

Condicionamento físico aeróbio moderado promove redução no rápido ganho de peso de ratos adultos desnutridos nos períodos de gestação e lactação¹

Moderate aerobic physical conditioning reduces the fast weight gain of adult rats malnourished during pregnancy and lactation

Tâmara Nunes de ARAÚJO²

Lícia Vasconcelos Carvalho de QUEIROZ³

Kamilla Dinah Santos de LIRA⁴

Tiago José Bezerra de Mello FRANCA²

Sílvia Regina Arruda de MORAES⁵

RESUMO

Objetivo

Foram avaliados os efeitos do condicionamento físico aeróbio moderado sobre o peso corporal e o ganho de peso de animais submetidos à desnutrição na gestação e lactação e alimentados com dieta normoprotéica após o desmame.

Métodos

Ratos machos *Wistar* foram gerados e amamentados por nutrizas alimentadas com dieta normoprotéica (caseína 17%) e dieta hipoprotéica (caseína 8%), formando os grupos Nutridos (n=18) e Desnutridos (n=17) inicialmente e, após o desmame, foram alimentados com dieta normoprotéica padrão do biotério (Labina®, Purina). Aos 60

¹ Artigo elaborado a partir da dissertação de T.N. ARAÚJO, intitulada “Efeitos do treinamento físico aeróbio moderado sobre o crescimento corporal e desenvolvimento cardíaco de ratos adultos submetidos à desnutrição protéica na gestação e lactação”. Universidade Federal de Pernambuco; 2008. Apoio: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

² Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Patologia. *Campus* Universitário, s/n., Cidade Universitária, 50670-420, Recife, PE, Brasil. Correspondência para/Correspondence to: T.N. ARAÚJO. E-mail: <tnaraujo@hotmail.com>.

³ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Neurociências. Recife, PE, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Curso de Fisioterapia. Recife, PE, Brasil.

⁵ Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências Biológicas, Departamento de Anatomia. Recife, PE, Brasil.

dias de vida, os animais foram subdivididos em quatro grupos: Nutrido Sedentário (n=9), Nutrido Condicionado (n=7), Desnutrido na Gestação e Lactação Sedentário (n=8) e Desnutrido na Gestação e Lactação Condicionado (n=9). O condicionamento físico aeróbio moderado foi realizado em esteira elétrica durante 8 semanas, 5 dias/semana, 60min/dia e os animais sofreram eutanásia após o término do protocolo. Realizaram-se as análises do peso corporal (g) e do ganho de peso corporal (%).

Resultados

Observou-se menor peso corporal nos grupos Desnutrido na Gestação e Lactação Sedentário (247,00: 134,00 - 335,00) e Desnutrido na Gestação e Lactação Condicionado (245,00: 166,00 - 324,50) comparados respectivamente, aos grupos Nutrido Sedentário (303,75: 176,00 - 372,00) e Nutrido Condicionado (290,25: 190,00 - 372,00) ($p<0,05$). O ganho de peso mostrou-se maior nos animais do grupo Desnutrido na Gestação e Lactação Sedentário (35,40: -6,20 - 77,10) comparado ao Nutrido Sedentário (24,30: -7,50 - 44,30) ($p<0,05$) e comparado ao Desnutrido na Gestação e Lactação Condicionado (20,50: -2,30 - 59,00) ($p<0,05$).

Conclusão

O condicionamento físico aeróbio moderado exerceu um efeito benéfico por ter reduzido o rápido ganho de peso (*catch up*) dos animais adultos desnutridos na gestação e lactação e alimentados com dieta normoprotéica após o desmame.

Termos de indexação: Desnutrição protéica. Ganho de peso. Condicionamento físico aeróbio moderado. Gestação. Lactação.

ABSTRACT

Objective

The objective of this study was to assess the effects of moderate aerobic physical conditioning on the body weight and weight gain of rats whose mothers were fed a low protein diet during gestation and lactation.

Methods

Male Wistar rats were bred from dams fed a normal- (17% casein) or low-protein (8% casein) diet, constituting the initial nourished (n=18) and malnourished (n=17) groups. After weaning, they were fed the standard diet of the laboratory, with normal protein content (Labina®, Purina). At the age of 60 days, the animals were divided into four groups: inactive and well nourished (n=9), active and well nourished (n=7), inactive and malnourished from conception until weaning (n=8) and active and malnourished from conception until weaning (n=9). Moderate aerobic physical conditioning was done on a treadmill for 8 weeks, 5 days per week, 60 minutes per day. All animals were killed after this training period. Body weight (g) and weight gain (%) were analyzed.

Results

Lower body weights were seen in animals that were inactive and malnourished from conception until weaning (247.00: 134.00 - 335.00) and active and malnourished from conception until weaning (245.00: 166.00 - 324.50) when compared with the animals that were inactive and well nourished (303.75: 176.00 - 372.00) and active and well nourished (290.25: 190.00 - 372.00) ($p<0.05$). Weight gain was higher in the animals from the inactive and malnourished group (35.40: -6.20 - 77.10) in comparison with the inactive and well nourished group (24.30: -7.50 - 44.30) ($p<0.05$) and the active and malnourished group (20.50: -2.30 - 59.00) ($p<0.05$).

Conclusion

Moderate aerobic physical conditioning had a beneficial effect on the animals that were malnourished during their mothers' gestation and lactation as it reduced their rapid weight gain.

Indexing terms: *Proteic malnutrition. Weight gain. Moderate aerobic physical conditioning. Pregnancy. Lactation.*

INTRODUÇÃO

Os períodos intrauterino e neonatal exercem uma maior influência sobre o crescimento e as condições de saúde pós-natal do indivíduo. A desnutrição, ocorrendo nesses períodos, ocasiona efeitos deletérios no crescimento corpóreo demonstrado por baixo peso e baixa estatura¹⁻⁴. Diversas espécies, incluindo a espécie humana, são capazes de adaptar-se à desnutrição a partir de modificações que incluem redução no metabolismo fetal, redistribuição do fluxo sanguíneo e mudanças na produção de hormônios fetais e placentários que controlam o crescimento⁵⁻⁷. A desnutrição protéica materna na gestação e lactação resulta na redução permanente do peso corporal dos filhotes, mesmo após recuperação nutricional^{8,9} e pode favorecer o desenvolvimento de doenças na idade adulta^{7,8,10-12}. O mecanismo pelo qual a desnutrição precoce programa doenças na idade adulta tem sido bastante investigado e parece estar relacionado ao rápido ganho de peso corporal na infância, a partir da recuperação nutricional¹³. Esse *catch up* de peso parece estar associado ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares e metabólicas a partir da sobrecarga de órgãos como pâncreas e fígado^{11,14,15}.

O exercício físico é preconizado, atualmente, como hábito de vida diária pelo seu efeito de bem-estar, preventivo e terapêutico e tem sido associado a vários benefícios metabólicos, cardiovasculares e neurovegetativos¹⁶ com redução na morbidade e mortalidade e melhora na capacidade funcional global¹⁷. De acordo com a literatura, o exercício físico pode trazer benefícios ao processo de recuperação nutricional¹⁸, pois promove importantes ajustes fisiológicos em vias de regulação do metabolismo lipídico, favorecendo menor armazenamento de gorduras na região central e o controle dos lipídeos plasmáticos¹⁹. Desta forma, o presente estudo avaliou os efeitos do condicionamento físico aeróbico moderado no controle do rápido ganho de peso de animais adultos, que receberam dieta normoprotéica, após sofrerem desnutrição, nos períodos de gestação e lactação.

MÉTODOS

Utilizamos 35 ratos machos, albinos, *Wistar*, provenientes do biotério do Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. Os animais foram mantidos a uma temperatura de Média (M)=23°, Desvio-Padrão (DP)=1C, em ciclo claro/escuro invertido de 12h, com livre acesso a água e a ração. Os animais foram obtidos acasalando-se fêmeas primíparas adultas (n=17) com um macho adulto da mesma linhagem. O estado de prenhez foi determinado por meio da observação da presença de espermatozoides na secreção vaginal²⁰. Após a confirmação da prenhez, as ratas foram alojadas individualmente e distribuídas aleatoriamente, por meio de sorteio, em dois grupos nutricionais: grupo Nutrido (N, n=9), que recebeu dieta normoprotéica e isocalórica (caseína 17%); e grupo Desnutrido (D, n=8) que recebeu dieta hipoprotéica e isocalórica (caseína 8%) *ad libitum*. A composição da dieta à base de caseína está de acordo com Reevers *et al.*²¹. Durante a lactação, as mães permaneceram recebendo dieta à base de caseína de acordo com seu grupo experimental. No 21º dia os filhotes foram desmamados e alimentados com dieta padrão do biotério (52% de carboidratos, 21% de proteínas e 4% de lipídeos - Labina®). O peso corporal (g) dos filhotes foi registrado diariamente durante todo o experimento (Balança Marte, modelo AS-1000, com sensibilidade 0,01g) e o ganho de peso (%) dos animais foi calculado por meio da fórmula: (peso de um dia x 100/peso do dia 1) -100²².

Aos 60 dias de idade, os animais de cada grupo experimental foram distribuídos, por meio de sorteio, em Nutrido Sedentário (NS, n=9), Nutrido Condicionado (NC, n=7), Desnutrido na Gestação e Lactação Sedentário (DGL-S, n=8) e Desnutrido na Gestação e Lactação Condicionado (DGL-C, n=9). O programa de condicionamento físico foi realizado em esteira ergométrica (Insight®, Porto Alegre, Brasil) durante 8 semanas, 5 dias/semana, 60 minutos/dia, com uma intensidade de 70% do consumo máximo de oxigênio ($VO_{2\text{máx}}$)²³. A primeira semana do treinamento foi dedicada

à adaptação dos animais ao exercício. A partir da segunda semana, o protocolo foi dividido em quatro estágios progressivos: período de aquecimento (5min); zona intermediária (20min); zona de treinamento (30min); e período de resfriamento (5min). A velocidade da corrida foi determinada pelo consumo de oxigênio, variando progressivamente até que fosse alcançado o consumo de 70% da $VO_{2máx}$.

A comparação, entre os grupos foi realizada no programa *Sigma Stat* e utilizado o teste de Mann-Whitney para comparação entre dois grupos e Kruskal-Wallis com pós-teste de Dunn's para quatro grupos. Os resultados foram expressos em Mediana, valores mínimo e máximo. A significância estatística foi considerada admitindo-se um nível de 5% em todos os casos ($p < 0,05$).

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (protocolo nº 009077/2006-61) e seguiu as normas sugeridas pelo Comitê Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

RESULTADOS

Os animais desnutridos (D) apresentaram o peso corporal (g) (6,50: 5,00 - 10,00) e o ganho

de peso (25,00: -16,70 - 66,70) igual aos animais do grupo nutrido (N) (7,00: 4,00 - 12,00) e (23,10: -11,11 - 100,00) ($p > 0,05$) do 1º ao 4º dia de vida. A partir do 5º dia até o 21º dia de vida o peso corporal (13,00: 5,00 - 23,50) e o ganho de peso (133,30: -16,70 - 300,00) foram menores nos animais desnutridos em relação aos nutridos (22,00: 4,50 - 46,50) e (251,90: 20,00 - 675,00) ($p < 0,05$) (Figuras 1A e B).

Após o desmame (22º ao 60º dia), o peso corporal dos filhotes do grupo DGL (89,50: 12,50 - 214,50) manteve-se menor que o do grupo N (136,50: 17,00 - 284,00) ($p < 0,05$) (Figura 2A). Porém o rápido ganho de peso corporal dos animais do grupo DGL (424,50: 44,00 - 1164,00) assumiu valores crescentes e diferentes estatisticamente dos animais do grupo N (322,6: 30,30 - 914,30) ($p < 0,05$) a partir do 5º dia da oferta de dieta normoprotéica (Figura 2B).

A partir do 60º dia de vida, os animais dos grupos DGL-S (247,00: 134,00 - 335,00) e DGL-C (245,00: 166,00 - 324,50) continuaram apresentando peso corporal menor, quando comparados, respectivamente, aos animais dos grupos NS (303,75: 176,00 - 372,00) e NC (290,25: 190,00 - 372,00), ($p < 0,05$), (Figura 3). Quanto ao ganho de peso, nesse mesmo período, os animais do grupo DGL-S (35,40: -6,20 - 77,10) apresentaram maior ganho de peso que os animais

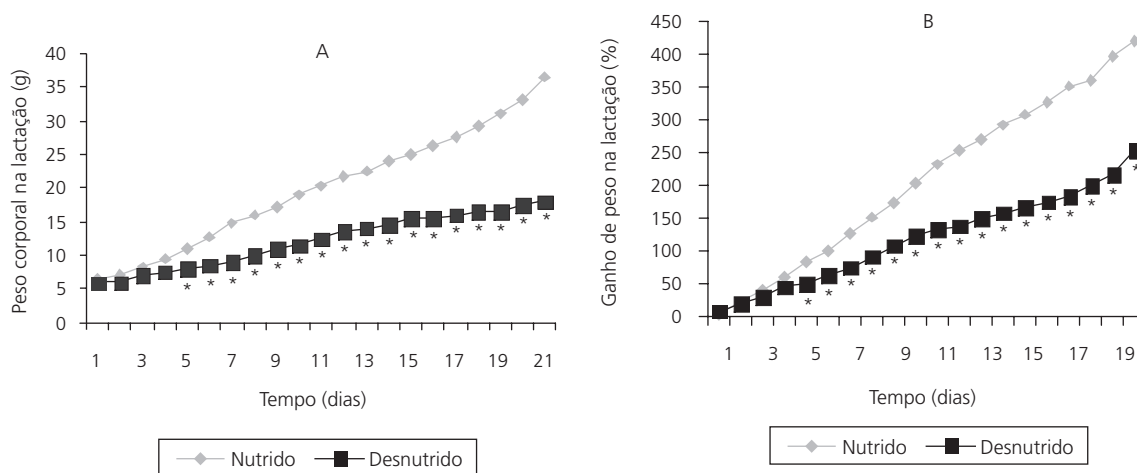


Figura 1. Peso corporal (g) e ganho de peso (%) dos filhotes nutridos (n=18) e desnutridos (n=17) durante a lactação. Recife (PE), 2008.

Nota: * indica peso corporal (A) e ganho de peso (B) menores nos animais desnutridos do 5º ao 21º dias ($p < 0,05$) (Mann-Whitney).

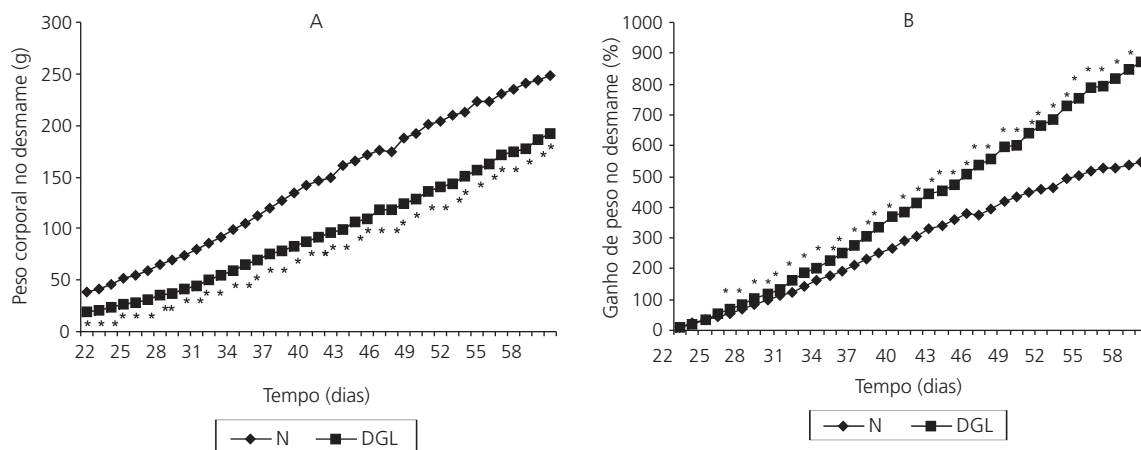


Figura 2. Peso corporal (g) e ganho de peso (%) dos filhotes nutridos (n=18) e desnutridos na gestação e lactação (n=17) no período pós-desmame (dieta normoprotéica) até o início do período de treinamento físico (60 dias). Recife (PE), 2008.

Nota: * indica em A, peso corporal menor nos animais do grupo desnutrido na gestação e lactação ($p < 0,05$) e em B, ganho de peso corporal nos animais do grupo desnutrido na gestação e lactação maior a partir do 5º dia de oferta da dieta normoprotéica ($p < 0,05$), (Mann-Whitney). N: nutrição; DGL: desnutrição na gestação e lactação.

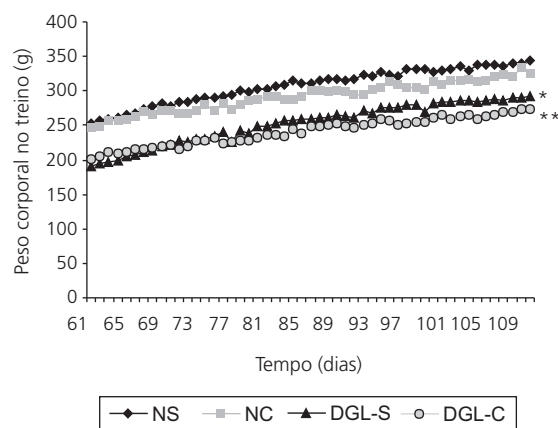


Figura 3. Evolução do peso corporal (g) dos animais dos grupos NC (n=7), NS (n=9), DGL-S (n=8) e DGL-C (n=9) a partir do 60º dia de vida até o 112º. Recife (PE), 2008.

Nota: * diferença em relação ao NS ($p < 0,05$) e ** diferença em relação ao NC ($p < 0,05$) (Kruskal-Wallis com Dunn).

NS: nutrido sedentário, NC: nutrido condicionado, DGL-S: desnutrido na gestação e lactação sedentário, DGL-C: desnutrido na gestação e lactação condicionado.

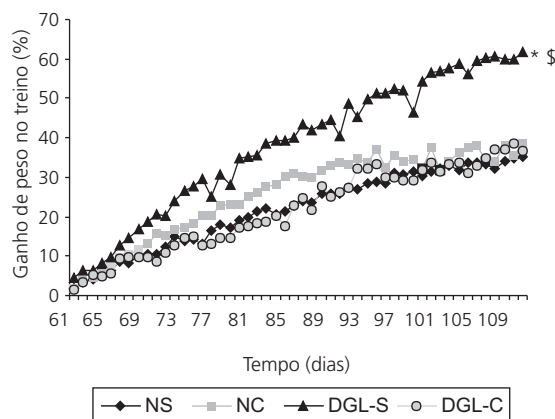


Figura 4. Evolução do ganho de peso corporal (%) dos animais dos grupos NC (n=7), NS (n=9), DGL-S (n=8) e DGL-C (n=9) a partir do 60º dia de vida até o 112º. Recife (PE), 2008.

Nota: * indica diferença em relação ao NS ($p < 0,05$) e \$ indica diferença em relação ao DGL-C ($p < 0,05$). (Kruskal-Wallis com Dunn).

NS: nutrido sedentário, NC: nutrido condicionado, DGL-S: desnutrido na gestação e lactação sedentário, DGL-C: desnutrido na gestação e lactação condicionado.

do grupo NS (24,30: -7,50 - 44,30) ($p < 0,05$). Observou-se, entretanto, semelhança entre os grupos DGL-C (20,50: -2,30 - 59,00) e NC (22,70: -1,31 - 70,64) em relação ao ganho de peso ($p > 0,05$) (Figura 4).

Comparando-se os animais dos grupos DGL-S (35,40: -6,20 - 77,10) e DGL-C (20,50: -2,30 - 59,00), observou-se um menor ganho de peso nos que realizaram o treinamento físico ($p < 0,05$) (Figura 4).

DISCUSSÃO

Estudos têm demonstrado o efeito permanente do déficit de peso corpóreo promovido pela agressão nutricional quando aplicada durante a gestação e aleitamento^{2,24,25} ou somente no período de aleitamento^{26,27}. Essas adaptações do organismo à desnutrição podem ser metabólicas e endócrinas. Com relação às primeiras, ocorre redução da taxa de metabolismo e aumento do catabolismo de seus próprios substratos para o fornecimento de energia, enquanto as endócrinas promovem redução na concentração de glicose, na insulina fetal e no fator de crescimento semelhante à insulina (IGF), que são importantes mediadores para o crescimento fetal. Essas adaptações ocorreriam para permitir a sobrevivência, entretanto acarretam retardo no crescimento e estão associadas com baixo peso ao nascer²⁸. Conforme a hipótese da influência fenotípica proposta por Hales & Barker em 1992, tais mudanças predispoem à obesidade, doenças metabólicas e cardíacas, principalmente naqueles que foram pequenos ao nascer e tornaram-se acima do peso na infância^{29,30}.

No presente estudo os animais desnutridos na gestação e lactação permaneceram com o déficit no peso corporal até o final do experimento. Entretanto demonstraram, após a instituição da alimentação com dieta padrão do biotério, rápido ganho de peso corporal até a idade avaliada, mais elevado do que o dos animais nutridos. Essas observações estão de acordo com os achados de Bayol *et al.*²² que também observaram maior ganho de peso nos animais que foram desnutridos na gestação e recuperados a partir da lactação comparados aos animais nutridos. O rápido ganho de peso está relacionado ao aumento no índice de massa corporal, no percentual de gordura corporal, na massa gorda total e no acúmulo de gordura central, os quais estão correlacionados com marcadores metabólicos para riscos de doenças na idade adulta e predisposição à obesidade¹³. De acordo com Lucas *et al.*³¹, bebês que nasceram com baixo peso

foram programados para uma dieta pobre em nutrientes e são postos em risco quando a ingestão alimentar excede os níveis para o qual seu organismo foi programado. Esse rápido *catch up* de peso também tem sido observado em estudos com animais^{8,24}.

Os efeitos deletérios do *catch up* de peso parecem estar associados à sobrecarga de órgãos como pâncreas e fígado após a recuperação da dieta. Considerando o desenvolvimento de alterações estruturais (como redução no número de células) e funcionais nesses órgãos, em consequência à desnutrição protéica, a recuperação da dieta aumenta excessivamente o trabalho das células remanescentes para a manutenção da homeostase, elevando o risco para o desenvolvimento de diabetes, obesidade e hipertensão arterial, associadas à morte prematura nos animais^{6,8,15}.

Embora haja um consenso na literatura de que o condicionamento físico é benéfico à saúde^{32,33}, nos animais com histórico de desnutrição prévia ainda se tenta verificar a existência de seus benefícios sobre os diversos sistemas corporais. Entretanto, as adaptações fisiológicas induzidas pelo exercício dependem da intensidade, duração e frequência do esforço²³.

Após o protocolo de Condicionamento Físico, os animais que foram desnutridos precocemente permaneceram com peso corporal menor que os dos grupos nutridos. Esse déficit, no peso corporal, também foi observado por Porto *et al.*²⁷ utilizando o mesmo tipo de dieta aplicada apenas no período de lactação e por Rocha *et al.*³⁴ em animais desnutridos aos 40 dias de vida. Entretanto, quanto ao ganho de peso, observou-se uma semelhança entre os animais desnutridos condicionados e os nutridos condicionados e uma redução nos desnutridos condicionados quando comparados aos desnutridos sedentários, confirmando os achados de Santhiago *et al.*³⁵, que também avaliaram esse mesmo parâmetro, em animais previamente desnutridos e alimentados posteriormente com dieta normoprotéica, utilizando corrida em esteira por 4 semanas, e idade de 60 dias.

Dessa forma, considerando os efeitos a longo prazo induzidos pelo rápido *catch up* de peso previamente descritos, acreditamos que o condicionamento físico aeróbio moderado beneficiou os animais precocemente desnutridos por permitir o controle da velocidade e da intensidade do ganho de peso corporal, equiparando os valores desses parâmetros ao dos ratos do grupo normonutrido.

COLABORADORES

T.N. ARAÚJO e L.V.C. QUEIROZ participaram da elaboração do projeto de pesquisa, da elaboração da metodologia, dos cuidados com os animais e do protocolo de treino, da coleta de dados, da tabulação, da discussão dos resultados, do estudo estatístico e da redação do artigo. K.D.S. LIRA e T.J.B.M. FRANCA participaram dos cuidados dos animais, do treino físico e da coleta de dados. S.R.A. MORAES participou da elaboração do projeto de pesquisa, da elaboração da metodologia, da discussão dos resultados e da redação do artigo.

REFERÊNCIAS

- Teodósio NR, Lago ES, Romani SAM, Guedes RCA. A regional basic diet from northeast Brazil as a dietary model of experimental malnutrition. *Arch Latinoam Nutr.* 1990; 60(4):533-47.
- Marín MC, Tomás ME, Serres C, Mercuri O. Protein-energy malnutrition during gestation and lactation in rats affects growth rate, brain development and essential fatty acid metabolism. *J Nutr.* 1995; 125: 1017-24.
- Passos MCF, Ramos CF, Teixeira, CV, Moura EG. Comportamento alimentar de ratos adultos submetidos à restrição protéica cujas mães sofreram desnutrição durante a lactação. *Rev Nutr.* 2001; 14:7-11. doi: 10.1590/S1415-52732001000400002.
- Sawaya AL. Desnutrição: consequências em longo prazo e efeitos da recuperação nutricional. *Estud Av.* 2006; 20(58):147-58. doi: 10.1590/S0103-40142006000300016.
- Barker DJP. The malnourished baby and infant. *Br Med Bull.* 2001; 60:69-88.
- Lumbers ER, Yan Yu Z, Gibson KJ. The selfish brain and the Barker Hypothesis. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2001; 28:942-47. doi: 10.1046/j.1440-1681.2001.03554.x.
- Gallagher EAL. The effect of low protein diet in pregnancy on the development of brain metabolism in rat offspring. *J Physiol.* 2005; 586(pt2):553-58.
- Ozanne SE. Metabolic programming in animals. *Br Med Bull.* 2001; 60:143-52. doi: 10.1093/bmb/60.1.143.
- Passos MCF, Ramos CF, Moura EG. Short and long term effects of malnutrition in rats during lactation on the body weight of offspring. *Nutr Res.* 2000; 20:1603-12. doi: 10.1016/S0271-5317(00)00246-3.
- Barker DJP. Maternal nutrition, fetal nutrition, and disease in later life. *Nutrition.* 1997; 13(9):807-13. doi:10.1016/S0899-9007(97)00193-7.
- Godfrey KM, Barker DJP. Fetal programming and adult health. *Public Health Nutr.* 2001; 4(2B): 611-24. doi:10.1079/PHN2001145.
- Moura EG, Passos MC. Neonatal programming of body weight regulation and energetic metabolism. *Biosci Rep.* 2005; 25(3/4):251-67. doi: 10.1007/s10540-005-2888-3.
- Ong KKL, Ahmed ML, Emmett PM, Preece MA, Dunger DB. Association between postnatal catch up growth and obesity in childhood: prospective cohort study. *BMJ.* 2000; 320(7240):967-71. doi: 10.1136/bmj.320.7240.967.
- Barker DJP, Clark PM. Fetal undernutrition and disease in later life. *J Reprod Fertil.* 1997; 2:105-12. doi: 10.1530/ror.0.0020105.
- Osmond C, Barker DJP. Fetal, infant and childhood growth are predictors of coronary heart disease, diabetes and hypertension in adult men and women. *Environ Health Perspect.* 2000; 108(Supl 3):545-53.
- Medeiros A, Oliveira EM, Cianolla R, Casarini DE, Negrão CE, Brum PC. Swimming training increases cardiac vagal activity and induces cardiac hypertrophy in rats. *Braz J Med Biol Res.* 2004; 37:1909-17. doi: 10.1590/S0100-879X2004001200018.
- Bean JF, Vora A, Frontera WR. Benefits of exercise for community-dwelling older adults. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85(Suppl 3):s31-s42. doi: 10.1016/j.apmr.2004.03.010.
- Torun B, Viteri FE. Influence of exercise on linear growth. *Eur J Clin Nutr.* 1994; 48(Suppl 1):S186-S190.
- Cheik NC, Guerra RLF, Viana FP, Rossi EA, Carlos IZ, Vendramini R, *et al.* Efeitos de diferentes frequências de exercícios físicos na prevenção de dislipidemias e obesidade em ratos normo e hipercolesterolêmicos. *Rev Bras Educ Fis Esp.* 2006; 20(2): 121-9.

20. Marcondes FK, Bianchi FJ, Tanno AP. Determination of the estrous cycle phases of rats: some helpful considerations. *Braz J Biol.* 2002; 62(4A):609-14. doi: 10.1590/S1519-69842002000400008.
21. Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. AIN-93 purified diets for laboratory rodents, final report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulations of AIN-76A. *J Nutr.* 1993; 123(11):1939-51.
22. Bayol S, Jones D, Goldspink G, Stickland NC. The influence of undernutrition during gestation on skeletal muscle cellularity and on the expression of genes that control muscle growth. *Br J Nutr.* 2004; 91(3):331-39. doi: 10.1079/BJN20031070.
23. Leandro CG, Levada CA, Hirabara SM, Manhães-de-Castro R, Castro CB, Curi R, *et al.* Program of moderate physical training for wistar rats based on maximal oxygen consumption. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(3):38-43.
24. Bieswal F, Ahn MT, Reusens B, Holvoet P, Raes M, Rees WD, *et al.* The Importance of catch-up after early malnutrition for the programming of obesity in male rat. *Obesity.* 2006; 14(8):1330-43. doi: 10.1038/oby.2006.151.
25. Souza SL, Orozco-Solis R, Grit I, Manhães-de-Castro R, Jiménez FB. Perinatal protein restriction reduces the inhibitory action of serotonin on food intake. *Eur J Neurosci.* 2008; 27:1400-08. doi: 10.1111/j.1460-9568.2008.06105.x.
26. Fioretto JR, Queiroz SS, Padovani CR, Matsubara LS, Okoshi K, Matsubara BB. Ventricular remodeling and diastolic myocardial dysfunction in rats submitted to protein-calorie malnutrition. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2002; 282(4):1327-33. doi: 10.1152/ajpheart.00431.2001.
27. Porto SMMS, Araújo FRG, Melo JF, Silva RR, Silva KMF, Castro CMMB. Cinética do perfil leucocitário do sangue, antes e após treinamento físico moderado, em ratos adultos desnutridos no período neonatal. *An Fac Méd Univ Fed Pernamb.* 2006; 51(1):59-65.
28. Barker DJP. In utero programming of chronic disease. *Clin Sci.* 1998; 95(2):115-28.
29. Langley-Evans SC, Gardner DS, Welham SJM. Intrauterine Programming of Cardiovascular Disease by Maternal Nutritional Status. *Nutrition.* 1998; 14(1):39-47. doi: 10.1016/S0899-9007(97)00391-2.
30. Hales CN, Barker DJP. The Thrifty phenotype hypothesis. *Br Med Bull.* 2001; 60(1):5-20. doi: 10.1093/bmb/60.1.5.
31. Lucas A, Fewtrell MS, Cole TJ. Fetal origins of adult disease: the hypothesis revisited. *BMJ.* 1999; 319(7204):245-49.
32. Medeiros A, Gianolla RM, Kalil LM. Efeito do treinamento físico com natação sobre o sistema cardiovascular de ratos normotensos. *Rev Paul Educ Fis.* 2000; 14(1):7-15.
33. Roberts CK, NG C, Hama S. Effect of a short-term diet and exercise intervention on inflammatory/anti-inflammatory properties of HDL in overweight/obese men with cardiovascular risk factors. *J Appl Physiol.* 2006; 101(6):1727-32.
34. Rocha R, Simões GC, Porto M, Mello MAR. Desnutrição protéico-calórica e crescimento corporal. influência do exercício na recuperação nutricional de ratos. *Aliment Nutr.* 1997; 8(1):7-16.
35. Santhiago V, Silva ASR, Gobatto CA, Mello MAR. Treinamento físico durante a recuperação nutricional não afeta o metabolismo muscular da glicose de ratos. *Rev Bras Med Esporte.* 2006; 12(2):76-80. doi: 10.1590/S1517-86922006000200004.

Recebido em: 2/6/2008
 Versão final reapresentada em: 29/4/2009
 Aprovado em: 25/9/2009