efeitos da desnutrição pela Dieta Básica Regional (DBR) em três gerações de ratos, sobre a reprodução, crescimento corporal e desenvolvimento de órgãos*. 1997. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 1997
- PESSOA, D. N. P. et al. Dietary proteins on reproductive performance in three consecutive generations of rats. *Arch. Latinoam. Huth.*, v. 50, p. 55-61, 2000.
- PINE, A. P.; JESSOP, N. S.; OLDHAM, J. D. Maternal protein reserves and their influence of lactational performance in rats. *Brit. J. Nutr.*, v. 71, n. 1, p. 13-27, 1994.
- PIRES LEAL, M. M. R. B. *Efeito do teore e da qualidade da proteína alimentar sobre alguns parâmetros do desenvolvimento e manutenção da espécie*—Estudo através de quatro gerações de ratos albinos. 75 f. Tese (Livre-Docência) - Fundação Universidade do Maranhão, São Luís, 1976.
- RESNICK, O.; MORGANE, P. J. Animal models for small-for-gestational-age (SGA) neonates and infants-at-risk (IAR). *Brain Res.*, v. 312, n. 2, p. 221-225, 1983.
- _____. Generational effects of protein malnutrition in the rats. *Brain Res.*, v. 317, n. 2, p. 219-227, 1984.
- ROCHA DE MELO, A. P.; GUEDES, R. C. Spreading depression is facilitated in adult rats previously submitted to short episodes of malnutrition within the lactation period. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, v. 30, n. 5, p. 663-670, 1997.
- SARAIVA, L. R. *Estudo do coração na criança desnutrida com edema*. Aspectos clínicos, eletrocardiográficos e ecocardiográficos. 110 f. 1990. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1990.
- SELYE, H. The evaluation of the stress concept. *Amer. Sci.*, v. 61, n. 6, p. 692-699, 1973.
- SMART, J. L.; DOBBING, J. Vulnerability of developing brain. II. Effects of early nutritional deprivation on reflex ontogeny and development of behavior in the rat. *Brain Res.*, v. 28, n. 1, p. 85-95, 1971.
- SRIVASTAVA, U. Y.; GOSWANT, T. Maternal dietary deficiency and cellular development of progeny in the rat. *J. Nutr.*, v. 104, n. 5, p. 512-520, 1974.
- STEWART, R. J. C.; PREECE, R. F.; SHEPPART, H. G. Twelve generations of marginal protein deficiency. *Brit. J. Nutr.*, v. 33, n. 2, p. 233-253, 1975.
- TEODÓSIO, N. R. et al. A Regional Basic Diet (RDB) from Northeast Brazil as a dietary model of experimental malnutrition. *Arch. Latinoamer. Nut.*, v. 40, n. 4, p. 533-547, 1990.
- WEIJS, P. J. M.; SCHREURS, V. V. A. M.; GROOTEN, H. N. A. Meal feeding and leucine utilization in pregnant rats. *Brit. J. Nutr.*, v. 73, p. 253-258, 1995.

YOUNG, M. C.; RASMUSSEN, K. M. Effect of varying degree of chronic dietary restriction in rats dams on reproductive and lactational performance and body composition in dams and their pups. *Am. J. Clin. Nutr.*, v. 41, n. 5, p. 979-987, 1985.

ZAMENHOF, S.; Van MARTHENS, E. Chronic undernutrition for 10 generations: differential effects on brain and body development among neonatal rats. *Nut. Rep. Intern.*, v. 28, p. 703-709, 1982.

Recebido para publicação em 18/11/04.

Aprovado em 12/07/05.