



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA
BACHARELADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

PEDRO HENRIQUE ELIAS DA SILVA

**DIETA HIPOPROTEICA E ATIVIDADE FÍSICA VOLUNTÁRIA NO
DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE RATOS WISTAR**

RECIFE, PE
2024

PEDRO HENRIQUE ELIAS DA SILVA

**DIETA HIPOPROTEICA E ATIVIDADE FÍSICA VOLUNTÁRIA NO
DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE RATOS WISTAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Educação Física da
Universidade Federal de Pernambuco, Centro
de Ciências da Saúde, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Educação Física.

Orientador: Prof^o Dr. Rafael dos Santos
Henrique

Coorientador: Prof^o Dr. Diogo Antônio Alves
de Vasconcelos

RECIFE, PE
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Silva, Pedro Henrique Elias da.

Dieta hipoproteica e atividade física voluntária no desenvolvimento ósseo de ratos wistar / Pedro Henrique Elias da Silva. - Recife, 2024.
23 p. : il., tab.

Orientador(a): Rafael dos Santos Henrique

Coorientador(a): Diogo Antônio Alves de Vasconcelos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Educação Física - Bacharelado, 2024.

Inclui referências.

1. Atividade física voluntária. 2. Nutrição. 3. Plasticidade fenotípica. 4. Ratos . 5. Hipoproteica. I. Santos Henrique , Rafael dos . (Orientação). II. Vasconcelos , Diogo Antônio Alves de . (Coorientação). IV. Título.

610 CDD (22.ed.)

PEDRO HENRIQUE ELIAS DA SILVA

**DIETA HIPOPROTEICA E ATIVIDADE FÍSICA VOLUNTÁRIA NO
DESENVOLVIMENTO ÓSSEO DE RATOS WISTAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Educação Física da
Universidade Federal de Pernambuco, Centro
de Ciências da Saúde, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Educação Física.

Recife, 18 de março de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Dr Rafael dos Santos Henrique

Docente do Departamento de Educação Física - UFPE

Prof. Me. Tércio Araújo do Rêgo Barros

Doutorando em Educação Física Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Dra. Débora Priscila Lima de Oliveira

Mestre em Educação Física e Doutorando em Nutrição Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos em primeiro lugar vão para meus pais Rosemere e Jeremias que sempre estiveram comigo e me deram todo suporte que eu precisei. sempre trabalharam de forma incansável para dar estrutura para que eu chegasse aqui. Em segundo lugar aos meus orientadores Rafael e Diogo que estão sempre me ensinando e dando suporte para que eu consiga chegar aos meus objetivos. Em terceiro lugar meus amigos que me ajudaram cada um de sua forma a construir e chegar a esse fim de ciclo. Em quarto e não menos importante um agradecimento a mim.

Dedico este trabalho aos meus pais, irmão e amigos que sempre apoiaram minha caminhada.

RESUMO

Insultos no período crítico do desenvolvimento sobretudo da gestação e lactação, causam efeitos metabólicos à longo prazo, visando a economia de energia para a sobrevivência no período pós-gestacional. Essas alterações metabólicas estão relacionadas à menor secreção e resistência à insulina. A atividade física voluntária pode ser uma estratégia para mudar esses efeitos deletérios à saúde. No entanto, quando mensurada de forma forçada, induz a liberação de glicocorticóides, aumentando o estresse dos animais, além de não ser fiel à quantidade da prática determinada pela real disposição do animal. Por isso, o objetivo do presente trabalho é observar o comprimento da tíbia e eixo longitudinal, além das medidas de atividade física voluntária mensuradas pelo cicloergômetro. Para analisar a influência da dieta e nível de atividade física no comprimento da tíbia e eixo longitudinal. Após o desmame, será determinado o nível de atividade física para classificá-los de acordo com a dieta e o nível de atividade física voluntária: Controle pouco ativo (CA-), controle ativo (CA+), hipoproteico pouco ativo (HA-), hipoproteico ativo (HA+). O presente estudo encontrou diferenças significativas entre o grupo (HA-) em comparação ao (CA-) na velocidade média e comprimento do eixo longitudinal, com menores valores para o grupo (HA-).

Palavras-chave: Dieta hipoproteica; Atividade física; Desenvolvimento ósseo.

ABSTRACT

Insults during the critical period of development, especially during gestation and lactation, have long-term metabolic effects aimed at conserving energy for survival in the post-gestational period. These metabolic changes are associated with lower insulin secretion and increased insulin resistance. Voluntary physical activity can be a strategy to counteract these harmful health effects. However, when measured in a forced manner, it induces the release of glucocorticoids, increasing animal stress and failing to accurately reflect the actual level of activity the animal is naturally inclined to perform. Therefore, the objective of this study is to assess tibia length and longitudinal axis, as well as voluntary physical activity levels measured using a cycloergometer, to analyze the influence of diet and physical activity levels on tibia length and longitudinal axis. After weaning, physical activity levels will be determined to classify the subjects according to diet and voluntary physical activity levels: low-activity control (CA-), active control (CA+), low-activity hypoproteic (HA-), and active hypoproteic (HA+). This study found significant differences between the (HA-) group compared to the (CA-) group in average speed and longitudinal axis length, with lower values observed in the (HA-) group.

Keywords: Hypoproteic diet; Physical activity; Bone development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	12
2.1	Objetivos	12
2.1.1	OBJETIVO GERAL	12
2.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2.2	Métodos	12
2.2.1	TIPO DO ESTUDO	12
2.2.2	SOBRE OS ANIMAIS.....	12
2.2.3	SOBRE A DIETA.....	13
2.2.4	SOBRE A GAIOLA DE ATIVIDADE FÍSICA VOLUNTÁRIA	13
2.2.5	MEDIÇÕES VOLUNTÁRIAS DE ATIVIDADE FÍSICA.....	14
2.2.6	COMPRIMENTO DO OSSO TÍBIA.....	14
2.2.7	EIXO LONGITUDINAL	14
2.2.8	A NÁLISE ESTATÍSTICA	14
2.2.9	ANIMAIS.....	15
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
3.1	Eixo longitudinal	16
3.2	Comprimento da tíbia.....	16
3.3	Velocidade média (Km/h)	17
3.4	Tempo médio (minutos)	18
3.5	Distância em (Km).....	18
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
5	CONCLUSÃO	22
	REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A hipótese do fenótipo econômico correlaciona o baixo peso ao nascer ao desenvolvimento de síndromes metabólicas na vida adulta, especialmente, com o diabetes mellitus tipo 2. Isso ocorre porque, segundo a teoria, a má nutrição fetal é um insulto que prepara o indivíduo para um ambiente escasso, segundo Hales e Baker (2001). Neste sentido, o indivíduo passa por uma série de adaptações para garantir sua sobrevivência, levando seu metabolismo a se moldar de acordo com os insultos sofridos no período crítico do desenvolvimento, resultando em "ecos permanentes" na vida adulta (Gluckman; Hansen, 2004).

A dieta hipoproteica materna é um desses insultos que leva a adaptações na prole decorrentes do "capital materno", de acordo com Ferreira *et al.* (2015). Isso ocorre devido à importância dos estímulos dados ao indivíduo no período crítico do desenvolvimento, especialmente, durante a gestação e lactação.

Assim, a dieta pobre em proteínas induz diversas repercussões visando a sobrevivência do indivíduo. De acordo Hofman *et al.* (1997) grande parte dessas adaptações está relacionada ao aumento do fornecimento de substratos energéticos e nutrição para proteger o sistema nervoso central. Mesmo em um ambiente escasso, o encéfalo se mantém nutrido devido a adaptações fenotípicas, que tem como custo a resistência à insulina e tecidos periféricos. Há glicose livre no sangue, e o encéfalo não precisa de um transportador de glicose para entrar nas células, já que é permeável à mesma, conforme Lund-Andersen (1979), o que ajuda a manter seu equilíbrio homeostático.

Em modelos animais, devido ao seu aspecto controlado, essas alterações causadas por uma dieta com baixo teor de proteínas são mais bem observadas. Essas mudanças no desenvolvimento das estruturas corporais afetam, particularmente o desenvolvimento ósseo Bozzini *et al.* (2013). Uma dieta hipoproteica leva a uma mudança estrutural no osso, na secção transversa, na mineralização, no tamanho e até na força óssea (Bozzini *et al.*, 2013); Fetoui *et al.* (2008). Diante disso, alguns estudos mostraram que, apesar da dieta pobre em proteínas materna, o crescimento ósseo defasado pode ser atenuado por mecanismos compensatórios que induzem a osteogênese, segundo Lanham *et al.* (2020).

A atividade física é o meio não medicamentoso pelo qual se tem mais evidências da atenuação dos prejuízos causados pelos insultos da dieta materna pobre em proteínas no desenvolvimento da prole em seu período crítico do desenvolvimento Nogueira *et al.* (2019). Essa capacidade de melhorar o funcionamento dos mecanismos que mantêm a homeostase e atenuar condições deletérias dos insultos do ambiente está relacionada ao estresse propiciado

pela atividade física. Por meio da supercompensação, o sistema imunológico, endócrino, cardiorrespiratório e nervoso se torna mais preparados para estresses advindos do ambiente (Nogueira *et al.*, 2019; Weyh; Krüger; Strasser, 2020; Pedersen, 2019).

Tendo em vista todas as consequências da dieta hipoproteica materna e os meios de atenuação com a atividade física, o atual estudo tem como objetivo avaliar os impactos desta dieta e do nível de atividade física voluntária sobre o comprimento corporal e tamanho do osso da tíbia.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 Objetivos

2.1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o efeito da atividade física voluntária no crescimento e comprimento do osso tíbia de ratos wistar submetidos à dieta hipoproteica materna.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Na prole:

1. Investigar o comprimento e as medidas murinométricas durante os 20 primeiros dias de adaptação;
2. Quantificar a distância percorrida (KM), velocidade média e máxima (m/s) e tempo médio de atividade (min) no cicloergômetro;
3. Analisar o comprimento longitudinal;
4. Examinar o comprimento do osso tíbia.

2.2 Métodos

2.2.1 TIPO DO ESTUDO

O atual estudo trata de um estudo experimental pré-clínico.

2.2.2 SOBRE OS ANIMAIS

Ratos da linhagem *Wistar Albinas*, (*Rattus Norvegicus*) (n=16), com peso de 200-250 gramas e idades entre 80-90 dias, foram alojados no biotério de experimentação com temperatura e iluminação controladas. Temperatura de 23+- 2 e ciclo claro escuro 12h/12h com o ciclo claro se iniciando às (20h00min às 08h00min) e o ciclo escuro (08h00min às 20h00min). Em seguida, duas fêmeas e um macho foram colocados para acasalar numa gaiola padrão de polipropileno (33 x 40 x 17 cm) por um período de 1-5 dias. A detecção da presença de espermatozoides na cavidade vaginal, por esfregaço, da fêmea foi no dia 0 da gestação. Os animais tiveram livre disponibilidade de ração e água durante todo o período experimental e

não deterem de exposição a nenhum protocolo de atividade física voluntária durante o acasalamento, gestação e lactação.

2.2.3 SOBRE A DIETA

A dieta hipoproteica teve em sua composição 8% de proteína, 75% de carboidrato e 17% lipídios enquanto a dieta controle foi 18% proteína, 65% de carboidrato e 17% de lipídios.

2.2.4 SOBRE A GAIOLA DE ATIVIDADE FÍSICA VOLUNTÁRIA

A gaiola de atividade física voluntária (GAFV) de acrílico tem as seguintes dimensões: 27 cm de largura, 34 cm de altura e 61 cm de comprimento, e se tomou como base os dados da tabela 1. Em uma das extremidades foi posicionado um cicloergômetro com 27 cm de diâmetro, composto por acrílico e raios em aço inoxidável. Acoplado a gaiola e próximo ao cicloergômetro houve um sistema de monitoramento por sensor (ciclocomputador Cataye, model CC- VL810, Osaka, Japan) das grandezas físicas: distância percorrida (km), tempo (minutos), velocidade média (Km/h) e gasto calórico (em Kcal).

Tabela 1 - Classificação dos grupos de acordo com o nível de atividade física voluntária (distância percorrida, gasto calórico e tempo) no cicloergômetro.

GRUPOS EXPERIMENTAIS	DISTÂNCIA PERCORRIDA (KM/DIA)	GASTO CALÓRICO (KM/S/DIA)	TEMPO (MIN/DIA)
Controle	0	0	0
Inativo	< 1.0	< 10.0	< 20.0
Ativo	> 1.0 < 5.0	> 10.0 < 40.0	> 20.0 < 120.0
Muito ativo	> 5.0	> 40.0	> 120.0

Fonte: Muniz et al., 2014.

2.2.5 MEDIÇÕES VOLUNTÁRIAS DE ATIVIDADE FÍSICA

Os filhotes com idades de 21 dias de vida foram previamente colocados em gaiolas de atividade física voluntária individual por um período de 20 dias. A atividade física dos ratos foi avaliada pela movimentação do cicloergômetro (roda de corrida) e quantificada através dos sensores acoplados na gaiola por meio das grandezas físicas. Diariamente e no mesmo horário (14h00min) foram anotadas as grandezas físicas para: distância percorrida (km), tempo percorrido (min) e estimativa do gasto calórico (kcal). Estas grandezas foram utilizadas para classificar o nível de atividade física dos ratos.

A distância foi determinada por contagem do número de rotações, que é calculado pela circunferência (84 cm) do cicloergômetro. A circunferência e o diâmetro do cicloergômetro foram usados para calibrar o ciclocomputador e depois para calcular a velocidade média e a distância percorrida. O gasto calórico foi estimado integrando o valor calculado a partir da velocidade em cada segundo. Todas as medidas de distância percorrida, velocidade média, tempo e calorias foram registradas diariamente durante todo o experimento, 21 dias de atividade física voluntária.

A pós o desmame os filhotes foram alojados em gaiolas individuais de atividade física voluntária por 21 dias, para após esse período, determinar o nível de atividade física e classificá-los em ratos pouco ativos (PA) ou ativos (A) de acordo com a tabela 1

2.2.6 COMPRIMENTO DO OSSO TÍBIA

Os ratos foram eutanasiados por decapitação aos 71º dia e sua tíbia foi utilizada para avaliação de crescimento ósseo.

2.2.7 EIXO LONGITUDINAL

O comprimento longitudinal foi registrado semanalmente durante os 20 dias do período de adaptação a atividade física voluntária e 30 dias após esse período.

2.2.8 A NÁLISE ESTATÍSTICA

O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi realizado para determinar a distribuição normal dos dados. As medidas de distância percorrida, estimativa de calorias queimadas, velocidade média

e tempo de atividade foram analisadas por ANOVA de duas vias, com atividade física e tempo como fatores, seguido pelo teste *post hoc* de *Bonferroni*. Durante o período experimental, foram realizadas análises estatísticas de peso corporal, ingestão alimentar pelo teste t de Student (ativo vs pouco ativo). Todos os dados foram apresentados como média $\pm$ SEM. A significância foi considerada para $p < 0,05$. A análise dos dados foi realizada pelo programa estatístico *GraphPad Prism 5* (GraphPad Software Inc., La Jolla, CA, EUA).

2.2.9 ANIMAIS

Os animais foram classificados de acordo com seu nível de atividade física e se alocaram em quatro grupos: controle ativo (CA+), controle pouco ativo (CA-), hipoproteico ativo (HA+) e hipoproteico pouco ativo (HA-), como exposto no quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos animais de acordo com o nível de atividade física exercido por eles.

GRUPOS	Nº DE ANIMAIS
CA+	4
CA-	2
HA+	4
HÁ-	2

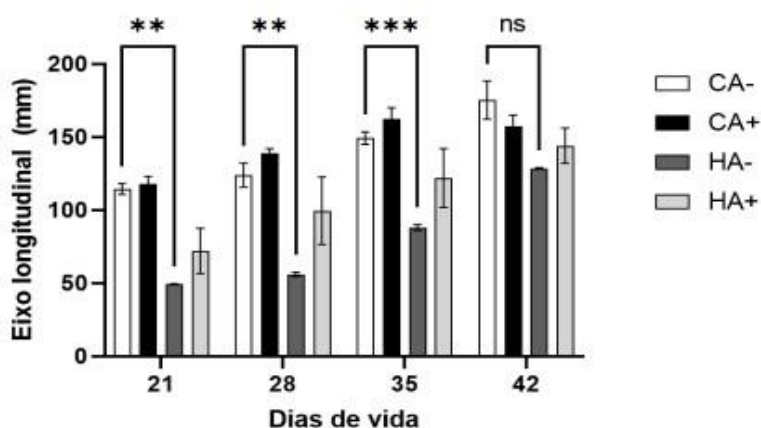
Fonte: O autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eixo longitudinal

No eixo longitudinal (gráfico 1) houve diferença significativa entre o hipoproteico pouco ativo comparado ao grupo controle pouco ativo e nas três primeiras semanas de intervenção. Na primeira e terceira semana as médias do grupo controle pouco ativo foram respectivamente $114,5 \pm 7,5$ e $149,3 \pm 8,7$. O grupo hipoproteico pouco ativo teve sua média na primeira e terceira semana respectivamente $49,6 \pm 0,2$ e $88 \pm 2,8$.

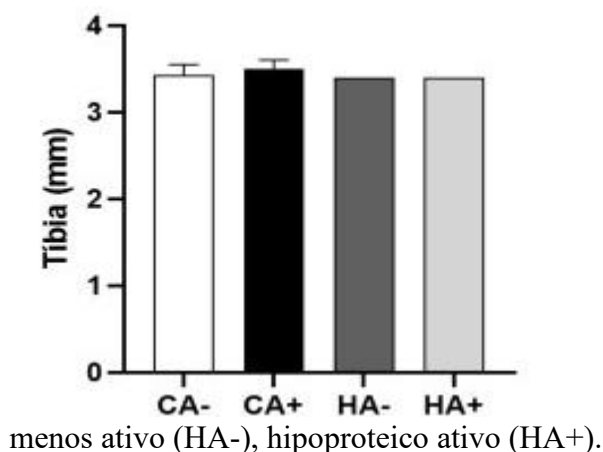
Gráfico 1- Eixo longitudinal da prole de mães com dieta hipoproteica e controle, sendo controle menos ativo (CA-), controle ativo (CA+) hipoproteico menos ativo (HA-), hipoproteico ativo (HA+).



3.2 Comprimento da tíbia

Não houve diferença significativa entre os grupos no tamanho da tíbia (gráfico 2). O grupo controle ativo e o controle pouco ativo tiveram uma média respectivamente de $3,43 \pm 0,25$ e $3,5 \pm 0,14$. Os grupos hipoproteico ativo e pouco ativo tiveram uma média de tamanho da tíbia, respectivamente de $3,4 \pm 0$ e $3,4 \pm 0$.

Gráfico 2 - Tamanho da tibia da prole de mães com dieta hipoproteica e controle, sendo controle menos ativo (CA-), controle ativo (CA+) hipoproteico menos ativo (HA-), hipoproteico ativo (HA+).

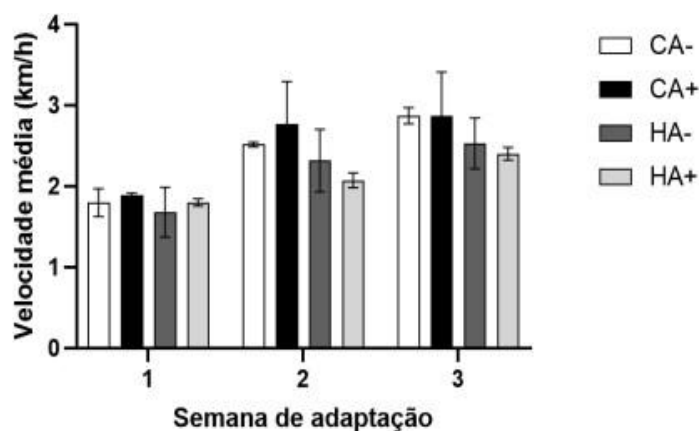


Fonte: O autor.

3.3 Velocidade média (Km/h)

Quanto à velocidade média (gráfico 3), não houve diferença significativa entre os grupos (CA+), (CA-), (HA+) e (HA-). As médias da velocidade média das três semanas, respectivamente, dos grupos foram: (CA) $1,8 \pm 0,3$; $2,5 \pm 0,1$; $2,9 \pm 0,2$; (CA+) $1,9 \pm 0,1$; $2,8 \pm 1$; $2,9 \pm 1,1$; (HA-) $1,7 \pm 0,4$; $2,3 \pm 0,5$; $2,5 \pm 0,4$; (HA+) $1,8 \pm 0,1$; $2,1 \pm 0,2$; $2,4 \pm 0,2$.

Gráfico 3 - Parâmetro de atividade física voluntária para prole de mães com dieta hipoproteica e controle, sendo controle menos ativo (CA-), controle ativo (CA+) hipoproteico menos ativo (HA-), hipoproteico ativo (HA+) em velocidade média.

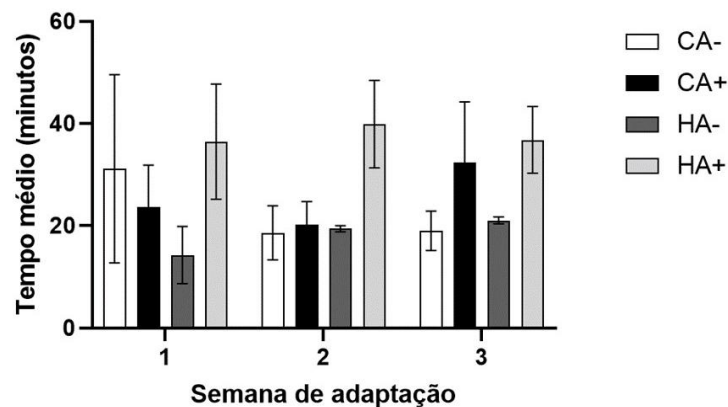


Fonte: O autor.

3.4 Tempo médio (minutos)

Quanto ao tempo médio (gráfico 4), não houve diferença significativa entre os grupos (CA+), (CA-), (HA+) e (HA-). As médias tempo médio das três semanas, respectivamente, dos grupos foram: (CA-) 31,14 ± 36,83; 18,62 ± 10,53; 19,4 ± 0,2; (CA+) 23,66 ± 16,42; 20,20 ± 9,08; 32,35 ± 23,76; (HA-) 14,28 ± 7,89; 19,41 ± 0,87; 21,04 ± 0,94; (HA+) 36,47 ± 22,54; 39,87 ± 17,11; 36,79 ± 13,05.

Gráfico 4 - Parâmetro de atividade física voluntária para prole de mães com dieta hipoproteica e controle, sendo controle menos ativo (CA-), controle ativo (CA+) hipoproteico menos ativo (HA-), hipoproteico ativo (HA+). No tempo médio em minutos de prática de atividade física voluntária



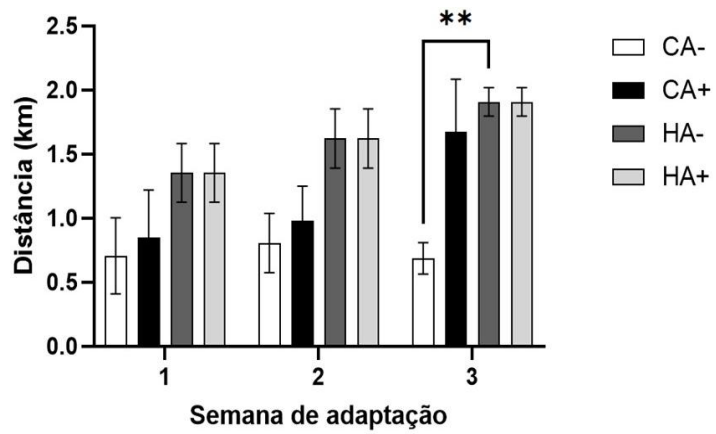
Fonte: Os autores.

3.5 Distância em (Km)

A distância em Km não houve diferença significativa entre os grupos (CA+), (CA-), (HA+) e (HA-) nas duas primeiras semanas, como é possível observar no gráfico 5. Quanto à terceira semana houve uma diferença significativa entre os grupos (CA-) e (HA-) com médias na terceira semana respectivamente: 0,69 ± 0,25 e 1,91 ± 0,22.

Gráfico 5 - Parâmetro de atividade física voluntária para prole de mães com dieta hipoproteica e controle, sendo controle menos ativo (CA-), controle ativo

(CA+) hipoproteico menos ativo (HA-), hipoproteico ativo (HA+). Na distância percorrida.



Fonte: O autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo encontrou diferenças significativas no comprimento do eixo longitudinal entre os grupos (CA-) e (HA-), com menor comprimento para o grupo (HA-) até a segunda semana. No entanto, ao chegar na terceira semana, essas diferenças não são mais observadas entre o comprimento do eixo longitudinal do grupo (HA-) comparado ao (CA-). Esses dados corroboram o conceito de *catch-up growth* (Oke; Sohi; Hardy, 2020), que se baseia nas respostas compensatórias do "fenótipo econômico", no qual há um aumento anormal do desenvolvimento de diferentes órgãos e tecidos para atenuar os déficits do período de gestação e lactação, o chamado 'capital materno'. O *catch-up growth* tende a ocorrer no período pós-lactação (Ramadan; Alshiraihi; Al-Karim, 2012), no mesmo período em que o comprimento do eixo longitudinal entre os grupos (CA-) e (HA-), mostrando o início do *catch-up growth* do grupo hipoproteico para compensar os insultos dados no período crítico do desenvolvimento.

Quanto aos achados do comprimento da tíbia, não foram observadas diferenças significativas entre nenhum dos grupos (CA+), (CA-), (HA+) e (HA-). Este achado corrobora o trabalho de Lanham *et al.* (2020), que não observaram diferenças no comprimento do osso entre os grupos com baixa proteína na dieta e controle devido a mecanismos compensatórios de "*catch-up growth*", mas observou diferenças na composição, estrutura e força. O presente trabalho corrobora os achados de Kanakis *et al.* (2020), que analisaram o comprimento da tíbia e da vértebra L5 do grupo hipoproteico e controle e não encontrou diferenças significativas, mas houve diferenças na composição da microarquitetura óssea e na rede trabecular.

A partir dos atuais achados podemos verificar que não há diferença significativa entre os grupos (CA+), (CA-), (HA+) e (HA-) na velocidade média (Km/h), distância percorrida (Km) e tempo (min) nas duas primeiras semanas. Tais achados não corroboram os achados de outro estudo na literatura (Leszczynski; Visker; Ferguson, 2019), que observou menor tempo médio de duração de corrida no grupo hipoproteico em comparação com o grupo controle. Além do tempo de corrida, a velocidade média foi menor no grupo hipoprotéico em relação ao grupo controle. No entanto, corrobora os resultados de (Pendergrast *et al.*, 2020), que não observaram diferenças significativas da dieta no nível de atividade física voluntária nem no volume total de corrida.

A mudança na última semana, na qual o grupo (HA-) teve maior distância percorrida que o grupo (CA-) corroboram os achados do comprimento do eixo longitudinal que teve uma mudança no desenvolvimento por causa do *catch up growth*. No caso da velocidade, os animais do grupo hiperprotéico começam a ter um maior nível de atividade física voluntária na última

semana. Tais dados podem ter sua explicação nas mudanças mitocondriais no sistema nervoso central da prole, cuja mãe teve uma dieta hipoproteica. Essas mudanças estimulam o sistema nervoso autônomo simpático e consequente hiperativação do comportamento ansioso (Lagranha *et al.*, 2018). Tendo em vista isso as discordâncias de resultados desta pesquisa podem ter ocorrido devido ao tempo de intervenção do atual estudo e um pequeno número amostral.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, pode-se afirmar que a restrição proteica durante a gestação e lactação provocou redução no crescimento longitudinal, mas não no comprimento do osso tíbia. E parece que a atividade física voluntária atenuou a diminuição do crescimento, e não teve repercussões no comprimento da tíbia. No entanto, é necessário um maior número de animais para conclusões mais robustas em pesquisas futuras, a fim de determinar as influências da dieta materna e da atividade física voluntária.

REFERÊNCIAS

- BOZZINI, C.; CHAMPIN G. M.; BOZZINI, C. E.; ALIPPI, R. M. Growth inhibition in rats fed inadequate and incomplete proteins: repercussion on mandibular biomechanics. **Acta Odontol Latinoam**, v. 26, n.1, p. 43-53, 2013. Disponível em: [ACTA-1-2013-final 3-2011](#). Acesso em: 18 mar. 2025.
- FETOUI, H; MAHJOUBI-SAMET, A.; GUERMAZI, F.; ZEGHAL, N. Maternal low-protein diet affects bone mass and mineral metabolism in suckling rats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 92, n. 4, p. 448-455, ago. 2008. Disponível em: [Maternal low-protein diet affects bone mass and mineral metabolism in suckling rats - Fetoui - 2008 - Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition - Wiley Online Library](#). Acesso em: 11 mar. 2024.
- FERREIRA, D. S.; LIU, Y.; PINHEIRO, M. F.; LAGRANHA, C. J. Perinatal low-protein diet alters brainstem antioxidant metabolism in adult offspring. **Nutritional Neuroscience**, v. 19, n. 8, p. 369-375, 2 jun. 2015. Disponível em: [Perinatal low-protein diet alters brainstem antioxidant metabolism in adult offspring: Nutritional Neuroscience: Vol 19 , No 8 - Get Access](#). Acesso em: 11 mar. 2024.
- GLUCKMAN, P. D.; HANSON, M. A. The developmental origins of the metabolic syndrome. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v. 15, n. 4, p. 183-187, maio 2004. Disponível em: [The developmental origins of the metabolic syndrome: Trends in Endocrinology & Metabolism](#). Acesso em: 11 mar. 2024.
- HALES, C. N; BARKER, D. J. P. The thrifty phenotype hypothesis. **British Medical Bulletin**, v. 60, n. 1, p. 5-20, 1 nov. 2001. Disponível em: <https://academic.oup.com/bmb/article-abstract/60/1/5/322752?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 11 mar. 2024.
- HOFMAN, P. L.; CUTFIELD W. S.; ROBINSON E. M.; BERGMAN R. N.; MENON R. K.; SPERLING, M. A.; GLUCKMAN, P. D. Insulin resistance in short children with intrauterine growth retardation1. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 82, n. 2, p. 402-406, fev. 1997. Disponível em: [Insulin Resistance in Short Children with Intrauterine Growth Retardation* | The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism | Oxford Academic](#). Acesso em: 11 mar. 2024.
- KANAKIS, I.; ALAMEDDINE, M.; SCALABRIN, M.; HOF, R. J. V.; LILOGLOU, T.; OZANNE, S. E.; GOLJANEK-WHYSALL, K.; VASILAKI, A. Low protein intake during reproduction compromises the recovery of lactation-induced bone loss in female mouse dams without affecting skeletal muscles. **FASEB Journal**, v. 34, n. 9, p. 11844-11859, 11 jul. 2020. Disponível em: [Low protein intake during reproduction compromises the recovery of lactation-induced bone loss in female mouse dams without affecting skeletal muscles - Kanakis - 2020 - The FASEB Journal - Wiley Online Library](#). Acesso em: 11 mar. 2024.
- LAGRANHA, C. J., SILVA, T. L. A., SILVA, S. C. A., BRAZ, G. R. F., SILVA, A. I., FERNANDES, M. P., SELLITTI, D. F. Protective effects of estrogen against cardiovascular disease mediated via oxidative stress in the brain. **Life Sciences**, v. 192, p. 190-198, 1 jan. 2018. Disponível em: [Protective effects of estrogen against cardiovascular disease mediated via oxidative stress in the brain - ScienceDirect](#). Acesso em: 18 mar. 2025.

LANHAM, S. A.; SMITH, S. J.; WATKINS, A. J.; LUCAS, E. S.; MACCAOILTE, N.; OREFFO, R. O. C.; FLEMING, T. P.; ECKERT J. J. Periconception maternal low-protein diet adversely affects male mouse fetal bone growth and mineral density quality in late gestation. **Journal of Developmental Origins of Health and Disease**, v. 12, n. 3, p. 384-395, 2021. Disponível em: [Periconception maternal low-protein diet adversely affects male mouse fetal bone growth and mineral density quality in late gestation | Journal of Developmental Origins of Health and Disease | Cambridge Core](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

LESZCZYNSKI, E. C.; VISKER, J. R.; FERGUSON, D. P. The effect of growth restriction on voluntary physical activity engagement in mice. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 51, n. 11, p. 2201-2209, 2019. Disponível em: [Medicine & Science in Sports & Exercise](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

LUND-ANDERSEN, H. Transport of glucose from blood to brain. **Physiological Reviews**, v. 59, n. 2, p. 305-352, abr. 1979. Disponível em: [Transport of glucose from blood to brain. | Physiological Reviews | American Physiological Society](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

NOGUEIRA, V. O.; ANDRADE, L. D. S.; ROCHA-JUNIOR, R. L.; MELO, P. E. D.; HELVÉCIO, E.; FONTES, D. A. F.; ROMÃO, T. P.; LEANDRO, C. G.; COSTA-SILVA, J. H. Maternal physical activity prevents the overexpression of hypoxia-inducible factor 1- α and cardiorespiratory dysfunction in protein malnourished rats. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 14406, 2019. Disponível em: [Maternal physical activity prevents the overexpression of hypoxia-inducible factor 1- \$\alpha\$ and cardiorespiratory dysfunction in protein malnourished rats | Scientific Reports](#). Acesso em: 12 mar. 2024.

OKE, S. L.; SOHI, G.; HARDY, D. B Perinatal protein restriction with postnatal catch-up growth leads to elevated p66Shc and mitochondrial dysfunction in the adult rat liver. **Reproduction**, v. 159, n. 1, p. 27-39, jan. 2020. Disponível em: [Perinatal protein restriction with postnatal catch-up growth leads to elevated p66Shc and mitochondrial dysfunction in the adult rat liver in: Reproduction Volume 159 Issue 1 \(2020\)](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

PENDERGRAST, L. A.; LESZCZYNSKI, E. C.; VISKER, J. R.; TRIPLETT, A. N.; FERGUSON, D. P. Early life undernutrition reduces maximum treadmill running capacity in adulthood in mice. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 45, n. 3, p. 240-250, mar. 2020. Disponível em: [Early life undernutrition reduces maximum treadmill running capacity in adulthood in mice - PubMed](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

PEDERSEN, B. K. Physical activity and muscle–brain crosstalk. **Nature Reviews Endocrinology**, v. 15, n. 7, p. 383-392, 5 mar. 2019. Disponível em: [Physical activity and muscle–brain crosstalk | Nature Reviews Endocrinology](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

RAMADAN, W. S.; ALSHIRAIHI, I.; AL-KARIM, S. Effect of maternal low protein diet during pregnancy on the fetal liver of rats. **Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger**, v. 195, n. 1, p. 68-76, jan. 2013. Disponível em: [Effect of maternal low protein diet during pregnancy on the fetal liver of rats - ScienceDirect](#). Acesso em: 11 mar. 2024.

WEYH, C.; KRÜGER, K.; STRASSER, B. Physical activity and diet shape the immune system during aging. **Nutrients**, v. 12, n. 3, p. 622, 28 fev. 2020. Disponível em: [Physical Activity and Diet Shape the Immune System during Aging](#). Acesso em: 11 mar. 2024.