

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PATOLOGIA**

Alessandra Cavalcanti Torres Monteiro

**REPERCUSSÕES DO EXERCÍCIO FÍSICO DURANTE A GESTAÇÃO E DA
DESNUTRIÇÃO PROTÉICA DURANTE A GESTAÇÃO E LACTAÇÃO SOBRE O
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO FÊMUR DA PROLE**

**Recife
2009**

Alessandra Cavalcanti Torres Monteiro

**REPERCUSSÕES DO EXERCÍCIO FÍSICO DURANTE A GESTAÇÃO E DA
DESNUTRIÇÃO PROTÉICA DURANTE A GESTAÇÃO E LACTAÇÃO SOBRE O
DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO FÊMUR DA PROLE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Patologia, pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito para obtenção do título de mestre em Patologia.

Orientadora:
Prof.^a. Dr.^a. Silvia Regina Arruda de Moraes

**Recife
2009**

Monteiro, Alessandra Cavalcanti Torres
Repercussões do exercício físico durante a
gestação e da desnutrição protéica durante a
gestação e lactação sobre o desenvolvimento e
crescimento do fêmur da prole / Alessandra
Cavalcanti Torres Monteiro. – Recife : O Autor,
2009.

80 folhas; il., fig., tab.

Tese (mestrado) – Universidade Federal de
Pernambuco. CCS. Patologia, 2009.

Inclui bibliografia e anexos

1. Ratos. 2. Treinamento físico. 3. Desnutrição.
protéica 4. Gestação. 5. Fêmur I. Título.

796
613.7045

CDU (2.ed.)
CDD (20.ed.)

UFPE
CCS-03/2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

REITOR

Prof. Amaro Henrique Pessoa Lins

VICE-REITOR

Prof. Gilson Edmar Gonçalves e Silva

PRÓ-REITOR PARA ASSUNTOS DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Prof. Anísio Brasileiro de Freitas Dourado

DIRETOR DO CENTRO DE CIÊNCIA DA SAÚDE

Prof. José Thadeu Pinheiro

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE PATOLOGIA

Prof. Adriana Maria da Silva Telles

COORDENADOR DO MESTRADO EM PATOLOGIA

Prof. Nicodemos Teles de Pontes Filho

VICE-COORDENADOR DO MESTRADO EM PATOLOGIA

Prof. Hilton Justino da Silva

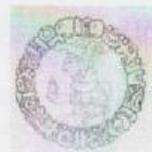
RECIFE

2009



Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Patologia

Av. Prof. Moraes Rego s/n - Cidade Universitária - CEP: 50670-901 - Recife - PE
Prédio da Pós-graduação do Centro de Ciências da Saúde (CCS) - térreo
Fone/Fax: (81) 2126.8529
<http://www.pgmap.ufpe.br> <http://www.pospat.ufpe.br>



Autora: **ALESSANDRA CAVALCANTI TORRES MONTEIRO**

Área de Concentração: **MORFOLOGIA APLICADA**

Nome da Dissertação: **"REPERCUSSÕES DO EXERCÍCIO FÍSICO DURANTE A GESTAÇÃO ASSOCIADA À DESNUTRIÇÃO PROTÉICA GESTACIONAL E PÓS-NATAL SOBRE O DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO FÊMUR DA PROLE"**.

Orientadora: **PROFA. DRA. SILVIA REGINA ARRUDA DE MORAES**

Dissertação defendida para obtenção do título de Mestre em Patologia.

Data: 25 de agosto de 2009.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Caroline Wanderley Souto F. Anselmo *Caroline Wanderley Souto F. Anselmo*

Profa. Dra. Elizabeth Neves de Melo *Elizabeth Neves de Melo*

Profa. Dra. Karla Mônica Ferraz Teixeira Lambertz *Karla Lambertz*

Dedicatória

Dedico este trabalho unicamente a Deus, o Senhor da minha vida, aquele que dá sentido aos meus dias, pelo qual eu não teria chegado até aqui, e por ter dado o seu Filho para morrer em favor da minha salvação.

Agradecimentos Especiais

- A Deus por nunca desistir de mim, muitas vezes nos momentos de maior desespero, insegurança, medo e dúvida, Ele sempre foi minha fortaleza, meu abrigo, e meu melhor amigo. A Ele toda a honra e glória;
- Aos meus amados pais Alexandre e Eliane por sempre acreditarem em mim e me apoiarem, me ensinando a disciplina, a dedicação e a ser responsável em tudo o que fizer;
- Ao meu pai por ter sido tão dedicado em me ajudar a construir um futuro seguro e por ter me ensinado a confiar em Deus e ter uma vida correta. Obrigada por todo seu amor;
- À minha mãe por ser minha inspiração, um referencial de mulher, esposa, mãe e acima de tudo serva do Senhor Jesus;
- Ao meu amado esposo Roberto que sempre foi meu incentivador, nunca me deixou desistir, até nos momentos em que tudo parecia não dá certo, estava lá com carinho e palavras para que eu continuasse seguindo. Obrigada pela sua enorme paciência e pelo seu amor que sempre tem comigo. Você é um anjo que Deus colocou na minha vida;
- Aos meus avós que mesmo longe, sempre estiveram presentes com suas orações.
- Ao meu avô Cleodésio, verdadeiro exemplo de vida, luta e crescimento e que sempre me mostrou o quanto é importante a família crescer unida. Obrigada por cada ajuda e por cada ligação;
- A toda minha família, tios, tias, primos, primas que nunca deixaram de me incentivar e mostrar o quanto estão felizes com as minhas conquistas;
- A todos os meus amigos que torceram por mim, de longe ou de perto sempre orando a Deus para tudo correr bem, desde o vestibular até agora;
- À minha orientadora Silvia Moraes, que desde o início da graduação me colocou do seu lado e me ensinou o Bê a Bá da pesquisa e do ensino, sendo um verdadeiro exemplo de profissionalismo, compromisso, seriedade, dedicação e responsabilidade. Nunca vou esquecer seus ensinamentos. Um grande exemplo;
- Aos amigos que fiz durante minha longa caminhada na UFPE me ajudaram a descobrir e entender o mundo dos ratos, em especial Thiago, Lícia, Antônio, Kamila, Anderson, Ana Cristina, Karina, Vítor e Rodrigo, muito obrigada pela paciência e atenção sempre que precisei;
- Ao pessoal do departamento de anatomia da UFPE pelos momentos alegres que passei com vocês;

- Aos meus alunos queridos que sempre me apoiaram e torceram por mim!

“Se a nossa esperança em Cristo só vale para esta vida,
nós somos as pessoas mais infelizes deste mundo.”
1 Coríntios 15:19.

Resumo

Este estudo avaliou as repercussões do exercício físico durante a gestação e da desnutrição protéica durante a gestação e lactação sobre o desenvolvimento do fêmur da prole. Foram utilizados 40 ratos machos albinos da linhagem *Wistar*, que estavam separados em 4 grupos: filhote de mãe Sedentária Nutrida (fmSN, n=10); filhote de mãe Sedentária Desnutrida (fmSD, n=10); filhote de mãe Treinada Nutrida (fmTN, n=10); e filhote de mãe Treinada Desnutrida (fmTD, n=10). Os animais dos grupos fmSN e fmSD foram filhotes de ratas sedentárias durante toda a gestação, porém as ratas mães do grupo fmSN receberam dieta normoprotéica caseína à 17% de proteína durante a gestação e lactação, enquanto as mães dos filhotes do grupo fmSD receberam dieta hipoprotéica caseína à 8% durante a gestação e lactação. Os animais dos grupos fmTN e fmTD foram filhotes de ratas submetidas à treinamento físico em esteira durante toda a gestação, porém as ratas mães do grupo fmTN receberam dieta normoprotéica caseína à 17% de proteína durante a gestação e lactação, enquanto as mães dos filhotes do grupo fmTD receberam dieta hipoprotéica caseína à 8% durante a gestação e lactação. O protocolo de exercícios constou de treino em esteira durante 8 semanas, dos quais 5 foram antes da concepção. Após o diagnóstico de prenhez, as ratas mães dos grupos fmTN e fmTD tiveram o treinamento modificado, a velocidade e duração dos estágios foram progressivamente diminuídas, caracterizando um treinamento de intensidade leve. Após a lactação, no 22º dia de vida dos filhotes, as ratas mães foram separadas dos filhotes e todos os grupos receberam a mesma dieta padrão no biotério, LABINA. Todos os dias foram aferidos os pesos dos filhotes. Aos 90 dias os filhotes foram pesados e sacrificados por decaptação. Posteriormente, o peso, o comprimento e o conteúdo mineral ósseo do fêmur foram avaliados. A análise estatística foi realizada utilizando a média dos valores \pm desvio-padrão e o teste T *Student* para os dados paramétricos, sendo $p < 0,05$. Ao final do experimento observamos que os animais do grupo fmSN apresentaram peso corpóreo, peso e comprimento do fêmur superior aos animais do grupo fmSD, entretanto o conteúdo mineral ósseo permaneceu igual. Os animais do grupo fmSN apresentaram peso corpóreo, peso, comprimento e conteúdo mineral ósseo do fêmur equivalente aos animais do grupo fmTN. Da mesma forma, os animais do grupo fmSD apresentaram peso corpóreo, peso, comprimento e conteúdo mineral ósseo do fêmur equivalente aos animais do grupo fmTD. E por fim, os animais do grupo fmTN apresentaram peso corpóreo, peso e comprimento do fêmur superior aos animais do grupo fmTD, entretanto o conteúdo mineral ósseo permaneceu igual. Sendo assim, observamos que apenas a desnutrição protéica produz alterações no desenvolvimento ósseo da prole, quando a mesma é induzida na gestação e lactação. O exercício físico por sua vez, seguindo o protocolo do nosso estudo, não promoveu qualquer prejuízo à estrutura óssea da prole quando a mesma é induzida no período de gestação. Muitos estudos ainda precisam ser realizados sobre o efeito do exercício físico durante a gestação sobre o desenvolvimento da prole.

Palavras-chave: Ratos, Treinamento físico, Desnutrição protéica, Gestação, Fêmur.

Abstract

This study evaluated the repercussions of the presence of physical exercises during gestation, and of protein malnutrition during gestation and lactation towards the offspring's femur development. 40 Wistar lineage male albino rats were utilized, and segregated in four groups: offspring of nourished sedentary mothers (fmSN, n = 10); offspring of malnourished sedentary mothers (fmSD, n = 10); offspring of nourished trained mothers (fmTN, n = 10); and offspring of malnourished trained mothers (fmTD, n = 10). The animals in the fmSN and the fmSD groups were babies of female rats that remained sedentary throughout the whole gestation, yet the mothers of the fmSN group were given a normoproteic diet that contained 17% of casein while in gestation and lactation, whereas mothers of the fmSD group received a hypoproteic diet that contained 8% of casein during the same period. The animals in the groups fmTN and fmTD were babies of female rats submitted to physical training in treadmill through the whole gestation, however, the mothers of the fmTN group were given a normoproteic diet that contained 17% of casein while in gestation and lactation, whereas mothers of the fmTD group received a hypoproteic diet that contained 8% of casein during the same period. The exercise protocol consisted of treadmill training for 8 weeks, 5 of which before birth. After the diagnosis of pregnancy, the mothers of the fmTN and fmTD groups had their training altered, the speed and duration of the stages were progressively decreased, characterizing low intensity training. After lactation, on the 22nd day after giving birth to their offspring, the female rats were separated from their babies, and all groups received the standard diet in the animal room, LABINA. The weight of the babies was gauged every day. At 90 days of age, the babies were sacrificed through decapitation, and their body mass, weight, length and bone mineral content of the femur were evaluated, so that it was possible to assess bone development. The statistic analysis was performed utilizing the average between values and standard deviation and the T *Student* test, for the parametrical data, being $p < 0,05$. At the end of the experiment, we observed that fmSN animals presented an increased body mass, weight and femur length, when compared to fmSD group data, although the amount of bone mineral content remained the same. The fmSN and fmTN animals presented equivalent body mass, weight, femur length and bone mineral content. Likewise, the fmSD and fmTD animals presented equivalent body mass, weight, femur length and bone mineral content. Finally, the fmTN animals presented an increased body mass, weight and femur length, when compared to fmTD group data, although the amount of bone mineral content remained the same. Thus, we observe that only protein malnutrition produces alterations in the offspring's bone development, when induced throughout gestation and lactation. Physical exercises, on the other hand, in obedience to the protocol of our study, did not promote any hazard to the bone structure of the offspring when induced during gestation. Many studies still need to be performed about the effects of physical exercise during gestation on the offspring development.

Keywords: Rats, Physical Training, Protein Malnutrition, Gestation, Femur.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Incisão da região abdominal inferior direita até o joelho do mesmo lado para desarticulação e coleta do fêmur	33
Figura 2. Fêmur direito desarticulado e limpo de um rato aos 90 dias de vida	33
Figura 3. A: Balança de pesagem hidrostática digital para aferição do peso femoral; B: Paquímetro para determinar o comprimento do fêmur.	34
Figura 4. Solução de ácido nítrico a 10% para descalcificação dos fêmures	34

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
a. Geral	13
b. Específicos	13
3. REVISÃO DA LITERATURA	14
a. Artigo de Revisão	15
4. METODOLOGIA	28
Nutrizes	29
Treinamento Físico das nutrizes durante a gestação	29
Manipulação da dieta das nutrizes durante a gestação e lactação	31
Grupos experimentais	31
Método de coleta do fêmur	32
Análise Morfométrica	33
Análise Estatística	34
5. RESULTADOS	35
Artigo Original	36
Discussão	42
Conclusão	45
Gráfico 1	49
Tabela 1	51
6. REFERÊNCIAS	52
ANEXO	61
Aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal.	62

1. APRESENTAÇÃO

Durante o desenvolvimento ósseo, fatores nutricionais, carga genética, mecanismos hormonais e influências ambientais, têm efeitos cruciais na saúde do osso (SAGGESE *et al.*, 2001; ALIPPI *et al.*, 2002). O exercício físico e a alimentação se apresentam como fatores influenciadores no crescimento do esqueleto (CASSIDY, 1999; BONJOUR *et al.*, 2001; LEONARD & ZEMEL, 2002).

Na fase gestacional, período em que o tecido ósseo já começa a se desenvolver (LIMA *et al.*, 2001), a prática de atividade física apropriada promove benefícios maternos, como a prevenção e/ou controle da diabetes gestacional (HILLS & BYRNE, 2004). Entretanto pouco ainda se sabe sobre os efeitos desta prática adequada para a fase gestacional sobre o tecido ósseo do filho. O que se tem conhecimento é que o exercício físico de forma não adequada durante este período pode prejudicar o desenvolvimento fetal, retardando o fornecimento de oxigênio e de nutrientes (HILLS & BYRNE, 2004).

Dentre os nutrientes osteotróficos, a proteína é um importante meio para o desenvolvimento do osso (BONJOUR *et al.*, 2001) e é na fase gestacional que inicia sua formação e na espécie humana, é nas primeiras duas décadas de vida que o ganho de massa óssea se torna mais significativo (SILVA *et al.*, 2004). Sendo assim, a restrição protéica na alimentação prejudica o desenvolvimento do tecido ósseo nesses indivíduos (DICKERSON & JOHN, 1969). Na desnutrição a zona de proliferação óssea, o número de células osteoblásticas e suas atividades encontram-se reduzidas, além do aumento do número de osteoclastos, células responsáveis pela reabsorção óssea (GENESER, 2003), afetando assim, a maturidade e funcionalidade óssea (HIMES, 1978).

Dessa forma, a prática de atividade física durante o período gestacional associado à desnutrição protéica durante as fases gestacional e de lactação, períodos críticos para o desenvolvimento ósseo, seriam prejudiciais para a formação óssea da prole, uma vez que a prática de atividade física se utiliza de gasto de energia extra além do aporte energético suficiente para o desenvolvimento do feto durante o período gestacional.

Para validar essa hipótese, o treinamento físico em esteira de intensidade leve foi induzido em ratas durante a gestação, e a desnutrição protéica foi promovida pela oferta de uma dieta hipoprotéica (caseína a 8%) durante o período de gestação e lactação. Para verificar o desenvolvimento somático e ósseo foram considerados os seguintes parâmetros: o peso absoluto dos filhotes, o peso e comprimento do fêmur e o conteúdo mineral ósseo do fêmur dos filhotes aos 90 dias de vida.

Esta dissertação foi elaborada conforme a “Proposta para apresentação de dissertação/tese dos programas de Pós-Graduação do Centro de Ciências da Saúde (CCS) da UFPE”, baseado em Souza MSL. Guia para redação e apresentação de teses. Editora Coopmed, 2ª Ed, 2002 e se encontra estruturada da seguinte forma:

1. Objetivos do trabalho;
2. Revisão da literatura: consta de um **artigo de revisão da literatura** (intitulado: Influências do Exercício Físico e da Desnutrição sobre o esqueleto) que descreve quando é iniciada a formação óssea, avalia o papel do exercício físico sobre o esqueleto e os efeitos causados pela desnutrição sobre o tecido ósseo.
3. Metodologia: onde foram detalhadas, de forma escrita e ilustrativa, todas as etapas para a execução do presente trabalho;
4. Resultados: o capítulo de resultados está estruturado sob a forma de um **artigo original** que se refere ao estudo experimental desenvolvido durante o mestrado, em que foram analisados ratos, cujas mães foram submetidas ao treinamento em esteira durante a gestação e à desnutrição protéica durante a gestação e lactação e avaliaram-se as influencias sobre o peso corpóreo e a morfometria do fêmur da prole. Nele encontram-se os resultados obtidos, a discussão e a conclusão do presente estudo.
5. Referências

2. OBJETIVOS

a. Geral

- Avaliar os efeitos do treino físico imposto as ratas mães durante a gestação associado a uma dieta hipoprotéica imposta durante os períodos gestacional e de lactação sobre o desenvolvimento e crescimento do tecido de osso longo na prole.

b. Específicos

- Avaliar o peso corpóreo do animal;
- Determinar o peso do fêmur;
- Aferir o comprimento do fêmur;
- Determinar o conteúdo mineral ósseo do fêmur.

3. REVISÃO DA LITERATURA

ARTIGO DE REVISÃO DA LITERATURA

INFLUÊNCIAS DO EXERCÍCIO FÍSICO E DA DESNUTRIÇÃO SOBRE O ESQUELETO

Alessandra C.T. Monteiro^{a*}; Silvia R.A. de Moraes^b.

^a Departamento de Pós-Graduação em Patologia, UFPE, Recife, PE, Brasil

^b Departamento de Anatomia, UFPE, Recife, PE, Brasil

*Correspondência para o autor: Av. Gov. Carlos de Lima Cavalcanti, 1886/402, Casa Caiada, Olinda, PE, Brasil.

Endereço eletrônico: aleletorres@hotmail.com (ACT Monteiro)

Resumo

O tecido ósseo é adquirido ao longo do período de desenvolvimento e crescimento do indivíduo. Essa aquisição é modulada por potencial genético. Entretanto, influências externas como o exercício físico e fatores nutricionais podem interferir, de forma que a deficiência em um ou mais desses fatores podem ter um efeito crucial na saúde do osso. A prática de atividade física aumenta a modelação e diminui a absorção óssea, prevenindo a perda de massa óssea, além disso, o exercício físico de intensidade leve a moderada durante a gestação promove vários benefícios para a saúde da mulher. A desnutrição, por sua vez, pode causar danos à formação do tecido ósseo, retardando o aparecimento de centros de ossificação, afetando assim a maturidade óssea. As influências externas são aparentemente dependentes do período em que elas ocorram, sendo o período intra-uterino e a primeira semana de vida crítica para o desenvolvimento.

Abstract

Introdução

O tecido ósseo e, conseqüentemente, o crescimento de um indivíduo podem ser programados pela genética e/ou por influências ambientais durante a vida. Além das bases hereditárias, fatores ambientais como a atividade física e a alimentação podem interferir no desenvolvimento ósseo tanto em seres humanos, como em animais (ILICH *et al.*, 1998; GALE *et al.*, 2001).

Esta revisão da literatura tem por objetivo expor os efeitos do exercício físico, bem como da desnutrição sobre o desenvolvimento e crescimento do tecido ósseo.

1. Desenvolvimento e Crescimento Ósseo

São nos primeiros cinco meses de gestação que o crescimento fetal atinge sua maior velocidade (O'RAHILLY & GARDNER, 1975; BURKUS & OGDEN, 1984). O tecido ósseo já começa a se desenvolver na fase intra-uterina, pois a mineralização do esqueleto torna-se evidente pela segunda metade da gestação, o acréscimo mineral é maior no terceiro trimestre (PRENTICE, 2001) e o início do processo de ossificação endocondral da diáfise femoral ocorre entre a 8ª e 9ª semana gestacional (VELLOSO, 1999).

As fases neonatal, infância e adolescência também são importantes para o crescimento do esqueleto, pois correspondem aos períodos críticos para aquisição de massa óssea (PETTERSSON *et al.*, 2000; LIMA *et al.*, 2001; CRAWFORD *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2004). O período pós-natal imediato, por exemplo, corresponde ao período crítico de crescimento do fêmur (CASSIDY, 1999; LEONARD & ZEMEL, 2002) que se estende até o 6º mês de vida no homem e até o 21º dia de vida do rato (QUINN, 2005).

Durante a infância, os reguladores centrais do crescimento são o fator IGF-1 (Insulin-like growth factor-I), massa molecular de peptídeo que é essencial para o crescimento normal em humanos e animais, e os hormônios do crescimento da tireóide, que tem ação no receptor nuclear, pois prolifera e matura a placa epifisária (GOMES *et al.*, 2006). Estes hormônios induzem o crescimento longitudinal por proliferação das células da placa de crescimento epifisária. No fim da puberdade, a cartilagem epifisária funde, mas a massa óssea continua aumentando por alguns anos após o fim do crescimento linear, alcançando o pico durante a fase adulto jovem (PRENTICE, 2001).

O tecido ósseo é metabolicamente ativo e submete-se a remodelação contínua ao longo da vida; esta remodelação é necessária para conservar a integridade estrutural do esqueleto e manter suas funções metabólicas de deposição de cálcio e fósforo (RAISZ, 1999).

A função óssea primária está relacionada à sustentação do peso mecânico que é realizada pelo osso cortical em todo o esqueleto (PARFITT, 2002); apenas o osso cortical está presente na diáfise de ossos longos (SALLE *et al.*, 2002).

2. Influências do Exercício Físico sobre o Esqueleto

Apesar da sua resistência às pressões e da sua dureza, o tecido ósseo é muito plástico, o que lhe confere a capacidade de remodelar a sua estrutura interna quando ocorrem modificações nas forças a que está submetido normalmente (GUERRINO *et al.*, 1996). Dessa forma, o crescimento ósseo também está ligado à resposta mecânica e ao metabolismo através dos mecanismos de absorção e remoção de cálcio (PALUMBO, 2001). Essa absorção e remoção estão relacionadas às funções das células ósseas, osteoblastos e osteoclastos respectivamente (WESTBROEK, 2001). Os osteócitos por sua vez, recrutam unidades básicas de modelação em resposta aos estímulos mecânicos, modulando a diferenciação de osteoblastos em osteócitos e aumentando a produção de fatores locais (TENÓRIO *et al.*, 2005).

O exercício físico vem sendo utilizado no tratamento e prevenção de osteoporose e doenças relacionadas ao esqueleto (GARNEO *et al.*, 1994), isso porque aumenta a modelação e diminui a remodelação óssea (IWAMOTO *et al.*, 1999), prevenindo a perda de massa óssea (CARVALHO *et al.*, 2004).

Estudos descreveram que o exercício físico de maior sobrecarga decorrente do peso corporal aumenta a densidade mineral óssea (GRISSE *et al.*, 1990; MACDOUGALL *et al.*, 1992; CHILIBECK *et al.*, 2005), indicador comum que reflete o desenvolvimento do osso (GRIMSTON *et al.*, 1993; LEHTONEN-VEROMA *et al.*, 2000; PETTERSSON *et al.*, 2000), pois causa estímulos osteogênicos que aceleram o metabolismo do esqueleto e a formação óssea (SHIBATA *et al.*, 2003). Esse acréscimo da densidade mineral óssea diante do aumento do estímulo mecânico está relacionado ao efeito piezoelétrico ósseo. Essas ações mecânicas geram diferenças no potencial elétrico do osso, estimulando a atividade celular, o que leva ao depósito de minerais nos pontos de estresse (MENKES *et al.*, 1993).

Um estudo com ratos demonstrou que tanto a modelação quanto a remodelação óssea estão ativas nos ossos jovens, enquanto que no osso adulto a remodelação é predominante (TENÓRIO *et al.*, 2005). Sendo assim, a infância e a adolescência são as melhores fases de prevenção da osteoporose e das demais doenças osteogênicas, já que os ossos jovens estão crescendo rapidamente e estão mais sensíveis às influências do meio ambiente, como a atividade física e a alimentação (CASSIDY, 1999; LEONARD & ZEMEL, 2002).

Além dos efeitos benéficos que a prática do exercício físico pode proporcionar sobre o tecido ósseo, existem evidências de que a atividade física induz ao aumento da força muscular (EMSLANDER *et al.*, 1998), o que poderia ser considerado um suporte no tratamento de pacientes submetidos à recuperação nutricional.

3. Influências do Exercício Físico na Gestação

Existe um consenso na literatura que a atividade física de intensidade leve a moderada durante a gestação promove vários benefícios para a saúde da mulher (LIMA & OLIVEIRA, 2005). Entretanto ainda existem controvérsias a respeito dos efeitos positivos ou negativos desta prática durante a gestação sobre o crescimento e desenvolvimento fetal (KOHRT *et al.*, 1998; NICHOLS *et al.*, 2001).

O exercício físico causa uma resposta de redistribuição térmica e circulatória, mudando a concentração de sangue para a extremidade do útero e da placenta. Este processo ajuda a reduzir e prevenir dores lombares, diminuir retenção de líquido, reduzir o estresse cardiovascular, aumentar a capacidade de oxigenação, diminuir a pressão sanguínea, reduzir os riscos de diabetes gestacional, prevenir trombose e veias varicosas e ajudar no controle do peso corporal da gestante (ACOG, 2002; HILLS & BYRNE, 2004). A atividade física leve e moderada durante a gestação mostrou-se também redutor de risco de pré-eclampsia (MARCOUX *et al.*, 1989; SORENSEN *et al.*, 2003; SAFTLAS *et al.*, 2004) , hipertensão (MARCOUX *et al.*, 1989; SAFTLAS *et al.*, 2004) e diabetes melitus gestacional (DEMPSEY *et al.*, 2004a; DEMPSEY *et al.*, 2004b) . Entretanto, estudos que tratam da atividade física de intensidade alta mostram um fator de risco para o aborto (FLORACK *et al.*, 1993; EL METWALLI *et al.*, 2001).

Por outro lado, de acordo com Artal *et al.* (1999), a publicação de estudos e pesquisas sobre a atividade física na gestação ainda são precárias. Segundo Morris & Johnson (2005), embora limitada, a literatura sugere que praticando exercício moderado durante a gestação sem riscos adicionais não promove resultados negativos nem para a mãe nem para o feto.

As pesquisas que abordam os efeitos da prática de atividade física durante a gestação para o feto e o recém-nascido falham em mostrar um consenso, mas o

treino de intensidade leve e moderado não demonstram fatores de risco. Vários pesquisadores (KLEBANOFF *et al.*, 1990; STERNFELD *et al.*, 1995; HORNS *et al.*, 1996; SCHRAMM *et al.*, 1996; LEIFERMAN & EVERSON, 2003) mostram que o peso corporal do recém-nascido, filho de mães que praticaram atividade física na gestação, não sofre redução. Carmichael *et al.* (2002) demonstraram que recém-nascidos de mães que praticaram atividade física apresentaram 30 a 50% menores riscos de defeito no tubo neural comparado com mães sedentárias.

Em uma pesquisa feita com gestantes que se exercitaram durante toda a gravidez foi verificado que seus filhos nasceram com peso maior que dos filhos das mães sedentárias (HATCH *et al.*, 1993). Da mesma forma, Clapp *et al.* (2000) destacaram que o exercício físico adequado durante toda a gestação, ou parte dela, pode contribuir para o aumento da percentagem de gordura, do peso, e da circunferência craniana. Outros estudos demonstraram que a intensidade e o excesso de atividade durante a gravidez pode estar associado à prematuridade (LATKA *et al.*, 1999; EL-METWALLI *et al.*, 2001). Por sua vez, as pesquisas envolvendo os efeitos da atividade física praticada durante a gestação sobre a estrutura óssea dos filhotes, principalmente nos ossos longos, ainda são escassas.

4. Repercussões da Desnutrição sobre o Esqueleto

A mais freqüente causa de baixa estatura ao nascer e nanismo em crianças e adolescentes é a desnutrição protéica (BOERSMA & WIT, 1997). Um déficit nutricional durante as importantes fases de desenvolvimento ósseo prejudica permanentemente a estrutura do esqueleto (BONJOUR *et al.*, 2001). Quanto mais cedo a restrição protéica é imposta, mais séria e permanente são os efeitos (WIDDOWSON & MCCANCE, 1975).

Sabe-se que a desnutrição resulta em uma menor deposição de cálcio (NAKAMOTO & MILLER, 1979) e que a severidade das desordens ósseas não varia apenas com o valor protéico da dieta, mas também com a duração da deficiência protéica e com a idade em que as dietas experimentais são fornecidas (PLATT & STEWART, 1962). Durante a fase gestacional, por exemplo, uma deficiência alta de nutrientes pode comprometer a saúde do osso, além de ser um dos maiores responsáveis pelo alto índice de mortalidade infantil ainda registrado

no nosso país. Da mesma forma, no início da vida da criança a desnutrição imposta pode mudar permanentemente a estrutura do corpo, a fisiologia e o metabolismo, e levar a doenças crônicas na idade mais avançada (NUNES *et al.*, 2002).

Um déficit protéico durante a fase neonatal de ratos prejudicou a maturação do esqueleto (DICKERSON & JONH, 1969; HIMES, 1978), afetando não só o crescimento dos animais, mas também retardando o aparecimento dos centros de ossificação (NAKAMOTO & MILLER, 1979). Além disso, esse tipo de agressão poderá alterar a homeostasia do esqueleto (GUDEHITHLU & RAMAKRISHNAN, 1990), aumentando os riscos de osteoporose e de fraturas na vida adulta (VASHISHTH *et al.*, 2001; YOSHIMURA *et al.*, 2005).

Como foi citado, o período crítico de desenvolvimento do fêmur corresponde ao período pós-natal imediato, portanto uma agressão nutricional administrada durante esta fase acarreta sérios transtornos ao seu crescimento (NAKAMOTO & MILLER, 1979; CASSIDY, 1999; LEONARD & ZEMEL, 2002).

Estudos experimentais evidenciaram que a taxa de desenvolvimento de porcos que foram submetidos à desnutrição é baixa e o incremento do crescimento ósseo em um dado período pode ser de apenas um terço daquele observado no grupo controle (STEWART & PLATT, 1958). Os efeitos deletérios da desnutrição protéica podem se tornar ainda mais agravantes e até mesmo irreversíveis quando a recuperação nutricional é tardia (GURMINI, 2005).

Um estudo com mandíbulas de ratos demonstrou que a densidade mineral óssea pode ser utilizada como indicador da qualidade mecânica do osso cortical (ALLIPI *et al.*, 2002) e em humanos, poderia servir também como fator preditivo de fraturas (MOURÃO & VASCONCELOS, 2001). Estudos experimentais demonstram que a desnutrição causa uma alteração na densidade do fêmur de animais desnutridos quando comparado ao grupo nutrido da mesma idade, e esta diferença se manteve após a reposição nutricional (REDDY *et al.*, 1972; BONJOUR, *et al.*, 2001; AMMANN *et al.*, 2002). Uma investigação com mulheres japonesas que foram submetidas à privação protéica durante a infância demonstrou haver uma diminuição da densidade mineral óssea dependente da idade, sendo que quanto mais idosa a mulher menor a densidade mineral óssea encontrada (YOSHIMURA *et al.*, 2005).

Segundo Himes (1978), não somente o número de células ósseas, mas também a extensão da zona de proliferação apresentaram-se reduzidos com a desnutrição protéica o que prejudica o crescimento ósseo endocondral. Da mesma forma, Power *et al.* (2002) demonstraram que quando a mineralização da matriz está prejudicada, ou quando ocorre osteoporose, a densidade de osteócitos sofre influências de alterações na diferenciação final de células da linhagem osteoblástica, justificando o subdesenvolvimento do esqueleto. Essa redução osteocitária e no desenvolvimento ósseo, demonstra a participação ativa dos osteócitos na manutenção da matriz óssea (KNOTHE-TATE & JOSÉE, 2004) e no papel sensoriomecânico importante na formação do esqueleto (BONEWALD, 2002; MULLENDER, 2005), pressupondo que existe uma relação direta entre os osteócitos e o volume de matriz óssea (LIMA *et al.*, 2001).

Bonjour *et al.* (2001) demonstraram que quantidades insuficientes de proteína no organismo prejudicam tanto a produção quanto a ação de IGF-I (Insulin-like growth factor-I). O IGF-I é um fator essencial para o crescimento longitudinal do osso, já que estimula a proliferação e a diferenciação dos condrócitos na linha epifisária responsável pela formação óssea. Ele pode ser considerado um fator chave na manutenção do metabolismo cálcio-fostato necessário para o desenvolvimento do esqueleto e mineralização óssea durante o crescimento.

Considerações Finais

O tecido ósseo se apresenta como um tecido capaz de remodelar a sua estrutura interna quando submetido às influências externas como o exercício físico, que atua na formação óssea, na prevenção e tratamento das diversas doenças osteogênicas, e como a desnutrição que pode prejudicar a maturação e a homeostasia do esqueleto. Fazem-se necessários maiores estudos sobre a influência do treinamento físico e da desnutrição sobre o desenvolvimento ósseo quando ocorrem durante as diferentes fases da vida.

Referências

ACOG Committee on Obstetric Practice. Committee opinion #267: exercise during pregnancy and the postpartum period. **Obstet Gynecol.** v. 99, p. 171-173, 2002.

ALIPPI, R.M.; META, M.D.; OLIVERA, M.I.; BOZZINI, C.; SCHNEIDER, P.; META, I.F. Effect of protein-energy malnutrition in early life on the dimensions and bone quality of the adult rat mandible. **Archives of Oral Biology**, v. 47, p. 47-53, 2002.

AMMANN, P.; LAIB, A.; BONJOUR, J.P.; MEYER, J.M.; RÜEGSEGG, P.; RIZZOLI, R. Dietary essential amino acid supplements increase bone strength by influencing bone mass and bone microarchitecture in ovariectomized adult rats fed an isocaloric low-protein diet. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 17, n. 7, p. 1264-1272, 2002.

ARTAL, R.; O'TOOLE, M. Guidelines of the American College of Obstetricians and Gynecologists for exercise during pregnancy and the postpartum period. **American College of Obstetricians and Gynecologists**, p. 6-12, 2002.

ARTAL, R.; WISWELL, A.R.; DRINKWATER, L.R. E. Aspectos legais da prescrição de exercícios para a gravidez. Seção III: aplicações práticas. **O exercício na gravidez**. São Paulo: Edições Manole, p. 293-298, 1999.

BOERSMA, B. Catch-up growth. **Endocrine Rev.**, v. 18, p. 646-661, 1997.

BONEWALD, L.F. Osteocytes: A proposed multifunctional bone cell. **J. Musculoskel Neuron. Interact.**, v. 2, p. 239-241, 2002.

BONJOUR, J.P.; AMMANN, P.; CHEVALLEY, T.; RIZZOLI, R. Protein intake and bone growth. **Can. J. Appl. Physiol**, v. 26, p. 153-166, 2001.

BURKUS, J.K.; OGDEN, J. Development of the distal femoral epiphysis: a microscopic morphological investigation of the zone of Ranvier. **J Pediatr Orthop**, v. 4, p. 610-668, 1984.

CARMICHAEL, S.L.; SHAW, G.M.; NERI, E.; SCHAFFER, D.M.; SELVIN, S. Physical activity and risk of neural tube defects. **Matern Child Health J**, v. 6, p. 151-157, 2002.

CARVALHO, C.M.R.G.; FONSECA, C.C.C.; PEDROSA, J.I. Educação para a saúde em osteoporose com idosos de um programa universitário: repercussões. **Cad. Saúde Pública**, v. 20, n. 3, p. 719-726, 2004.

CASSIDY, J.T. Osteopenia and osteoporosis in children. **Clin Exp Rheumatol**, v. 17, p. 24-50, 1999.

CHILIBECK, P.D.; SALE, D.G.; WEBBER, C.E. Exercise and bone mineral density. **Sports Méd.** v. 19, p. 106-108, 1995.

CLAPP, J.F.; KIM, H.; BURCIU, B.; LOPEZ, B. Begining regular exercise in early pregnancy: effect on fetoplacental growth. **Am J Obstet Gynecol**, v. 183, p. 1484-1488, 2000.

CRAWFORD, P.B.; WANG, M.C.; SABRY, Z.I.; HUDES, M.; VAN LOAN, M.; BACHACH, L.K. Adolescent diet is predictive of peak bone mass. **Am J Clin Nutr**, v. 75 p. 356, 2002.

DEMPSEY, J.C.; BUTLER, C.L.; SORENSEN, T.K.; LEE, I.M.; THOMPSON, M.L.; MILLER, R.S. A case-control study of maternal recreational physical activity and risk of gestational diabetes mellitus. **Diabetes Res Clin Pract**, v. 66, p. 203-215, 2004b.

DEMPSEY, J.C.; SORENSEN, T.K.; WILLIAMS, M.A.; LEE, I.M.; MILLER, R.S.; DASHOW, E.E. Prospective study of gestational diabetes mellitus risk in relation to maternal recreational physical activity before and during pregnancy. **Am J Epidemiol**, v. 159, p. 663-670, 2004a.

DICKERSON, J.W.T.; JONH, P.M.U. The effect of protein-calorie malnutrition on the composition of the human femur. **Br. J. Nutr.**, v. 23, p. 917-924, 1969.

DYE, T.D.; KNOX, K.L.; ARTAL, R.; AUBRY, R.H.; WOJTOWYCZ, M.A. Physical activity, obesity, and diabetes in pregnancy. **Am J Epidemiol**, v. 146, p. 961-965 1997.

EL-METWALLI, A.G.; BADAWY, A.M.; EL-BAGHDADI, L.A.; EL-WEHADY, A. Occupational physical activity and pregnancy outcome. **Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol**. v. 100, p. 41-45, 2001.

EMSLANDER, H.C.; SINAKI, M.; MUHS, J.M.; CHAO, E.Y.S.; WAHNER, H.W.; BRYANT, S.C.; RIGGS, L.; EASTELL, R. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). **Mayo Clin Proc**, v. 73, p. 1151-1160, 1998.

FLORACK, E.I.M.; ZIELHUIS, G.A.; PELLEGRINO, J.E.M.C.; ROLLAND, R. Occupational physical activity and the occurrence of spontaneous abortion. **Int J Epidemiol**, v. 22, p. 878-884, 1993.

GALE, C.R; MARTYN, C.N.; KELLINGRAY, S.; EASTELL, R.; COOPER, C. Intrauterine programming of adult body composition. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 86, p. 267-72, 2001.

GARNEO, P.; GRIMAUX, M.; SEGUIN, P.; DELMAS, P.D. Characterization of immunoreactive forms of human osteocalcin generated in vivo and in vitro. **J Bone Miner Res**, v. 9, p. 255-264, 1994.

GOMES, R.J.; MELLO, M.A.R.; CAETANO, F.H.; SIBUYA, C.Y.; ANARUMA, C.A.; ROGATTO, G.P.; PAULI, J.R.; LUCIANO, E. Effects of swimming training

on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats. **Growth hormone & IGF Research**, v. 16, p. 326-331, 2006.

GRIMSTON, S.K.; WILLOWS, N.D.; HANLEY, D.A. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 25, p. 1203–1210, 1993.

GRISSEO, J.A.; BAUM, C.R.; TURNER, B.J. What do physicians in practice do to prevent osteoporosis? **J Bone Miner Res**, v. 5, p. 213–219, 1990.

GUDEHITHLU, K.P.; RAMAKRISHNAN, C.V. Effect of undernutrition on the chemical composition and the activity of alkaline phosphatase in soluble and particulate fractions of the rat calvarium and femur. II: effect of preweaning undernutrition in the suckling rat. **Calcif Tissue Int**, v. 46, p. 378-383, 1990.

GUERRINO, M.R.; GONÇALVES, M.; LEIVAS, T.P. Efeito do Treinamento Físico sobre a Resistência Óssea. **MOTRIZ**, v. 2, n.1, 1996.

GURMINI, J. Desnutrição intra-uterina e suas alterações no intestino delgado de ratos Wistar ao nascimento e após a lactação. **J Bras Patol Med Lab**, v. 41, n. 4, p. 271-278, 2005.

HATCH, M.C.; SHU, X.O.; MCLEAN, D.E. Maternal exercise during pregnancy, physical fitness, and fetal growth. **Am J Epidemiol**, v. 137, p. 1105-1114, 1993.

HILLS, A.P.; BYRNE, N.M. Physical activity in the management of obesity. **Clin Dermatol**, v. 22, p. 315-318, 2004.

HIMES, J.H. Bone Growth and Development in protein-calorie malnutrition. **Rev Nutr Diet.**, v. 28, p. 143-187, 1978.

HORNS, P.N.; RATCLIFFE, L.P.; LEGGETT, J.C.; SWANSON, M.S. Pregnancy outcomes among active and sedentary primiparous women. **J Obstet Gynecol Neonatal Nurs**, v. 25, p. 49-54, 1996.

ILICH, J.Z.; SKUGOR, M.; HANGARTNER, T.; BAOSHE, A.; MATKOVIC, V. Relation of nutrition, body composition and physical activity to skeletal development: a cross-sectional study in preadolescent females. **J Am Coll Nutr**, v. 17, p. 136–47, 1998.

IWAMOTO, J.; YEH, J.K.; ALOIA, F. Differential effect of treadmill exercise on three cancellous bone sites in the young growing rat. **Bone**, v. 24, n. 3, p. 163-169, 1999.

KLEBANOFF, M.A.; SHIONO, P.H.; CAREY, J.C. The effect of physical activity during pregnancy on preterm delivery and birth weight. **Am J Obstet Gynecol**, v. 163, p. 1450-1456, 1990.

KNOTHE-TATE, M.L.; JOSÉE, R.A. The osteocytes. **The International Journal of Biochem.&Cell Biology**, v. 36, p. 1-8, 2004.

KOVRT, W.M.; EHSANI, A.A.; BIRGE, S.J. HRT preserves increases in bone mineral density and reductions in body fat after a supervised exercise program. **J Appl Physiol**, v. 84, p. 1505-12, 1998.

LATKA, M.; KLINE, J.; HATCH, M. Exercise and spontaneous abortion of Know Karyotype. **Epidemiol Ver**, v. 10, p. 73-75, 1999.

LEHTONEN-VEROMA, A.M.; MOTTONEN, T.; SVEDSTROM, E.; HAKOLA, P.; HEINONEN, O.J.; VIIKARI, J. Physical activity and bone mineral acquisition in peripubertal girls. **Scand J Med Sci Sports**, v. 10, p. 236-243, 2000.

LEIFERMAN, J.A.; EVENSON, K.R. The effect of regular leisure physical activity on birth outcomes. **Matern Child Health J**, v. 7, p. 59-64, 2003.

LEONARD, M.B.; ZEMEL, B.S. Current concepts in pediatric bone disease. **Pediatr Cxlin North Am**, v. 49, p. 143-173, 2002.

LIMA, F.; FALCO, V.; BAIMA, J.; CARAZZATO, J.G.; PEREIRA, R.M.R. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, p. 1318-1323, 2001.

LIMA, F.R.; OLIVEIRA, N. Gravidez e exercício. **Rev Bras Reumatol**, v. 45, p. 188-90, 2005.

MACDOUGALL, J.D.; WEBBER, C.E.; MARTIN, J.; ORMEROD, S.; CHESLEY, A.; YOUNGLAI, E.V.; GORDON, C.L.; BLIMKIE, C.J. Relationship among running mileage bone density and serum testosterone in male runners. **J Appl Physiol**, v. 73, p. 1165-1170, 1992.

MARCOUX, S.; BRISSON, J.; FABIA, J. The effect of leisure time physical activity on the risk of pre-eclampsia and gestational hypertension. **J Epidemiol Community Health**, v. 43, p. 147-152, 1989.

MENKES, A.; MAZEL, S.; REDMOND, R.A.; KOFFLER, K.; LIBANATI, C.R.; GUNDEMBERG, C.M. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. **J Appl Physiol**, v. 74, p. 2478-2484, 1993.

MORRIS, S.N.; JOHNSON, N.R. Exercise during pregnancy: a critical appraisal of the literature. **J Reprod Med**, v. 50, p. 181-188, 2005.

MOURÃO, A.L.; VASCONCELOS, H.A. Geometria do fêmur proximal em ossos de brasileiros. **Acta Fisiátrica**, v. 8, n. 3, 113-119, 2001.

MULLENDER, M.G. Differences in osteocyte density and bone histomorphometry between men and woman and between healthy and osteoporotic subjects. **Calcif. Tissue Int**, v. 77, p. 291-296, 2005.

NAKAMOTO, T.; MILLER, S.A. The effect of protein-energy malnutrition on the development of bones in newborn rats. **J. Nutr.**, v. 109, p. 1469-1476, 1979.

NICHOLS, D.L.; SANBORN, C.F.; LOVE, A.M. Resistance training and bone mineral density in adolescent females. **J. Pediatr**, v. 139, p. 494-500, 2001.

NUNES, M.L.; BATISTA, B.; MICHELI, F.; BATISTELLA, V. Efeitos da desnutrição precoce e reabilitação nutricional em ratos. **J. Pediatr**, v. 78, n. 1, 2002.

O'RAHILLY, R.; GARDNER, E. The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryos. *Anat Embryol* 1975;148:1– 23.

PALUMBO, C. Osteocyte-osteoclast morphological relationships and the putative role of osteocytes in bone remodeling. **J. Musculoskel Neuron Interac.**, v. 1, n. 4, p. 327-332, 2001.

PARFITT, M.A. Targeted and nontargeted bone remodeling: relationship to basic multicellular unit origination and progression. **Bone**, v. 30, n. 1, p. 5-7, 2002.

PETTERSSON, U.; NORDSTROM, P.; ALFREDSON, H.; HENRIKSSON-LARSEN, K.; LORENTZON, R. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. **Calcif Tissue Int**, v. 67; p. 207–214, 2000.

PLATT, B.S.; STEWART, R.J.C. Transverse trabeculae and osteoporosis in bones in experimental protein-calorie deficiency. **Br. J. Nutr.** v. 16, p. 483-495, 1962.

POWER, J.; LOVERIDGE, N.; RUSHTON, N.; PARKER, M.; REEVE, J. Osteocyte density in aging subjects is enhanced in bone adjacent to remodeling haversian systems. **Bone**, v. 30, n. 6, p. 859-865, 2002.

PRENTICE, A. The relative contribution of diet and genotype to bone development. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 60, p. 45–52, 2001.

QUINN, R. Comparing rat's to human's age: How old is my rat in people years? **Nutrition**, v. 21, n. 6, p. 775–777, 2005.

RAISZ, L.G. Physiology and pathophysiology of bone remodeling. **Clinical Chemistry**, v. 45, n. 8, p. 1353–1358, 1999.

REDDY, G.S.; SASTRY, J.G.; NARASINGA RAO, B.S. Radiographic photodensitometric assessment of bone density changes in rats and rabbits subjected to nutritional stresses. **Indian J. Med. Res**, v. 60, p. 1807-1815, 1972.

SAFTLAS, A.F.; LOGSDEN-SACKETT, N.; WANG, W.; WOOLSON, R.; BRACKEN, M.B. Work, leisure-time physical activity, and risk of preeclampsia and gestational hypertension. **Am J Epidemiol**, v. 160, p.758-765, 2004.

SALLE, B.L.; RAUCH, F.; TRAVERS, R.; BOUVIER, R.; GLORIEUX, F.H. Human fetal bone development: histomorphometric evaluation of the proximal femoral metaphysis. **Bone**, v.30, n. 6, p. 823-828, 2002.

SCHRAMM, W.F.; STOCKBAUER, J.W.; HOFFMAN, H.J. Exercise, employment, other daily activities, and adverse pregnancy outcomes. **Am J Epidemiol**, v. 143, p. 211-218, 1996.

SHIBATA, Y.; OHSAWA, I.; WATANABE, T.; MIURA, T.; SATO, Y. Effects of Physical Training on Bone Mineral Density and Bone Metabolism. **J Physiol Anthropol Appl Human Sci**. v. 22, p. 203–208, 2003.

SILVA, C.C.; GOLDBERG, T.B.L.; TEIXEIRA, A.S.; DALMAS, J.C. Mineralização óssea em adolescentes do sexo masculino: anos críticos para a aquisição da massa óssea. **Jornal de Pediatria**, n. 80, p. 461–467, 2004.

SORENSEN, T.K.; WILLIAMS, M.A.; LEE, I.M.; DASHOW, E.E.; THOMPSON, M.L.; LUTHY, D.A. Recreational physical activity during pregnancy and risk of preeclampsia. **Hypertension**, v. 4, p. 1273-1280, 2003.

STERNFELD, B.; QUESENBERRY JR, C.P.; ESKENAZI, B.; NEWMAN, LA. Exercise during pregnancy and pregnancy outcome. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, p. 634-640, 1995.

STEWART, R.J.C.; PLATT, B.S. Arrested growth lines in the bones of pigs on low protein diets. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 17, p. V-VI, 1958.

TENÓRIO, A.S.; ALVES, S.B.; BEZERRA, A.L.; SOUZA, G.M.L.; CATANHO, M.T.J.A.; TASHIRO, T.; GALINDO, L.C.M.; MORAES, S.R.A. Efeito do treinamento físico sobre o tecido ósseo e a concentração sérica de cálcio em camundongos fêmeas ovariectomizadas. **Acta Cir Bras**, n. 20, v. 4, 2005.

VASHISHTH, D.; GIBSON, G.; FYHRIE, D.P. Do osteocytes play a role in the regulation of bone matrix?. **Orthopaedic Research Society**, p. 539, 2001.

VELLOSO, G.R. Crescimento circunferencial das epífises ósseas de fetos humanos: o papel da zona de Ranvier. **Rev Bras Ortop**, n. 34, v. 4, p. 289–294, 1999.

WESTBROEK, I. Expression of serotonina receptors in bone. **J. Biol. Chem**, n. 276, v. 31, p. 28961-28968, 2001.

WIDDOWSON, E.M.; MCCANCE, R.A. A review: new thoughts on growth. **Pediatr Res**, v. 9, p. 154–156, 1975.

YOSHIMURA, T.; TOHYA, T.; ONODA, C.; OKAMURA, H. Poor nutrition in prepuberal Japanese children at the end of World War II suppressed bone development. **Maturitas**, v. 52, p. 32-34, 2005.

4. METODOLOGIA

Nutrizes

Foram utilizadas 28 ratas albinas da linhagem *Wistar* na fase adulta, provenientes da colônia do Biotério de Nutrição Náide Teodósio – Departamento de Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, onde foram mantidas.

Os procedimentos realizados no presente estudo foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da UFPE e seguiu as normas sugeridas pelo Comitê Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

Inicialmente as ratas foram agrupadas, aleatoriamente, em dois grupos: Grupo de Mãe Sedentária (mS) e Grupo de Mãe Treinada (mT). O protocolo experimental de treinamento teve uma duração de 8 semanas. O grupo mT realizou corrida de baixa intensidade ($0,3 \text{ km.h}^{-1}$, durante 10 minutos) na esteira (esteira motorizada INSIGHT[®], 1380 x 600 x 400 mm – C x L x A), durante 3 dias consecutivos, para adaptação ao equipamento. A seguir, foi submetido a um programa de treinamento físico moderado, cuja intensidade utilizada foi de aproximadamente 50% da velocidade máxima atingida em teste de desempenho máximo e 70% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Tabela 1) (FIDALGO, 2006). O grupo mS permaneceu em suas respectivas gaiolas até o final da gestação.

Treinamento Físico das nutrizes durante a gestação

Após cinco semanas de treinamento físico, as ratas dos dois grupos, foram acasaladas (3 ratas para cada 1 rato). Confirmada a concepção, através do exame de esfregaço vaginal para a presença de espermatozóides (MARCONDES *et al.*, 2002), o protocolo de treinamento foi modificado para as ratas do grupo mT. A velocidade e duração dos estágios foram progressivamente diminuídas, caracterizando um treinamento de intensidade leve, com aproximadamente 25% da velocidade máxima atingida em teste de desempenho máximo e 30% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (Tabela 2) (FIDALGO, 2006).

Tabela 1. Caracterização do protocolo experimental de treino de acordo com a velocidade e a duração de cada sessão para cada uma das cinco semanas de treino anterior à gestação.

<i>Semanas</i>	<i>Velocidade (km.h⁻¹)</i>	<i>% de esforço relativo ao Treinamento Diário Máximo (Velocidade máxima atingida = 1.8 km.h⁻¹)</i>	<i>Duração (min)</i>	<i>Duração Total do Treino (min)</i>
<i>Inicial (adaptação)</i>	0.3	16.7	5	20
	0.4	22.2	5	
	0.5	27.8	5	
	0.3	16.7	5	
<i>2^a semana</i>	0.4	22.2	5	50
	0.5	27.8	10	
	0.6	33.3	30	
	0.4	44.4	5	
<i>3^a semana</i>	0.4	22.2	5	60
	0.5	27.8	10	
	0.6	33.3	10	
	0.8	44.4	30	
	0.4	22.2	5	
<i>4^a semana</i>	0.5	27.8	5	60
	0.6	33.3	10	
	0.8	44.4	10	
	0.9	50.0	30	
	0.5	27.8	5	
<i>5^a semana</i>	0.5	27.8	5	60
	0.6	33.3	10	
	0.8	44.4	10	
	0.9	50.0	30	
	0.5	27.8	5	

Tabela 2. Caracterização do protocolo experimental de treino de acordo com a velocidade e a duração de cada sessão para cada uma das semanas de treino durante a gestação.

<i>Semana de gestação</i>	<i>Velocidade (km.h⁻¹)</i>	<i>% de esforço relativo ao Treinamento Diário Máximo (Velocidade máxima atingida = 1.8 km.h⁻¹)</i>	<i>Duração (min)</i>	<i>Duração Total do Treino (min)</i>
<i>1^a semana</i>	0.4	22.2	5	50
	0.5	27.8	10	
	0.6	33.3	10	
	0.8	44.4	20	
	0.4	22.2	5	
<i>2^a semana</i>	0.4	22.2	5	30
	0.5	27.8	10	
	0.6	33.3	10	
	0.4	22.2	5	
<i>3^a semana</i>	0.3	16.7	5	20
	0.4	22.2	5	
	0.5	27.8	5	
	0.3	16.7	5	

Manipulação da dieta das nutrízes durante a gestação e lactação

Imediatamente após o diagnóstico de prenhez, metade das ratas de cada grupo (mS e mT) foi submetida à dieta hipoprotéica (caseína a 8% de proteína) e as demais ratas receberam dieta normoprotéica (caseína a 17% de proteína) durante a gestação e a lactação dos filhotes. As duas dietas são isocalóricas com alteração apenas no conteúdo de proteína (Tabela 3).

Tabela 3. Composição centesimal da dieta à base de caseína

CASEÍNA a 8%		CASEÍNA a 17%	
Ingredientes	Quantidade por Kg de ração	Ingredientes	Quantidade por Kg de ração
Caseína	79,30g	Caseína	179,30g
Mix de vitamina	10,00g	Mix de vitamina	10,00g
Mix de sais minerais	35,00g	Mix de sais minerais	35,00g
Celulose	50,00g	Celulose	50,00g
Óleo de soja	70ml	Óleo de soja	70ml
Bitartarato de colina	2,50 g	Bitartarato de colina	2,50 g
DL-metionina	3,00g	DL-metionina	3,00g
Amido	750,20g	Amido	650,20g

Grupos experimentais

Após o nascimento, 56 filhotes machos foram criados em gaiolas coletivas (até 6 animais/gaiola) e foram amamentados por suas respectivas nutrizes. As mães que foram alimentadas com a dieta caseína 8% (grupos fmSD e fmTD) ofereceram leite com baixo teor de proteínas para seus filhotes, enquanto que as nutrizes alimentadas com a dieta caseína 17% (grupos fmSN e fmTN) ofereceram leite com teor normal de proteínas aos seus filhotes durante a lactação.

Após a lactação, no 22º dia de vida dos filhotes, as ratas mães foram separadas dos filhotes e todos os grupos receberam a mesma dieta padrão no biotério (LABINA, Purina do Brasil) e tiveram livre acesso à água filtrada. Durante este período houve perda de 16 animais devido à desnutrição. Os filhotes foram mantidos em biotério de experimentação, com temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 1$, ciclo claro-escuro invertido de 12/12 horas e livre acesso à água e alimentação.

Assim, foram formados quatro grupos experimentais com 40 filhotes machos: filhotes de mãe Sedentária Nutrida (fmSN, n=10); filhotes de mãe Sedentária Desnutrida (fmSD, n=10); filhotes de mãe Treinada Nutrida (fmTN, n=10) e filhotes de mãe Treinada Desnutrida (fmTD, n=10) (Fig. 1).

Figura 1 – Organograma representando os grupos experimentais



O peso corporal dos animais foi aferido diariamente desde o nascimento até o 90º dia de vida (Balança Marte, modelo S-4000, com sensibilidade de 0,1g).

Métodos de coleta do fêmur

Aos 90 dias de vida, os filhotes dos grupos fmSN, fmSD, fmTN e fmTD foram sacrificados por decapitação. Foi realizada uma incisão da região abdominal inferior direita até o joelho do mesmo lado para desarticulação e coleta do fêmur desses animais (Fig. 2). Após a dissecação, os fêmures foram limpos (Fig. 3) e fixados em formol tamponado (10ml de formol a 37% e 27ml de tampão fosfato 0,1M e pH=7,0) em volume 50 vezes superior ao da amostra e armazenados em recipientes.



Figura 2 – Incisão da região abdominal inferior direita até o joelho do mesmo lado para desarticulação e coleta do fêmur.



Figura 3 – Fêmur direito desarticulado e limpo de um rato aos 90 dias de vida.

Análise Morfométrica

O peso dos fêmures foi aferido em uma balança de pesagem hidrostática digital (sensibilidade para densidade 0,001g; capacidade máxima de 500g e capacidade mínima de 0,02g) (Marte^R), (Fig. 4,A). O comprimento total do osso foi determinado com um paquímetro (Western, 0,02mm), (Fig. 4,B).

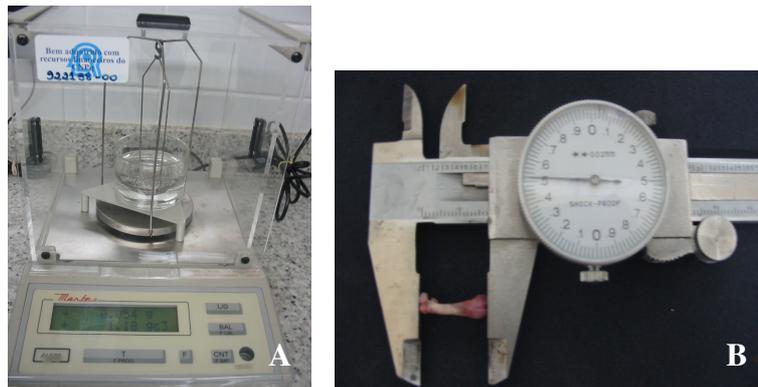


Figura 4 – A: Balança de pesagem hidrostática digital para aferição do peso femoral; B: Paquímetro para determinar o comprimento do fêmur.

A descalcificação dos ossos foi feita com solução de ácido nítrico a 10% (Fig. 5) durante tempo observacional de 2 e 2 ½ horas para os grupos desnutrido e nutrido, respectivamente. Após descalcificados, o peso dos fêmures foi calculado novamente para obter o conteúdo mineral ósseo através da fórmula sugerida por Gomes *et al.* (2006):

$$\frac{\text{P fêmur} - \text{P fêmur descalcificado}}{\text{P fêmur}} \times 100$$



Figura 5 – Solução de ácido nítrico a 10% para descalcificação dos fêmures.

Análise Estatística

Os dados referentes ao peso corporal, peso femoral, comprimento do fêmur e conteúdo mineral do fêmur dos grupos fmSN, fmSD, fmTN e fmTD dos animais estudados foram submetidos à análise estatística utilizando o teste t *Student*. Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão, sendo $p < 0,05$.

5. RESULTADOS

ARTIGO ORIGINAL

REPERCUSSÕES DO EXERCÍCIO FÍSICO DURANTE A GESTAÇÃO E DA DESNUTRIÇÃO PROTÉICA DURANTE A GESTAÇÃO E LACTAÇÃO SOBRE O DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO FÊMUR DA PROLEAlessandra C. T. Monteiro¹; Silvia R. A. Moraes².¹ Departamento de Pós-Graduação em Patologia, UFPE, Recife, PE, Brasil² Departamento de Anatomia, UFPE, Recife, PE, Brasil

*Correspondência para o autor: Av. Gov. Carlos de Lima Cavalcanti, 1886/402, Casa Caiada, Olinda, PE, Brasil. Endereço eletrônico: aleletorres@hotmail.com (ACT Monteiro)

RESUMO

Objetivo: Avaliar os efeitos do treino físico imposto as ratas mães durante a gestação associado a uma dieta hipoprotéica imposta durante os períodos gestacional e de lactação sobre o desenvolvimento e crescimento do fêmur da prole. **Métodos:** 40 ratos machos *Wistar*, 90 dias de vida; Divididos em quatro grupos: filhotes de mãe Sedentária Nutrida (fmSN, n=10); filhotes de mãe Sedentária Desnutrida (fmSD, n=10); filhotes de mãe Treinada Nutrida (fmTN, n=10) e filhotes de mãe Treinada Desnutrida (fmTD, n=10). Treinamento físico em esteira durante 8 semanas, 5 semanas antes da concepção e 3 no período gestacional para as ratas mães dos grupos smTN e fmTD. Indução da desnutrição protéica (caseína à 8%) às ratas mães durante a gestação e lactação para os grupo fmSD e fmTD. Diariamente verificou o peso dos filhotes até os 90 dias. Após sacrifício analisou-se: peso, comprimento e conteúdo mineral ósseo do fêmur dos filhotes. **Resultados:** peso corporal, peso femoral e comprimento femoral diminuídos para os grupo fmSD e fmTD em relação aos grupos fmSN e fmTN, respectivamente. Não apresentou diferença no conteúdo mineral ósseo do fêmur em nenhum dos grupos. **Conclusão:** o treinamento físico leve em esteira durante a gestação não interfere no desenvolvimento e crescimento ósseo da prole, entretanto a desnutrição protéica durante este período e durante a lactação promove prejuízos à estrutura óssea da prole permanentemente.

Palavras-chave: Ratos, Treinamento físico, Desnutrição protéica, Gestação, Fêmur.

INTRODUÇÃO

Na fase gestacional, a prática de atividade física moderada e adequada promove benefícios diversos sobre diferentes sistemas do organismo materno. Atualmente recomenda-se esta prática na prevenção e controle da diabetes gestacional (ACOG, 2002).

Por outro lado, o exercício físico de forma não adequada praticado por gestantes pode prejudicar o desenvolvimento fetal, uma vez que esta prática pode interferir na distribuição do fluxo sanguíneo para a placenta, prejudicando o fornecimento de oxigênio e de nutrientes (ACOG, 2002).

Naturalmente, as mulheres grávidas necessitam de um maior aporte de carboidratos, tanto em repouso quanto durante o exercício, do que as não gestantes (COOPER *et al.*, 1997; GALE *et al.*, 2001). Após a décima terceira semana de gravidez, cerca de 300 Kcal extras por dia são necessários para suprir as necessidades metabólicas da grávida (CLAPP *et al.*, 1988; CLAPP, 1990; ILICH *et al.*, 1998). Essa energia extra requisitada é reforçada quando o gasto energético diário é aumentado através do exercício.

Por sua vez as proteínas também são nutrientes necessários à homeostase celular e uma gestante submetida a déficit de proteínas, conhecida como desnutrição pré-natal, prejudicará o curso da gravidez, ocasionando alterações nos tecidos e órgãos do feto (PATRÍCIO *et al.*, 1984; NASCIMENTO *et al.*, 1990; TRINDADE, 1997). O tecido ósseo é sensível à desnutrição protéica por sua composição óssea não mineral ser compreendida, em sua maioria, por proteína (10), logo é notório que há uma relação entre uma adequada absorção protéica e o metabolismo ósseo (COOPER *et al.*, 1996; RIZZOLI & BONJOUR, 1999; YOSHIMURA *et al.*, 2005) e que a desnutrição pré-natal e neonatal irá causar transtornos ao crescimento ósseo (GUDEHITHLU & RAMAKRISHNAN, 1990). Entretanto, não somente o período em que ela ocorre, mas também, o tempo de duração da agressão nutricional representa um importante fator para estimar os efeitos desta sobre o crescimento do esqueleto (HUGHES, 2000).

Em função do grande aumento da prática de atividade física por gestantes e da alta prevalência de desnutrição nos países em desenvolvimento, é importante a realização de trabalhos experimentais a fim de avaliar possíveis conseqüências de ambos os fatores: exercício físico e desnutrição induzidos em ratas gestantes sobre o processo de crescimento ósseo da prole. Tomando conhecimento dessas informações, o presente estudo teve como finalidade avaliar as conseqüências do treino físico induzido em ratas gestantes associado à dieta hipoprotéica induzida nos períodos de gestação e lactação sobre o crescimento do tecido ósseo longo dos filhotes.

MÉTODOS

Desenho Experimental

Vinte e oito ratas adultas albinas (*Wistar*) antes da concepção foram separadas, aleatoriamente, em dois grupos: Mãe Sedentária (mS) e Mãe Treinada (mT). Para adaptação ao treino físico, as ratas do grupo mT realizaram uma corrida de baixa intensidade ($0,3 \text{ km.h}^{-1}$, durante 10 minutos) na esteira (esteira motorizada INSIGHT[®], 1380 x 600 x 400 mm – C x L x A), durante 3 dias consecutivos. Logo após foram submetidas a um programa de treinamento físico moderado de acordo com o protocolo de Fidalgo (2006). A intensidade utilizada foi de aproximadamente 50% da velocidade máxima atingida em teste de desempenho máximo e 70% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (FIDALGO, 2006). Durante esse período os animais do grupo mS permaneceram em suas respectivas gaiolas.

Após cinco semanas de treinamento físico, as ratas dos dois grupos, foram acasaladas (proporção de um macho para três fêmeas). Confirmada a concepção, através do exame de esfregaço vaginal (MARCONDES *et al.*, 2002), o protocolo de treinamento foi modificado para as ratas do grupo mT. A velocidade e duração dos estágios foram progressivamente diminuídas, caracterizando um treinamento de intensidade leve, com aproximadamente 25% da velocidade máxima atingida em teste de desempenho máximo e 30% do $\text{VO}_{2\text{max}}$ (FIDALGO, 2006).

Além disso, após o diagnóstico de prenhez, metade das ratas mães de cada grupo (mS e mT) foi submetida à dieta hipoprotéica (caseína a 8% de proteína) e as demais ratas receberam dieta normoprotéica (caseína a 17% de proteína) durante todo o período de gestação e lactação dos filhotes. Um dia após o nascimento, a ninhada foi padronizada em seis filhotes machos por mãe. Esse número parece conferir maior potencial lactotrófico (Committee on Laboratory Animal Diets).

Após a lactação, no 22º dia de vida dos filhotes, as mães foram separadas da prole e todos os animais receberam a mesma dieta padrão no biotério (LABINA, Purina do Brasil). Os filhotes foram mantidos em biotério de experimentação, com temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 1$, ciclo claro-escuro invertido de 12/12 horas e livre acesso à água e alimentação.

Foram constituídos quatro grupos experimentais com 40 filhotes machos: Filhotes de Mãe Sedentária Nutrida (fmSN, n=10); Filhotes de Mãe Sedentária Desnutrida (fmSD, n=10); Filhotes de Mãe Treinada Nutrida (fmTN, n=10) e Filhotes de Mãe Treinada Desnutrida (fmTD, n=10).

O peso corporal dos animais foi aferido diariamente desde o nascimento até os 90 dias de idade (Marte, modelo S-4000, com sensibilidade de 0,1g). No 90º dia de vida, os animais foram sacrificados por decapitação e realizada uma incisão da região abdominal inferior direita até o joelho do mesmo lado para desarticulação e coleta do fêmur. Após a dissecação, os fêmures foram fixados em formol tamponado (10ml de formol a 37% e 27ml de tampão fosfato 0,1M e pH=7,0) em volume 50 vezes superior ao da amostra e armazenados em recipientes. Os procedimentos realizados no presente estudo foram aprovados pela Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da UFPE e seguiu as normas sugeridas pelo Comitê Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

Análise Morfométrica

O peso dos fêmures foi aferido em uma balança de pesagem hidrostática digital (sensibilidade para densidade 0,001g; capacidade máxima de 500g e capacidade mínima de 0,02g) (Marte^R). O comprimento total do osso foi determinado com um paquímetro (Western, 0,02mm). E por fim, o conteúdo mineral ósseo, após descalcificação feita com solução de ácido nítrico a 10% durante 2 ½ horas para os grupos fmSN, fmTN e durante 2 horas para os grupos fmSD e fmTD, foi calculado através da fórmula sugerida por Gomes *et al.* (2006).

Tratamento Estatístico

Os dados referentes ao peso corporal, peso femoral, comprimento do fêmur e conteúdo mineral do fêmur dos grupos fmSN, fmSD, fmTN e fmTD dos animais estudados foram submetidos à análise estatística utilizando o teste t Student. Os dados estão apresentados em média \pm desvio padrão em tabela, sendo $p < 0,05$.

RESULTADOS

Peso Corporal

Aos 21 dias de vida, fase de desmame do animal, os filhotes do grupo fmSN ($38,33\text{g}\pm 6,4$) apresentaram diferença no peso corpóreo em relação ao grupo fmSD ($21,77\text{g}\pm 3,89$). Da mesma forma, os filhotes do grupo fmTN ($40,5\text{g}\pm 2,88$) apresentaram diferença no peso corpóreo, aos 21 dias de vida, em relação aos filhotes do grupo fmTD ($22,25\text{g}\pm 2,75$). Entretanto não foi observada qualquer diferença no peso corpóreo entre os animais dos grupos fmSN e fmTN, assim como também não apresentou diferença no peso corpóreo aos 21 dias entre os animais dos grupos fmSD em relação aos animais do grupo fmTD. Sendo assim apenas a desnutrição causou alteração no peso do animal, uma vez que somente os animais desnutridos apresentaram diferença no peso corpóreo aos 21 dias com relação aos grupos normonutridos (Gráfico 1).

O peso corpóreo dos animais aos 45 dias de vida do grupo fmSN ($174,57\text{g}\pm 8,67$) apresentaram diferença no peso corpóreo em relação ao grupo fmSD ($143\text{g}\pm 6,48$). O mesmo ocorreu com os filhotes do grupo fmTN ($173\text{g}\pm 17,34$) que apresentaram diferença no peso corpóreo, aos 45 dias de vida, em relação aos filhotes do grupo fmTD ($133,6\text{g}\pm 16,74$). Por outro lado, não foi observada qualquer diferença no peso corpóreo entre os animais dos grupos fmSN e fmTN, assim como também não apresentou diferença no peso corpóreo aos 21 dias entre os animais dos grupos fmSD em relação aos animais do grupo fmTD. Aos 45 dias de vida persistiu a diferença no peso corpóreo no grupo de animais desnutridos, ocorrido aos 21 dias de vida, onde apenas a desnutrição foi fator de alteração do peso absoluto do animal (Gráfico 1).

Observou-se, no presente estudo, que a desnutrição promovida durante a gestação e lactação das ratas mães interferiu no peso corporal dos filhotes uma vez que o peso dos animais do grupo fmSN ($340,33\text{g}\pm 16,24$), observados aos 90 dias de vida, foram superiores em relação aos valores encontrados para o grupo fmSD ($249,88\text{g}\pm 21,86$). Entretanto o treinamento físico das gestantes nutridas não produziu alterações no peso corporal da prole, pois não foi observada diferença no

peso corporal dos filhotes do grupo fmSN em relação ao grupo fmTN ($363,3g \pm 30,14$). Em ambos os grupos de filhotes de mães desnutridas, o exercício físico induzido nas ratas desnutridas também não interferiu no peso corporal da prole, uma vez que o peso corporal dos filhotes do grupo fmSD se manteve equivalente quando comparado ao peso corporal da prole do grupo fmTD ($305g \pm 16,80$), todos aos 90 dias de vida. Os animais do grupo fmTN por sua vez, apresentaram peso corporal maior quando comparados ao peso corporal da prole do grupo fmTD, observados aos 90 dias (Gráfico 1).

Peso Femoral

O peso femoral da prole do grupo fmSN ($0,892g \pm 0,0661$) revelou-se maior, aos 90 dias de vida, que o peso do fêmur da prole do grupo fmSD ($0,81g \pm 0,058$) submetida à desnutrição durante a fase gestacional e de lactação. Contudo, o peso do fêmur dos animais do grupo fmSN não apresentou diferença ao peso do fêmur dos animais do grupo fmTN ($0,9g \pm 0,0528$) cujas mães nutridas foram submetidas à atividade física durante a gestação. Assim também ocorreu com o peso femoral dos animais do grupo fmSD quando comparado ao peso femoral dos animais do grupo fmTD ($0,813g \pm 0,0334$), também aos 90 dias. Nesta mesma idade o peso femoral dos filhotes do grupo fmTN apresentou-se superior ao peso femoral dos filhotes do grupo fmTD, onde as ratas mães de ambos os grupos praticaram atividade física durante a gestação (tabela 1).

Comprimento Femoral

Aos 90 dias de vida, o comprimento femoral, que indica o crescimento longitudinal do osso, dos filhotes de mães sedentárias nutridas (grupo fmSN - $35,787mm \pm 0,99$) se apresentou superior ao comprimento do fêmur dos filhotes de mães sedentárias desnutridas na gestação e lactação dos mesmos (grupo fmSD - $34,46mm \pm 0,37$). O mesmo grupo fmSN por sua vez, apresentou o comprimento do fêmur de seus filhotes equivalente ao comprimento do fêmur dos filhotes do grupo fmTN ($35,599mm \pm 0,46$), assim como o comprimento do fêmur da prole do grupo

fmSD também foi equivalente ao comprimento do fêmur da prole do grupo fmTD (34,302mm±0,718) no mesmo período de 90 dias. Os animais do grupo fmTN demonstraram valores do comprimento femoral superior quando comparados aos valores dos animais do grupo fmTD, aos 90 dias de vida (tabela 1).

Conteúdo Mineral Ósseo

Nem o treino físico durante a fase gestacional das ratas mães nem a dieta hipoprotéica induzida nas ratas mães durante as fases gestacional e de lactação interferiram no conteúdo mineral do fêmur dos filhotes, pois não houve diferença no conteúdo mineral do fêmur dos filhotes entre nenhum dos grupos fmSN (30,386mg/cm²±5,776) , fmSD (25,012mg/cm²±6,297), fmTN (30,18mg/cm²±6,16) e fmTD (23,671mg/cm²±7,775), aos 90 dias de vida (tabela 1).

DISCUSSÃO

O crescimento do indivíduo está condicionado não só aos antecedentes genéticos, mas também aos estímulos do meio, como por exemplo, a prática de atividade física e o fornecimento de nutrientes (ACOG, 2002). Uma alimentação pobre em proteínas durante períodos críticos de desenvolvimento afeta severamente todos os tecidos (NAKAMOTO & MILLER, 1979), provocando efeitos deletérios sobre o crescimento dos diversos órgãos e, principalmente do tecido ósseo em indivíduos submetidos a essa agressão (MILLER & GERMAN, 1999; REICHLING & GERMAN, 2000).

No estudo em questão, a desnutrição protéica imposta às ratas mães durante os períodos gestacional e de lactação ocasionou um déficit no peso corporal da prole. Semelhantemente a esses achados, Golstein & Bond (1979) observaram que ratos que se submeteram à privação protéica durante a fase de lactação apresentaram peso inferior ao dos animais controle e que persistiu mesmo com a reposição nutricional. Esta fase é vista como um período de stress fisiológico do recém-nascido, no qual este passa por uma série de adaptações, levando a um alto gasto energético (BOXWELL *et al.*, 1995). Sendo assim, a taxa de aumento de peso

do neonato é elevada e a ingestão inadequada em qualidade ou em quantidade de alimento poderá influenciar na redução do seu peso corporal (RESNICK *et al.*, 1979).

O treino físico em esteira realizado pelas nutrizas durante a gestação, por sua vez, não ocasionou alterações no peso dos filhotes. Diferentemente dos nossos achados, um estudo realizado com mulheres gestantes que se exercitaram durante todo o período de gravidez demonstrou que seus filhos nasceram com peso maior que os filhos das mães sedentárias (HATCH *et al.*, 1993). Da mesma forma, Clapp *et al.* (2000) destacaram que o exercício físico adequado durante toda a gestação humana, ou parte dela, pode contribuir para o aumento da porcentagem de gordura, do peso, e da circunferência craniana dos filhos. Entretanto o tipo de protocolo de treinamento físico utilizado no estudo de Clapp *et al.* (2000) difere do utilizado no presente estudo: a capacidade aeróbica máxima correspondia entre 55% e 60%, o treino físico tinha duração de 20 minutos, com frequência de três a cinco vezes por semana e o exercício físico utilizava escada ou banco.

O peso femoral da prole foi avaliado na idade de 90 dias de vida e mostrou um comportamento semelhante àquele apresentado pelo peso corporal, com diminuição do peso nos animais cujas mães foram desnutridas no período crítico do desenvolvimento. Semelhantemente foi demonstrado por Boyer *et al.* (2005) cujo peso femoral também sofreu diminuição com o déficit nutricional. É conhecida que a desnutrição ocorrida durante essas importantes fases do desenvolvimento provoca, em ratos, falha na recuperação óssea completa ao menos até os 100 dias de vida (HOUDIJK & ENGELBREGT, 2000) e até os seis meses de vida em humanos (ENGELBREGT *et al.*, 2004).

A realização do treino físico durante a gestação, por sua vez, não promoveu alterações no peso do fêmur dos filhotes. Não existem relatos na literatura que demonstrem a influência do treinamento físico durante o período gestacional sobre o tecido ósseo da prole o que impossibilita de fazer qualquer comparação com os achados do presente estudo.

Vários estudos relataram a diminuição do comprimento do fêmur após a desnutrição induzida tanto no período imediato (pós-natal) (NAKAMOTO & MILLER, 1979b; ALIPPI *et al.*, 2002; FORTMAN *et al.*, 2005) quanto no tardio (após o período pós-natal) (ALIPPI *et al.*, 2002). No presente estudo, o

comprimento do fêmur de filhotes de ratas desnutridas apresentou aos 90 dias de vida, diminuído. A redução do comprimento de ossos longos, como o fêmur, em decorrência de uma deficiência protéica tem sido frequentemente atribuída a uma diminuição da formação óssea (PLATT & STEWART, 1962; NAKAMOTO & MILLER, 1979b) e à queda da taxa de crescimento do osso aposicional (LEE, 1976). O treino físico durante a fase gestacional, semelhantemente aos dados do peso corporal e do peso femoral, não promoveu alterações no comprimento do fêmur dos filhotes. Esperava-se que o estresse do treino fosse prejudicial, acentuando os prejuízos da agressão nutricional no osso, uma vez que a prática de atividade física ocorreu no período formação do tecido ósseo e também se utiliza de gasto de energia extra além do aporte energético necessário durante o período gestacional para o desenvolvimento do feto.

Em nosso estudo foi observado que o tempo de descalcificação dos fêmures desnutridos apresentou-se reduzido em 30 minutos com relação aos fêmures nutridos. A supressão do crescimento longitudinal de ossos longos de animais causada pela desnutrição protéica durante o período de amamentação foram descritas por diversos estudos, e ocorre provavelmente mais como resultado de uma diminuição quantitativa de osso formado, do que devido a uma alteração no conteúdo mineral (LEE, 1976; NAKAMOTO & MILLER, 1977; HIMES, 1978; GLICK & ROWE, 1981). Nossos achados corroboram com esta hipótese uma vez que não foi encontrada diferença no conteúdo mineral ósseo entre os grupos, mesmo recebendo influências do treino em esteira durante a gestação e/ou a desnutrição protéica materna durante a gestação e lactação.

O modelo de desnutrição protéica experimental do nosso estudo foi induzido no momento de depleção das reservas maternas, comum durante a gestação e no período de lactação e poderia ter sido agravado pelo acréscimo de gasto nutricional durante o treinamento físico. Dessa forma, a dieta hipoprotéica pode ter causado influências no leite materno, sendo esta hipótese apoiada por Sturman *et al.* (1986) que observaram redução de proteínas no leite em ratas lactantes desnutridas, o que poderia também justificar as lesões causadas pelo déficit.

Diante desses achados, reforça-se a evidência que a desnutrição protéica imposta durante os períodos críticos de desenvolvimento, leva a um déficit no

crescimento do animal e que a gravidade dessa lesão está relacionada à fase da vida em que foi induzida, a gestação e lactação que são fases cruciais para a formação óssea, e o tipo de injúria (PLATT & STEWART, 1962; FRANK, 1986; CHEN *et al.*, 1995; ALLIPI *et al.*, 2002). Por outro lado o exercício físico leve em esteira, durante o período gestacional, não interferiu no desenvolvimento do osso longo da prole.

CONCLUSÃO

Concluimos através dos resultados do estudo em questão que a prática de atividade física de intensidade leve durante a gestação, seguindo o modelo de treinamento físico experimental utilizado no presente estudo, não promove alterações na estrutura óssea da prole, mesmo que haja uma desnutrição materna durante o mesmo período. Entretanto a desnutrição protéica durante a gestação e lactação promovem prejuízos à estrutura óssea do filhote, permanentemente.

REFERÊNCIAS

ACOG Committee on Obstetric Practice. Committee opinion #267: exercise during pregnancy and the postpartum period. **Obstet Gynecol.** v. 99, p. 171-173, 2002.

ALIPPI, R.M.; META, M.D.; OLIVERA, M.I.; BOZZINI, C.; SCHNEIDER, P.; META, I.F. Effect of protein-energy malnutrition in early life on the dimensions and bone quality of the adult rat mandible. **Archives of Oral Biology**, v. 47, p. 47-53, 2002.

BONJOUR, J.P.; AMMANN, P.; CHEVALLEY, T.; RIZZOLI, R. Protein intake and bone growth. **Can. J. Appl. Physiol**, v. 26, p. 153-166, 2001.

BOYER PM; COMPAGNUCCI GE; OLIVERA MI; BOZZINI C; ROIG MC; COMPAGNUCCI CV. Bone status in an animal model of chronic sub-optimal nutrition: a morphometric, densitometric and mechanical study. **British Journal of Nutrition**, v. 9, p. 663-669, 2005.

BOXWELL, J.; AYSON, P.; RAMENOFKY, M. Growth and metabolic parameters in pups of undernourished lactating rats. **Physiology and Behavior**, v. 57, n. 3, p. 469-475, 1995.

CHEN, J. Effect of prenatal malnutrition on release of monoamines from hippocampal slices. *Life Sciences*, v. 57, n. 16, p. 1467-1475, 1995.

CLAPP, J.F. Exercise in pregnancy: a brief clinical review. **Fetal Medical Review**, v. 161, p. 1464–1469, 1990.

CLAPP, J.F.; KIM, H.; BURCIU, B.; LOPEZ, B. Begining regular exercise in early pregnancy: effect on fetoplacental growth. **Am J Obstet Gynecol**, v. 183, p. 1484-1488, 2000.

CLAPP, J.F.; SEAWARD, B.L.; SLEAMAKER, R.H. Maternal physiologic adaptations to early human pregnancy. **Am J Obstet Gynecol**, v. 159, p. 1456–1460, 1988.

COOPER, C.; ATKINSON, E.J.; HENSRUD, D.D.; WAHNER, H.W.; O'FALLON, W.N.; RIGGS, B.L. Dietary protein intake and bone mass in women. **Calcif Tissue Int**, v. 58, p. 320-325, 1996.

COOPER, C.; FALL, C.; EGGER, P.; HOBBS, R.; EASTELL, R.; BARKER, D. Growth in infancy and bone mass in later life. **Ann Rheum Dis**, v. 56, p. 17–21, 1997.

ENGELBREGT, M.J.T.; VAN WEISSENBRUCH, M.M.; LIPS, P.; VAN LINGEN, A.; ROOS, J.C.; DEWAAL, A.D. Body composition and bone measurements in intra-uterine growth retarded and early postnatally undernourished male and female rats at the age of 6 months: comparision with puberty. **Bone**, v. 34, p. 180-186, 2004.

FIDALGO, M.A. Desnutrição experimental e treinamento físico: estudo de parâmetros murinométricos de ratas gestantes e dos conceptos. Recife, 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CCS. Nutrição, 2006.

FORTMAN II, J.K.; REICHLING, T.; GERMAN, R.Z. The impact of maternal protein malnutrition on pre-weaning skeletal and visceral organ growth in neonatal offspring of *Rattus norvegicus*. **Growth, Development & Aging**, v. 69, p. 39-52, 2005.

FRANK, S. Metabolic adaptation in protein-energy malnutrition. **J. Am. Coll. Nutr**, v. 5, p. 371-381, 1986.

GALE, C.R.; MARTYN, C.N.; KELLINGRAY, S.; EASTELL, R.; COOPER, C. Intrauterine programming of adult body composition. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 86, p. 267– 272, 2001.

GLICK, P.L.; ROWE, D.J. Effects of Chronic Protein Deficiency on skeletal development of young rats. **Calcified Tissue International**, v. 33, p. 223-231, 1981.

GOLSTEIN, R.S.; BOND, J.T. The effect of maternal protein deprivation on renal development and function in neonatal rats. **J. Nutr**, v. 109, p. 949-957, 1979.

GOMES, R.J.; MELLO, M.A.R.; CAETANO, F.H.; SIBUYA, C.Y.; ANARUMA, C.A.; ROGATTO, G.P.; PAULI, J.R.; LUCIANO, E. Effects of swimming training on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats. **Growth hormone & IGF Research**, v. 16, p. 326-331, 2006.

GUDEHITHLU, K.P.; RAMAKRISHNAN, C.V. Effect of undernutrition on the chemical composition and the activity of alkaline phosphatase in soluble and particulate fractions of the rat calvarium and femur. II: effect of preweaning undernutrition in the suckling rat. **Calcif Tissue Int**, v. 46, p. 378-383, 1990.

HATCH, M.C.; SHU, X.O.; MCLEAN, D.E. Maternal exercise during pregnancy, physical fitness, and fetal growth. **Am J Epidemiol**, v. 137, p. 1105-1114, 1993.

HENGESBERGER, S. Intrinsic bone tissue properties in adult rat vertebrae: modulation by dietary protein. **Bone**, v. 36, p. 134-141, 2005.

HIMES, J.H. Bone Growth and Development in protein-calorie malnutrition. **Rev Nutr Diet.**, v. 28, p. 143-187, 1978.

HOUDIJK, E.C.A.M.; ENGELBREGT, M.J.T.; POPP-SNIJDERS, C.; DELEMARE-VAN DE WAAL, H.A. Endocrine regulation and extended follow up of longitudinal growth in intrauterine growth retarded rats. **J Endocrinol**. v. 166, p. 599-608, 2000.

HORNS, P.N.; RATCLIFFE, L.P.; LEGGETT, J.C.; SWANSON, M.S. Pregnancy outcomes among active and sedentary primiparous women. **J Obstet Gynecol Neonatal Nurs**, v. 25, p. 49-54, 1996.

HUGHES, P.C.R. Catch-up growth in the limbs of rats undernourished for different lengths of time during suckling. **Acta Anat**, v. 125, p. 50-58, 2000.

ILICH, J.Z.; SKUGOR, M.; HANGARTNER, T.; BAOSHE, A.; MATKOVIC, V. Relation of nutrition, body composition and physical activity to skeletal development: a cross-sectional study in preadolescent females. **J Am Coll Nutr**, v. 17, p. 136-47, 1998.

LEE, M. Skeletal growth and bone size of rats during protein-energy malnutrition and during rehabilitation. **Nut. Rep. Int.**, v. 13, p. 527-533, 1976.

MARCONDES, F.K.; BIANCHI, F.J.; TANNO, A.P. Determination of the estrous cycle phases of rats: some helpful considerations. **Braz J Biol**, v. 62, p. 609-614, 2002.

MILLER, J.P.; GERMAN, R.Z. Protein malnutrition affects the growth trajectories of the craniofacial skeleton in rats. **J Nutr.**, v. 129, n. 11, p. 2061-2069, 1999.

MOURÃO, A.L.; VASCONCELOS, H.A. Geometria do fêmur proximal em ossos de brasileiros. **Acta Fisiátrica**, v. 8, n. 3, 113-119, 2001.

NAKAMOTO, T.; MILLER, S.A. The effect of protein-energy malnutrition on the growth of mandible and long bone in newborn male and female rats. **J. Nutr.**, v. 107, p. 983-989, 1977.

NAKAMOTO, T.; MILLER, S.A. The effect of protein-energy malnutrition on the development of bones in newborn rats. **J. Nutr.**, v. 109, p. 1469-1476, 1979b.

NASCIMENTO, O.J.; MADI, K.; GUEDES E SILVA, J.B.; SOARES FILHO, P.J.; HAHN, M.D.; COUTO, B. Considerações sobre o músculo estriado na desnutrição protéica. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 48, p. 395-402, 1990.

PATRÍCIO, F.R.; NÓBREGA, F.J.; TONETE, S.S. Desnutrição intra-uterina em diferentes períodos de gestação em ratas: estudo do intestino delgado proximal ao nascimento e durante a recuperação nutricional. **Rev Paul Ped**, v. 2, p. 43-52, 1984.

PLATT, B.S.; STEWART, R.J.C. Transverse trabeculae and osteoporosis in bones in experimental protein-calorie deficiency. **Br. J. Nutr.** v. 16, p. 483-495, 1962.

REICHLING, T.D.; GERMAN, R.Z. Bones, muscles and organs of protein malnourished rats (*Rattus norvegicus*) grow more slowly but for longer durations to reach normal final size. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2326-2332, 2000.

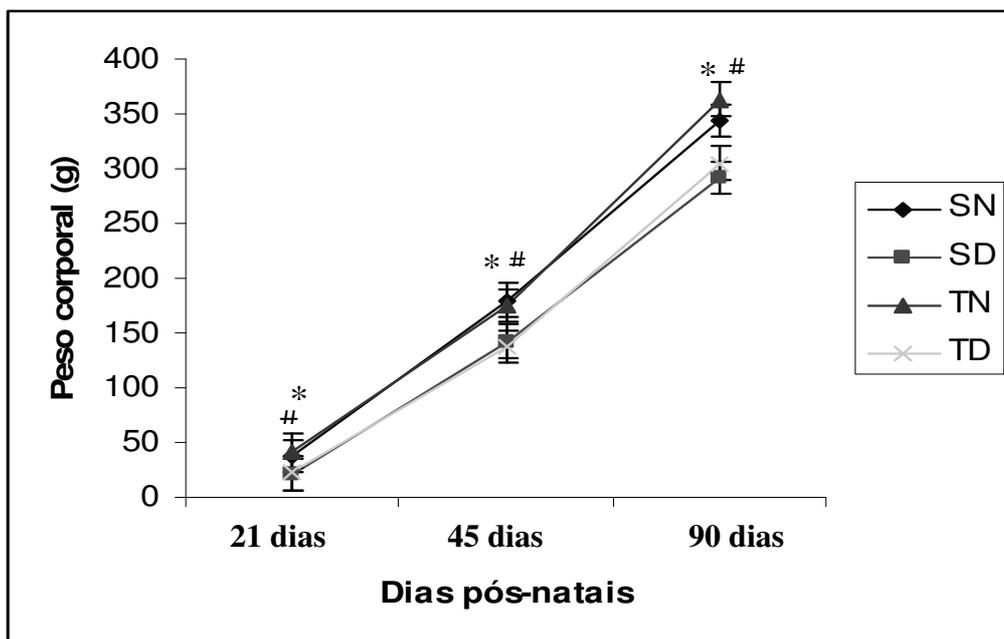
RESNICK, O. Development protein malnutrition influences on the central nervous system of the rats. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 3, p. 233-246, 1979.

RIZZOLI, R.; BONJOUR, J. Determinants of peak bone mass and mechanisms of bone loss. **Osteoporos Int**, v. 9, n. 2, p. 17-23, 1999.

TRINDADE, C.E. Repercussões da nutrição da gestante sobre o recém-nascido. **J Pediatr**, v. 73, p. 291-292, 1997.

YOSHIMURA, T.; TOHYA, T.; ONODA, C.; OKAMURA, H. Poor nutrition in prepubertal Japanese children at the end of World War II suppressed bone development. **Maturitas**, v. 52, p. 32-34, 2005.

Gráfico 1



Títulos e legendas do Gráfico 1

Gráfico 1 – Evolução ponderal, com análise comparativa do peso corpóreo (g) entre os grupos fmSN, fmSD, fmTN e fmTD aos 21 dias, aos 45 dias, e aos 90 dias de vida, analisados estatisticamente pelo teste t-student, sendo $p < 0,05$.

Legenda Gráfico 1 –

* Relação entre SN e SD (21 dias $p < 0,0001$ / 45 dias $p < 0,0001$ / 90 dias $p < 0,0001$)

Relação entre TN e TD (21 dias $p < 0,0001$ / 45 dias $p < 0,0001$ / 90 dias $p < 0,0001$)

Relação entre SN e TN (21 dias $p = 0,0573$ / 45 dias $p = 0,542$ / 90 dias $p = 0,1143$)

Relação entre SD e TD (21 dias $p = 0,6855$ / 45 dias $p = 0,2969$ / 90 dias $p = 0,1572$)

Tabela 1 – Valores médios e desvio-padrão do peso femoral (g), do comprimento (mm) do fêmur e do conteúdo mineral (mg/cm²) do fêmur da prole dos grupos fmSN, fmSD, fmTN e fmTD, avaliados aos 90 dias, analisados estatisticamente pelo teste t-student, sendo $p < 0,05$.

	fmSN	fmSD	fmTN	fmTD
Peso do fêmur¹	0,892±0,0661	0,81±0,058*	0,9±0,0528	0,813±0,0334**
Comprimento do fêmur²	35,787±0,99	34,46±0,37*	35,599±0,46	34,302±0,718**
Conteúdo mineral³	30,386±5,776	25,012±6,297	30,18±6,16	23,671±7,775

¹* fmSN>fmSD (p=0,008); fmSN=fmTN (p=0,765); fmSD=fmTD (p=0,831); ** fmTN>fmTD (p=<0,001)

²* fmSN>fmSD (p=<0,001); fmSN=fmTN (p=0,765); fmSD=fmTD (p=0,831); ** fmTN>fmTD (p=<0,001)

³ fmSN=fmSD (p=0,062); fmSN=fmTN (p=0,939); fmSD=fmTD (p=0,677); fmTN=fmTD (p=0,053)

6. REFERÊNCIAS

ACOG Committee on Obstetric Practice. Committee opinion #267: exercise during pregnancy and the postpartum period. **Obstet Gynecol.** v. 99, p. 171-173, 2002.

ALIPPI, R.M.; META, M.D.; OLIVERA, M.I.; BOZZINI, C.; SCHNEIDER, P.; META, I.F. Effect of protein-energy malnutrition in early life on the dimensions and bone quality of the adult rat mandible. **Archives of Oral Biology**, v. 47, p. 47-53, 2002.

AMMANN, P.; LAIB, A.; BONJOUR, J.P.; MEYER, J.M.; RÜEGSEGG, P.; RIZZOLI, R. Dietary essential amino acid supplements increase bone strength by influencing bone mass and bone microarchitecture in ovariectomized adult rats fed an isocaloric low-protein diet. **Journal of Bone and Mineral Research**, v. 17, n. 7, p. 1264-1272, 2002.

ARTAL, R.; O'TOOLE, M. Guidelines of the American College of Obstetricians and Gynecologists for exercise during pregnancy and the postpartum period. **American College of Obstetricians and Gynecologists**, p. 6-12, 2002.

ARTAL, R.; WISWELL, A.R.; DRINKWATER, L.R. E. Aspectos legais da prescrição de exercícios para a gravidez. Seção III: aplicações práticas. **O exercício na gravidez**. São Paulo: Edições Manole, p. 293-298, 1999.

BOERSMA, B. Catch-up growth. **Endocrine Rev.**, v. 18, p. 646-661, 1997.

BONEWALD, L.F. Osteocytes: A proposed multifunctional bone cell. **J. Musculoskel Neuron. Interact.**, v. 2, p. 239-241, 2002.

BONJOUR, J.P.; AMMANN, P.; CHEVALLEY, T.; RIZZOLI, R. Protein intake and bone growth. **Can. J. Appl. Physiol**, v. 26, p. 153-166, 2001.

BOXWELL, J.; AYSON, P.; RAMENOFKY, M. Growth and metabolic parameters in pups of undernourished lactating rats. **Physiology and Behavior**, v. 57, n. 3, p. 469-475, 1995.

BURKUS, J.K.; OGDEN, J. Development of the distal femoral epiphysis: a microscopic morphological investigation of the zone of Ranvier. **J Pediatr Orthop**, v. 4, p. 610-668, 1984.

CARMICHAEL, S.L.; SHAW, G.M.; NERI, E.; SCHAFFER, D.M.; SELVIN, S. Physical activity and risk of neural tube defects. **Matern Child Health J**, v. 6, p. 151-157, 2002.

CARVALHO, C.M.R.G.; FONSECA, C.C.C.; PEDROSA, J.I. Educação para a saúde em osteoporose com idosos de um programa universitário: repercussões. **Cad. Saúde Pública**, v. 20, n. 3, p. 719-726, 2004.

CASSIDY, J.T. Osteopenia and osteoporosis in children. **Clin Exp Rheumatol**, v. 17, p. 24-50, 1999.

CHEN, J. Effect of prenatal malnutrition on release of monoamines from hippocampal slices. *Life Sciences*, v. 57, n. 16, p. 1467-1475, 1995.

CHILIBECK, P.D.; SALE, D.G.; WEBBER, C.E. Exercise and bone mineral density. **Sports Méd.** v. 19, p. 106-108, 1995.

CLAPP, J.F. Exercise in pregnancy: a brief clinical review. **Fetal Medical Review**, v. 161, p. 1464–1469, 1990.

CLAPP, J.F.; KIM, H.; BURCIU, B.; LOPEZ, B. Begining regular exercise in early pregnancy: effect on fetoplacental growth. **Am J Obstet Gynecol**, v. 183, p. 1484-1488, 2000.

CLAPP, J.F.; SEAWARD, B.L.; SLEAMAKER, R.H. Maternal physiologic adaptations to early human pregnancy. **Am J Obstet Gynecol**, v. 159, p. 1456–1460, 1988.

COOPER, C.; ATKINSON, E.J.; HENSRUD, D.D.; WAHNER, H.W.; O'FALLON, W.N.; RIGGS, B.L. Dietary protein intake and bone mass in women. **Calcif Tissue Int**, v. 58, p. 320-325, 1996.

COOPER, C.; FALL, C.; EGGER, P.; HOBBS, R.; EASTELL, R.; BARKER, D. Growth in infancy and bone mass in later life. **Ann Rheum Dis**, v. 56, p. 17–21, 1997.

CRAWFORD, P.B.; WANG, M.C.; SABRY, Z.I.; HUDES, M.; VAN LOAN, M.; BACHACH, L.K. Adolescent diet is predictive of peak bone mass. **Am J Clin Nutr**, v. 75 p. 356, 2002.

DEMPSEY, J.C.; BUTLER, C.L.; SORENSEN, T.K.; LEE, I.M.; THOMPSON, M.L.; MILLER, R.S. A case-control study of maternal recreational physical activity and risk of gestational diabetes mellitus. **Diabetes Res Clin Pract**, v. 66, p. 203-215, 2004b.

DEMPSEY, J.C.; SORENSEN, T.K.; WILLIAMS, M.A.; LEE, I.M.; MILLER, R.S.; DASHOW, E.E. Prospective study of gestational diabetes mellitus risk in relation to maternal recreational physical activity before and during pregnancy. **Am J Epidemiol**, v. 159, p. 663-670, 2004a.

DICKERSON, J.W.T.; JONH, P.M.U. The effect of protein-calorie malnutrition on the composition of the human femur. **Br. J. Nutr.**, v. 23, p. 917-924, 1969.

DYE, T.D.; KNOX, K.L.; ARTAL, R.; AUBRY, R.H.; WOJTOWYCZ, M.A. Physical activity, obesity, and diabetes in pregnancy. **Am J Epidemiol**, v. 146, p. 961-965 1997.

EL-METWALLI, A.G.; BADAWY, A.M.; EL-BAGHDADI, L.A.; EL-WEHADY, A. Occupational physical activity and pregnancy outcome. **Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.** v. 100, p. 41-45, 2001.

EMSLANDER, H.C.; SINAKI, M.; MUHS, J.M.; CHAO, E.Y.S.; WAHNER, H.W.; BRYANT, S.C.; RIGGS, L.; EASTELL, R. Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). **Mayo Clin Proc**, v. 73, p. 1151-1160, 1998.

ENGELBREGT, M.J.T.; VAN WEISSENBRUCH, M.M.; LIPS, P.; VAN LINGEN, A.; ROOS, J.C.; DEWAAL, A.D. Body composition and bone measurements in intra-uterine growth retarded and early postnatally undernourished male and female rats at the age of 6 months: comparison with puberty. **Bone**, v. 34, p. 180-186, 2004.

FIDALGO, M.A. Desnutrição experimental e treinamento físico: estudo de parâmetros murinométricos de ratas gestantes e dos conceitos. Recife, 2006. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco. CCS. Nutrição, 2006.

FLORACK, E.I.M.; ZIELHUIS, G.A.; PELLEGRINO, J.E.M.C.; ROLLAND, R. Occupational physical activity and the occurrence of spontaneous abortion. **Int J Epidemiol**, v. 22, p. 878-884, 1993.

FORTMAN II, J.K.; REICHLING, T.; GERMAN, R.Z. The impact of maternal protein malnutrition on pre-weaning skeletal and visceral organ growth in neonatal offspring of *Rattus norvegicus*. **Growth, Development & Aging**. v. 69, p. 39-52, 2005.

FRANK, S. Metabolic adaptation in protein-energy malnutrition. **J. Am. Coll. Nutr**, v. 5, p. 371-381, 1986.

GALE, C.R.; MARTYN, C.N.; KELLINGRAY, S.; EASTELL, R.; COOPER, C. Intrauterine programming of adult body composition. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 86, p. 267– 272, 2001.

GALE, C.R.; MARTYN, C.N.; KELLINGRAY, S.; EASTELL, R.; COOPER, C. Intrauterine programming of adult body composition. **J Clin Endocrinol Metab**, v. 86, p. 267-72, 2001.

GARNEO, P.; GRIMAUX, M.; SEGUIN, P.; DELMAS, P.D. Characterization of immunoreactive forms of human osteocalcin generated in vivo and in vitro. **J Bone Miner Res**, v. 9, p. 255–264, 1994.

GLICK, P.L.; ROWE, D.J. Effects of Chronic Protein Deficiency on skeletal development of young rats. **Calcified Tissue International**, v. 33, p. 223-231, 1981.

GOLSTEIN, R.S.; BOND, J.T. The effect of maternal protein deprivation on renal development and function in neonatal rats. **J. Nutr**, v. 109, p. 949-957, 1979.

GOMES, R.J.; MELLO, M.A.R.; CAETANO, F.H.; SIBUYA, C.Y.; ANARUMA, C.A.; ROGATTO, G.P.; PAULI, J.R.; LUCIANO, E. Effects of swimming training on bone mass and the GH/IGF-1 axis in diabetic rats. **Growth hormone & IGF Research**, v. 16, p. 326-331, 2006.

GRIMSTON, S.K.; WILLOWS, N.D.; HANLEY, D.A. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. **Med Sci Sports Exerc.**, v. 25, p. 1203-1210, 1993.

GRISSE, J.A.; BAUM, C.R.; TURNER, B.J. What do physicians in practice do to prevent osteoporosis? **J Bone Miner Res**, v. 5, p. 213-219, 1990.

GUDEHITHLU, K.P.; RAMAKRISHNAN, C.V. Effect of undernutrition on the chemical composition and the activity of alkaline phosphatase in soluble and particulate fractions of the rat calvarium and femur. II: effect of preweaning undernutrition in the suckling rat. **Calcif Tissue Int**, v. 46, p. 378-383, 1990.

GUERRINO, M.R.; GONÇALVES, M.; LEIVAS, T.P. Efeito do Treinamento Físico sobre a Resistência Óssea. **MOTRIZ**, v. 2, n.1, 1996.

GURMINI, J. Desnutrição intra-uterina e suas alterações no intestino delgado de ratos Wistar ao nascimento e após a lactação. **J Bras Patol Med Lab**, v. 41, n. 4, p. 271-278, 2005.

HATCH, M.C.; SHU, X.O.; MCLEAN, D.E. Maternal exercise during pregnancy, physical fitness, and fetal growth. **Am J Epidemiol**, v. 137, p. 1105-1114, 1993.

HENGESBERGER, S. Intrinsic bone tissue properties in adult rat vertebrae: modulation by dietary protein. **Bone**, v. 36, p. 134-141, 2005.

HILLS, A.P.; BYRNE, N.M. Physical activity in the management of obesity. **Clin Dermatol**, v. 22, p. 315-318, 2004.

HIMES, J.H. Bone Growth and Development in protein-calorie malnutrition. **Rev Nutr Diet.**, v. 28, p. 143-187, 1978.

HOUDIJK, E.C.A.M.; ENGELBREGT, M.J.T.; POPP-SNIJDERS, C.; DELEMARE-VAN DE WAAL, H.A. Endocrine regulation and extended follow up of longitudinal growth in intrauterine growth retarded rats. **J Endocrinol**. v. 166, p. 599-608, 2000.

HORNS, P.N.; RATCLIFFE, L.P.; LEGGETT, J.C.; SWANSON, M.S. Pregnancy outcomes among active and sedentary primiparous women. **J Obstet Gynecol Neonatal Nurs**, v. 25, p. 49-54, 1996.

HUGHES, P.C.R. Catch-up growth in the limbs of rats undernourished for different lengths of time during suckling. **Acta Anat**, v. 125, p. 50-58, 2000.

ILICH, J.Z.; SKUGOR, M.; HANGARTNER, T.; BAOSHE, A.; MATKOVIC, V. Relation of nutrition, body composition and physical activity to skeletal development: a cross-sectional study in preadolescent females. **J Am Coll Nutr**, v. 17, p. 136-47, 1998.

IWAMOTO, J.; YEH, J.K.; ALOIA, F. Differential effect of treadmill exercise on three cancellous bone sites in the young growing rat. **Bone**, v. 24, n. 3, p. 163-169, 1999.

KLEBANOFF, M.A.; SHIONO, P.H.; CAREY, J.C. The effect of physical activity during pregnancy on preterm delivery and birth weight. **Am J Obstet Gynecol**, v. 163, p. 1450-1456, 1990.

KNOTHE-TATE, M.L.; JOSÉE, R.A. The osteocytes. **The International Journal of Biochem.&Cell Biology**, v. 36, p. 1-8, 2004.

KOVRT, W.M.; EHSANI, A.A.; BIRGE, S.J. HRT preserves increases in bone mineral density and reductions in body fat after a supervised exercise program. **J Appl Physiol**, v. 84, p. 1505-12, 1998.

LATKA, M.; KLINE, J.; HATCH, M. Exercise and spontaneous abortion of Know Karyotype. **Epidemiol Ver**, v. 10, p. 73-75, 1999.

LEE, M. Skeletal growth and bone size of rats during protein-energy malnutrition and during rehabilitation. **Nut. Rep. Int.**, v. 13, p. 527-533, 1976.

LEHTONEN-VEROMA, A.M.; MOTTONEN, T.; SVEDSTROM, E.; HAKOLA, P.; HEINONEN, O.J.; VIKARI, J. Physical activity and bone mineral acquisition in prepubertal girls. **Scand J Med Sci Sports**, v. 10, p. 236-243, 2000.

LEIFERMAN, J.A.; EVENSON, K.R. The effect of regular leisure physical activity on birth outcomes. **Matern Child Health J**, v. 7, p. 59-64, 2003.

LEONARD, M.B.; ZEMEL, B.S. Current concepts in pediatric bone disease. **Pediatr Cxlin North Am**, v. 49, p. 143-173, 2002.

LIMA, F.; FALCO, V.; BAIMA, J.; CARAZZATO, J.G.; PEREIRA, R.M.R. Effect of impact load and active load on bone metabolism and body composition of adolescent athletes. **Med Sci Sports Exerc**, v. 33, p. 1318-1323, 2001.

LIMA, F.R.; OLIVEIRA, N. Gravidez e exercício. **Rev Bras Reumatol**, v. 45, p. 188-90, 2005.

MACDOUGALL, J.D.; WEBBER, C.E.; MARTIN, J.; ORMEROD, S.; CHESLEY, A.; YOUNGLAI, E.V.; GORDON, C.L.; BLIMKIE, C.J. Relationship

among running mileage bone density and serum testosterone in male runners. **J Appl Physiol**, v. 73, p. 1165–1170, 1992.

MARCONDES, F.K.; BIANCHI, F.J.; TANNO, A.P. Determination of the estrous cycle phases of rats: some helpful considerations. **Braz J Biol**, v. 62, p. 609-614, 2002.

MARCOUX, S.; BRISSON, J.; FABIA, J. The effect of leisure time physical activity on the risk of pre-eclampsia and gestational hypertension. **J Epidemiol Community Health**, v. 43, p. 147-152, 1989.

MEHTA, G.; ROACH, H.I.; LANGLEY-EVANS, S.; TAYLOR, P.; READING, I.; OREFFO, R.O.C. Intrauterine exposure to a maternal low protein diet reduces adult bone mass and alters growth plate morphology in rats. **Calcif Tissue Int**, v. 71, p. 493–498, 2002.

MENKES, A.; MAZEL, S.; REDMOND, R.A.; KOFFLER, K.; LIBANATI, C.R.; GUNDEMBERG, C.M. Strength training increases regional bone mineral density and bone remodeling in middle-aged and older men. **J Appl Physio**, v. 74, p. 2478-2484, 1993.

MILLER, J.P.; GERMAN, R.Z. Protein malnutrition affects the growth trajectories of the craniofacial skeleton in rats. **J Nutr.**, v. 129, n. 11, p. 2061-2069, 1999.

MORRIS, S.N.; JOHNSON, N.R. Exercise during pregnancy: a critical appraisal of the literature. **J Reprod Med**, v. 50, p. 181-188, 2005.

MOURÃO, A.L.; VASCONCELOS, H.A. Geometria do fêmur proximal em ossos de brasileiros. **Acta Fisiátrica**, v. 8, n. 3, 113-119, 2001.

MULLENDER, M.G. Differences in osteocyte density and bone histomorphometry between men and woman and between healthy and osteoporotic subjects. **Calcif. Tissue Int**, v. 77, p. 291-296, 2005.

NAKAMOTO, T.; MILLER, S.A. The effect of protein-energy malnutrition on the growth of mandible and long bone in newborn male and female rats. **J. Nutr.**, v. 107, p. 983-989, 1977.

NAKAMOTO, T.; MILLER, S.A. The effect of protein-energy malnutrition on the development of bones in newborn rats. **J. Nutr.**, v. 109, p. 1469-1476, 1979.

NASCIMENTO, O.J.; MADI, K.; GUEDES E SILVA, J.B.; SOARES FILHO, P.J.; HAHN, M.D.; COUTO, B. Considerações sobre o músculo estriado na desnutrição protéica. **Arq Neuropsiquiatr**, v. 48, p. 395-402, 1990.

NICHOLS, D.L.; SANBORN, C.F.; LOVE, A.M. Resistance training and bone mineral density in adolescent females. **J Pediatr**, v. 139, p. 494-500, 2001.

NUNES, M.L.; BATISTA, B.; MICHELI, F.; BATISTELLA, V. Efeitos da desnutrição precoce e reabilitação nutricional em ratos. **J. Pediatr**, v. 78, n. 1, 2002.

O'RAHILLY, R.; GARDNER, E. The timing and sequence of events in the development of the limbs in the human embryos. *Anat Embryol* 1975;148:1– 23.

PALUMBO, C. Osteocyte-osteoclast morphological relationships and the putative role of osteocytes in bone remodeling. **J. Musculoskel Neuron Interac.**, v. 1, n. 4, p. 327-332, 2001.

PARFITT, M.A. Targeted and nontargeted bone remodeling: relationship to basic multicellular unit origination and progression. **Bone**, v. 30, n. 1, p. 5-7, 2002.

PATRÍCIO, F.R.; NÓBREGA, F.J.; TONETE, S.S. Desnutrição intra-uterina em diferentes períodos de gestação em ratas: estudo do intestino delgado proximal ao nascimento e durante a recuperação nutricional. **Rev Paul Ped**, v. 2, p. 43-52, 1984.

PETTERSSON, U.; NORDSTROM, P.; ALFREDSON, H.; HENRIKSSON-LARSEN, K.; LORENTZON, R. Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. **Calcif Tissue Int**, v. 67; p. 207–214, 2000.

PLATT, B.S.; STEWART, R.J.C. Transverse trabeculae and osteoporosis in bones in experimental protein-calorie deficiency. **Br. J. Nutr.** v. 16, p. 483-495, 1962.

POWER, J.; LOVERIDGE, N.; RUSHTON, N.; PARKER, M.; REEVE, J. Osteocyte density in aging subjects is enhanced in bone adjacent to remodeling haversian systems. **Bone**, v. 30, n. 6, p. 859-865, 2002.

PRENTICE, A. The relative contribution of diet and genotype to bone development. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 60, p. 45–52, 2001.

QUINN, R. Comparing rat's to human's age: How old is my rat in people years? **Nutrition**, v. 21, n. 6, p. 775–777, 2005.

RAISZ, L.G. Physiology and pathophysiology of bone remodeling. **Clinical Chemistry**, v. 45, n. 8, p. 1353–1358, 1999.

REDDY, G.S.; SASTRY, J.G.; NARASINGA RAO, B.S. Radiographic photodensitometric assessment of bone density changes in rats and rabbits subjected to nutritional stresses. **Indian J. Med. Res.**, v. 60, p. 1807-1815, 1972.

REICHLING, T.D.; GERMAN, R.Z. Bones, muscles and organs of protein malnourished rats (*Rattus norvegicus*) grow more slowly but for longer durations to reach normal final size. **Journal of Nutrition**, v. 130, p. 2326-2332, 2000.

RESNICK, O. Development protein malnutrition influences on the central nervous system of the rats. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 3, p. 233-246, 1979.

RIZZOLI, R.; BONJOUR, J. Determinants of peak bone mass and mechanisms of bone loss. **Osteoporos Int**, v. 9, n. 2, p. 17-23, 1999.

SAFTLAS, A.F.; LOGSDEN-SACKETT, N.; WANG, W.; WOOLSON, R.; BRACKEN, M.B. Work, leisure-time physical activity, and risk of preeclampsia and gestational hypertension. **Am J Epidemiol**, v. 160, p.758-765, 2004.

SALLE, B.L.; RAUCH, F.; TRAVERS, R.; BOUVIER, R.; GLORIEUX, F.H. Human fetal bone development: histomorphometric evaluation of the proximal femoral metaphysis. **Bone**, v.30, n. 6, p. 823-828, 2002.

SCHRAMM, W.F.; STOCKBAUER, J.W.; HOFFMAN, H.J. Exercise, employment, other daily activities, and adverse pregnancy outcomes. **Am J Epidemiol**, v. 143, p. 211-218, 1996.

SHIBATA, Y.; OHSAWA, I.; WATANABE, T.; MIURA, T.; SATO, Y. Effects of Physical Training on Bone Mineral Density and Bone Metabolism. **J Physiol Anthropol Appl Human Sci**. v. 22, p. 203–208, 2003.

SILVA, C.C.; GOLDBERG, T.B.L.; TEIXEIRA, A.S.; DALMAS, J.C. Mineralização óssea em adolescentes do sexo masculino: anos críticos para a aquisição da massa óssea. **Jornal de Pediatria**, n. 80, p. 461–467, 2004.

SORENSEN, T.K.; WILLIAMS, M.A.; LEE, I.M.; DASHOW, E.E.; THOMPSON, M.L.; LUTHY, D.A. Recreational physical activity during pregnancy and risk of preeclampsia. **Hypertension**, v. 4, p. 1273-1280, 2003.

STERNFELD, B.; QUESENBERRY JR, C.P.; ESKENAZI, B.; NEWMAN, LA. Exercise during pregnancy and pregnancy outcome. **Med Sci Sports Exerc**, v. 27, p. 634-640, 1995.

STEWART, R.J.C.; PLATT, B.S. Arrested growth lines in the bones of pigs on low protein diets. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 17, p. V-VI, 1958.

TENÓRIO, A.S.; ALVES, S.B.; BEZERRA, A.L.; SOUZA, G.M.L.; CATANHO, M.T.J.A.; TASHIRO, T.; GALINDO, L.C.M.; MORAES, S.R.A. Efeito do treinamento físico sobre o tecido ósseo e a concentração sérica de cálcio em camundongos fêmeas ovariectomizadas. **Acta Cir Bras**, n. 20, v. 4, 2005.

TRINDADE, C.E. Repercussões da nutrição da gestante sobre o recém-nascido. **J Pediatr**, v. 73, p. 291-292, 1997.

VASHISHTH, D.; GIBSON, G.; FYHRIE, D.P. Do osteocutes play a role in the regulation of bone matrix?. **Orthopaedic Research Society**, p. 539, 2001.

VELLOSO, G.R. Crescimento circunferencial das epífises ósseas de fetos humanos: o papel da zona de Ranvier. **Rev Bras Ortop**, n. 34, v. 4, p. 289–294, 1999.

WESTBROEK, I. Expression of serotonin receptors in bone. **J. Biol. Chem**, n. 276, v. 31, p. 28961-28968, 2001.

WIDDOWSON, E.M.; MCCANCE, R.A. A review: new thoughts on growth. **Pediatr Res**, v. 9, p. 154–156, 1975.

YOSHIMURA, T.; TOHYA, T.; ONODA, C.; OKAMURA, H. Poor nutrition in prepuberal Japanese children at the end of World War II suppressed bone development. **Maturitas**, v. 52, p. 32-34, 2005.

ANEXO

ANEXO 1– Parecer final do Comitê de Ética em Experimentação Animal.

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Biológicas

Av. Prof. Nelson Chaves, s/n
50670-420 / Recife - PE - Brasil
fones: (55 81) 2126 8840 | 2126 8351
fax: (55 81) 2126 8350
www.ccb.ufpe.br



Recife, 09 de abril de 2008

Ofício nº 19/08

Da Comissão de Ética em Experimentação Animal (CEEA) da UFPE
Para: **Profa. Sílvia Regina Arruda de Moraes**
Departamento de Anatomia - CCB
Universidade Federal de Pernambuco
Processo nº 23076. 014255/2007-56

Os membros da Comissão de Ética em Experimentação Animal do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco (CEEA-UFPE) avaliaram seu projeto de pesquisa intitulado “**ATIVIDADE FÍSICA GESTACIONAL E DESNUTRIÇÃO MATERNA E NEONATAL: REPERCUSSÃO NO CRESCIMENTO DO ESQUELETO DA PROLE.**”

Concluímos que os procedimentos descritos para a utilização experimental dos animais encontram-se de acordo com as normas sugeridas pelo Colégio Brasileiro para Experimentação Animal e com as normas internacionais estabelecidas pelo National Institute of Health Guide for Care and Use of Laboratory Animals as quais são adotadas como critérios de avaliação e julgamento pela CEEA-UFPE.

Encontra-se de acordo com as normas vigentes no Brasil, especialmente a Lei 9.605 – art. 32 e Decreto 3.179-art 17, de 21/09/1999, que trata da questão do uso de animais para fins científicos.

Diante do exposto, emitimos **parecer favorável** aos protocolos experimentais realizados.

Atenciosamente,

 Profa. Maria Teresa Janson
Presidente do CEEA

CCB: Integrar para desenvolver