

Variações metabólicas e endócrinas de cachaaos híbridos (Landrace x Large White) durante o primeiro ano de vida e sua relação com o estabelecimento da puberdade

Metabolic and endocrine changes of hybrid boars (Landrace x Large White) during the first year of life and its relation to the establishment of puberty

Viviane Rohrig RABASSA¹; Josiane de Oliveira FEIJÓ¹; Rubens Alves PEREIRA¹; Diego Andres Velasco ACOSTA¹; Lucas Teixeira HAX¹; Arthur de Castro Jorge SILVA¹; Aline Marangon de OLIVEIRA¹; Eduardo SCHMITT²; Francisco Augusto Burkert Del PINO¹; Ivan BIANCHI¹; Marcio Nunes CORRÊA¹

¹ Núcleo de Pesquisa, Ensino e Extensão em Pecuária (NUPEEC), Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, Brasil

² EMBRAPA – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, Brasil

Resumo

Foram investigadas as variações em parâmetros metabólicos e endócrinos de suínos machos durante o primeiro ano de vida e sua relação com a puberdade. Foram utilizados seis suínos acompanhados, de 22 a 360 dias de idade, com pesagens corporais e coletas de sangue a cada sete dias para avaliação dos níveis séricos de glicose, insulina, colesterol, albumina, ureia, cálcio, fósforo, aspartato aminotransferase (AST), gama glutamiltransferase (GGT), ácidos graxos não esterificados (NEFA) e testosterona. A partir do ganho de peso e níveis de testosterona foram estabelecidos três períodos: pré-puberdade (1-5 meses de idade); puberdade (6-9 meses de idade); pós-puberdade (10-12 meses de idade), em que os níveis de testosterona foram de $0,6 \pm 0,1$ ng/mL, $1,8 \pm 0,2$ ng/mL e $1,8 \pm 0,2$ ng/mL, respectivamente ($P < 0,0001$). Foi observada correlação positiva entre a testosterona e níveis de albumina, idade e peso corporal, e correlação negativa entre testosterona e os níveis de cálcio, GGT e glicose. Os níveis de glicose diminuíram ao longo do desenvolvimento ($P < 0,0001$), e os níveis de NEFA foram maiores em pré-púberes ($P = 0,01$). A enzima GGT teve diminuição dos seus níveis a partir da puberdade ($P < 0,0001$), e a AST teve seus menores níveis na puberdade ($P = 0,0003$). A albumina apresentou maiores níveis durante a puberdade ($P < 0,0001$) e a ureia no período pós-puberdade ($P < 0,0001$). Os níveis de cálcio e fósforo apresentaram menores níveis no período pós-puberdade ($P < 0,0001$). Assim, a puberdade representa um período de flutuação nos níveis de marcadores metabólicos de suínos machos híbridos, devido ao efeito da testosterona sobre o metabolismo energético, proteico e mineral.

Palavras-chave: Cachaço metabolismo. Puberdade. Testosterona.

Abstract

The present study investigated changes in endocrine and metabolic parameters in male pigs during the first year of life and its relation with the puberty. Six male pigs of 22 at 360 days of age were used in this study. Body weights and blood collection were performed every seven days for evaluation of serum glucose, insulin, cholesterol, albumin, urea, calcium, phosphorus, aspartate aminotransferase (AST), gamma glutamyltransferase (GGT), non-esterified fatty acids (NEFA) and testosterone. From the weight gain and testosterone levels were established three periods: prior to puberty (1-5 months old); puberty (6-9 months old); postpubertal (10-12 months old). During these periods testosterone levels were 0.6 ± 0.1 ng/mL, 1.8 ± 0.2 ng/mL and 1.8 ± 0.2 ng/mL, respectively ($P < 0.0001$). Positive correlation was observed between testosterone levels and albumin levels, age and body weight, and a negative correlation between testosterone levels and calcium, glucose and GGT. Glucose levels decreased throughout development ($P < 0.0001$) whereas NEFA levels were higher in pre-pubertal ($P = 0.01$). The enzyme GGT levels had decreased from puberty ($P < 0.0001$), and AST had their lowest levels at puberty ($P = 0.0003$). Albumin showed higher levels during puberty ($P < 0.0001$). The urea values were stable until puberty, and increased post-puberty ($P < 0.0001$). The levels of calcium and phosphorus levels had lower post-puberty ($P < 0.0001$). Thus, puberty is a period of fluctuation in the levels of metabolic markers of hybrid male pigs due to the effect of testosterone on energy, protein and mineral metabolism.

Keywords: Boar. Metabolism. Puberty. Testosterone.

Introdução

Determinar as exigências nutricionais das diferentes categorias é de fundamental importância para a exploração racional da produção suína no Brasil. Como ferramenta de monitoramento da eficiência de uma dieta pode ser utilizada a determinação do perfil metabólico, o qual pode ser definido como a quantidade de nutrientes e energia disponíveis para as funções orgânicas de um animal durante um período de tempo, sendo seu equilíbrio fundamental para a manutenção das funções reprodutivas (ZHANG et al., 2005; CORRÊA; GONZÁLEZ; SILVA, 2010).

Em animais em crescimento, um adequado desenvolvimento corporal é obtido a partir de uma dieta equilibrada, é fundamental para a determinação do momento da ocorrência da puberdade (BRITO et al., 2007a). Em bovinos machos, o período de estabelecimento da puberdade foi caracterizado pelo aumento nas concentrações sanguíneas de leptina, insulina, hormônio do crescimento e fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-I), que são hormônios metabólicos diretamente relacionados com o desenvolvimento corporal. Esses hormônios apresentam efeitos diretos e indiretos sobre a atividade gonadal, com influência sobre a produção de testosterona, de forma independente dos níveis do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), hormônio luteinizante (LH) e hormônio folículo estimulante (FSH) (BRITO et al., 2007b).

A testosterona, por sua vez, também apresenta efeitos sobre o metabolismo animal, o que causa variações no perfil metabólico de acordo com a idade e sexo. A indução de deficiência de testosterona, através de castração, foi associada à hiperfagia, obesidade e distúrbios no metabolismo da glicose (CHRISTOFFERSEN et al., 2010), enquanto a suplementação de testosterona diminui a deposição de gordura corporal e aumenta a massa muscular (ARVER, 2008), podendo-se medir a intensidade destes efeitos pela determinação do perfil energético e proteico (CORRÊA; GONZÁLEZ; SILVA, 2010).

Correspondência para:

Viviane Rohrig Rabassa
Universidade Federal de Pelotas, Campus do Capão do Leão, s/n.
Faculdade de Veterinária, NUPEEC, sala 8A
Pelotas, RS, Brasil
CEP 96010-900
e-mail: nupeec@gmail.com

Recebido: 22/07/2013

Aprovado: 28/08/2013

O monitoramento do status metabólico e o seu emprego como ferramenta para otimizar o desempenho animal, exige o estabelecimento de valores de referência para cada categoria animal. Um grande número de marcadores metabólicos já foi estudado em várias espécies, tais como: glicose, ácidos graxos não esterificados (NEFA), colesterol, ureia, entre outros (KIM; SUH, 2003; ROOS et al., 2008; MOALLEM et al., 2012), porém, existem poucas informações sobre seus parâmetros para machos suínos não castrados. Ainda, as exigências nutricionais de cachos costumam ser negligenciadas, sendo fornecido a estes animais dietas baseadas nas necessidades de matrizes, causando grande taxa de descarte de machos por excessivo ganho de peso, o que prejudica o desempenho produtivo e reprodutivo do rebanho (CLOSE; ROBERTS, 1993). Isso torna ainda mais importante o estabelecimento de valores metabólicos de referência para cada categoria de suínos.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo determinar as variações em parâmetros metabólicos (energético, proteico, mineral e enzimático) e hormonais de suínos híbridos (Landrace x Large White) durante o primeiro ano de vida e sua relação com o estabelecimento da puberdade.

Material e Métodos

Todos os procedimentos realizados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (CEEA 6574).

Animais

Foram utilizados seis suínos machos F1 com 22 dias de idade (após o desmame), obtidos do cruzamento entre as raças Landrace e Large White, os quais foram monitorados até 360 dias de idade. Os machos foram criados em uma baía coletiva até a fase de crescimento (até 150 dias de idade) e em baias individuais durante a fase de reprodução (de 151 a 360 dias de idade), com livre acesso a água e alimento. A dieta fornecida aos animais em cada fase de crescimento está descrita na Tabela 1, estando de acordo com o NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1998).

A pesagem dos animais foi realizada em intervalos de sete dias, dos 22 aos 360 dias de idade.

Coletas de sangue e análises metabólicas

Foram realizadas coletas de sangue através de punção venosa a cada sete dias, de 22 a 360 dias de idade (49 coletas). Amostras de soro foram obtidas após centrifugação a 3000 x g por 15 minutos e armazenadas em temperatura de -80°C até a realização das análises.

Foram determinados os níveis séricos de glicose, colesterol, albumina, ureia, cálcio, fósforo, aspartato aminotransferase (AST), gama glutamiltransferase (GGT) (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil) e NEFA (NEFA – Wako Diagnostics, USA) por foto-

colorimetria. O coeficiente de variação de todas as análises foi menor que 10%.

Os níveis de testosterona foram determinados por imunoenensaio ELISA (Testosterone, Human GmBh, Alemanha), com coeficiente de variação intra e interensaio de 10,6% e 7,2%, respectivamente.

Os níveis de insulina foram determinados por imunoenensaio ELISA (Insulin, Human GmBh, Alemanha), com coeficiente de variação intra e interensaio de 7,3% e 6,4%, respectivamente.

Análise estatística

A análise estatística utilizou o programa Statistical Analysis System (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), empregando análise de variância com medidas repetidas para comparação do peso corporal, níveis hormonais (testosterona e insulina), perfil energético (glicose, colesterol e NEFA), proteico (albumina e ureia), mineral (cálcio e fósforo) e enzimático (AST e GGT) nas diferentes idades (meses). Os níveis de testosterona e os parâmetros metabólicos foram submetidos a análise de correlação. Os resultados foram agrupados de acordo com os níveis de testosterona e peso corporal em período pré-puberdade (1 a 5 meses de idade), período de estabelecimento da puberdade (6 a 9 meses de idade) e período pós-puberdade (10 a 12 meses de idade).

Tabela 1 - Composição das dietas utilizadas em suínos de 22 a 360 dias de idade – Pelotas – 2013

Composição	Dietas				
	Pré-inicial ^a	Inicial 1 ^b	Inicial 2 ^c	Crescimento ^d	Reprodução ^e
Ingrediente					
Açúcar (%)	2,0	2,0	3,0	-	-
Milho (%)	43,6	50,9	61,6	70,0	57,0
Farelo de soja (%)	24,4	27,0	32,4	26,0	12,0
Farelo de trigo (%)	-	-	-	-	27,0
Sulfato de colistina (%)	-	0,05	-	-	-
Núcleo vitamínico-mineral (%)	30,0	20,0	3,0	4,0	4,0

^aDieta fornecida de 22 a 30 dias de idade; ^bDieta fornecida de 31 a 42 dias de idade; ^cDieta fornecida de 43 a 63 dias de idade; ^dDieta fornecida de 64 a 150 dias de idade; ^eDieta fornecida de 151 a 360 dias de idade.

Resultados

Os animais apresentaram significativo ganho de peso entre os meses avaliados ($P < 0,05$), com exceção das idades de nove e 10 meses e de 11 e 12 meses, os quais não diferiram entre si ($P > 0,05$), demonstrando uma estabilização do peso corporal após os nove meses de idade (Figura 1).

A partir dos resultados de ganho de peso, associado aos níveis de testosterona (Figura 1), o período pré-puberdade foi caracterizado pelos meses que antecederam o pico nos níveis de testosterona (um a cinco meses de idade). Já o período de estabelecimento da puberdade foi determinado pelos níveis crescentes de testosterona (seis a nove meses de idade), enquanto no período pós-

puberdade houve estabilização dos níveis de testosterona e do peso corporal (10 a 12 meses de idade).

Os níveis de testosterona e parâmetros metabólicos, com exceção do colesterol e insulina, diferiram entre os períodos em relação ao estabelecimento da puberdade (Tabela 2). A testosterona sérica apresentou aumento em seus níveis a partir dos seis meses de idade, permanecendo elevada a partir deste período ($P < 0,0001$; Tabela 2). Quanto à correlação entre os níveis de testosterona e os parâmetros avaliados, estes podem ser constatados na Tabela 3, sendo observada correlação positiva entre níveis de testosterona e níveis de albumina, idade e peso corporal, e correlação negativa entre testosterona e os níveis de cálcio e glicose.

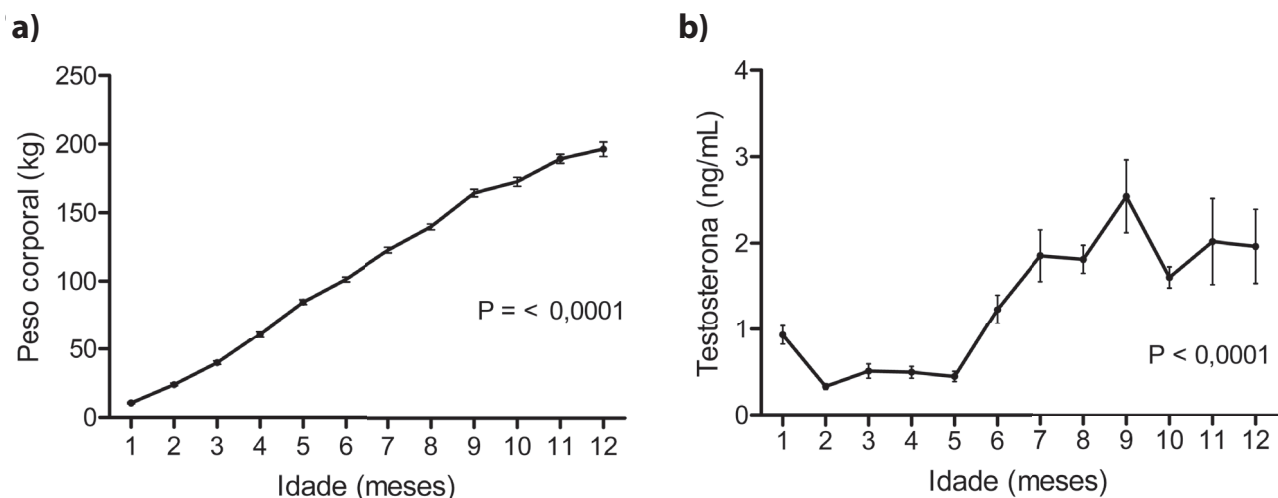


Figura 1 - Peso corporal (a) e níveis séricos de testosterona (b; média \pm erro-padrão da média) de suínos machos durante o primeiro ano de vida - Pelotas - 2013

Valores que deram origem aos gráficos:

a)

Idade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Média	9,1	22,5	38,5	59,9	83,3	99,8	121,2	140,2	164,8	173,1	189,7	196,8
Erro-padrão	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5

b)

Idade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Média	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	1,2	1,8	1,8	2,4	1,6	2,0	1,9
Erro-padrão	0,1	0,03	0,08	0,07	0,06	0,16	0,3	0,16	0,41	0,12	0,5	0,41

Tabela 2 - Níveis de testosterona e parâmetros metabólicos (média ± erro-padrão da média) de suínos machos em diferentes períodos em relação ao estabelecimento da puberdade – Pelotas – 2013

Parâmetro	Período									Valor de P
	Pré-puberdade ¹			Puberdade ²			Pós-puberdade ³			
	Média (± EPM)	Mínimo	Máximo	Média (± EPM)	Mínimo	Máximo	Média (± EPM)	Mínimo	Máximo	
Testosterona (ng/mL)	0,6 ± 0,1 ^a	0,2	0,9	1,8 ± 0,2 ^b	1,5	2,2	1,8 ± 0,2 ^b	1,4	2,2	< 0,0001
Insulina (ng/mL)	12,2 ± 2,8	6,2	18,2	14,8 ± 2,7	9,0	20,5	18,4 ± 3,8	10,6	26,1	0,38
Glicose (mg/dL)	91,9 ± 1,3 ^c	89,3	94,5	80,5 ± 1,4 ^b	77,7	83,4	75,0 ± 1,7 ^a	71,7	78,3	< 0,0001
Colesterol (mg/dL)	73,0 ± 2,3	68,1	78,0	79,4 ± 2,6	74,1	84,7	75,0 ± 3,0	68,9	81,1	0,14
NEFA (mmol/L) ⁴	19,6 ± 1,2 ^b	17,2	22,0	15,6 ± 1,1 ^a	13,5	17,7	14,9 ± 1,2 ^a	12,4	17,4	0,01
Ureia (mg/dL)	32,3 ± 1,2 ^a	29,7	34,9	32,2 ± 1,3 ^a	29,5	35,0	39,7 ± 1,5 ^b	36,5	42,8	< 0,0001
Albumina (g/dL)	3,2 ± 0,1 ^a	3,0	3,3	4,0 ± 0,1 ^c	3,9	4,1	3,7 ± 0,1 ^b	3,5	3,9	< 0,0001
AST (UI/L) ⁵	26,0 ± 1,4 ^b	23,0	29,1	20,1 ± 1,7 ^a	16,7	23,5	29,6 ± 1,9 ^b	25,8	33,4	0,0003
GGT (UI/L) ⁶	138,2 ± 17,6 ^b	97,4	179,0	94,8 ± 17,9 ^a	53,8	135,8	82,2 ± 18,8 ^a	40,3	124,1	< 0,0001
Cálcio (mg/dL)	11,7 ± 0,1 ^b	11,4	11,9	11,5 ± 0,1 ^b	11,3	11,7	10,8 ± 0,1 ^a	10,6	11,1	< 0,0001
Fósforo (mg/dL)	8,3 ± 0,1 ^b	8,0	8,7	9,0 ± 0,2 ^c	8,7	9,4	6,8 ± 0,2 ^a	6,3	7,2	< 0,0001

^{a,b} Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre médias ($P < 0,05$).

¹ Um a cinco meses de idade; ² Seis a nove meses de idade; ³ 10 a 12 meses de idade; ⁴ NEFA: Ácidos graxos não esterificados; ⁵ AST: Aspartato aminotransferase;

⁶ GGT: Gama glutamiltransferase.

Tabela 3 - Correlação entre os níveis de testosterona e parâmetros metabólicos, idade e peso corporal de suínos machos durante o primeiro ano de vida – Pelotas – 2013

Parâmetro	Testosterona	
	Correlação (r)	Valor de P
Idade	0,42	< 0,0001
Peso corporal	0,42	< 0,0001
Insulina	0,23	0,13
Glicose	-0,15	0,01
Colesterol	0,06	0,29
NEFA ¹	-0,13	0,27
Ureia	0,08	0,17
Albumina	0,18	0,003
AST ²	-0,07	0,23
GGT ³	-0,11	0,07
Cálcio	-0,15	0,03
Fósforo	-0,007	0,91

¹ NEFA: Ácidos graxos não esterificados; ² AST: Aspartato aminotransferase;

³ GGT: Gama glutamiltransferase.

Os níveis de glicose diminuíram ao longo do desenvolvimento (Figura 2), apresentando os menores valores no período pós-puberdade ($P < 0,0001$), enquanto os níveis de NEFA foram maiores no período pré-puberdade e depois decresceram ($P = 0,01$). A mesma resposta foi observada nos níveis de GGT,

com diminuição dos níveis séricos a partir do estabelecimento da puberdade ($P < 0,0001$). Porém, os níveis de AST apresentaram uma resposta diferente, com seus menores valores no período de puberdade ($P = 0,0003$; Tabela 2).

Quanto aos parâmetros relacionados ao metabolismo proteico, a albumina apresentou flutuação ao longo dos diferentes períodos, com seus maiores níveis durante o estabelecimento da puberdade ($P < 0,0001$), enquanto a ureia apresentou valores estáveis até a puberdade, aumentando seus níveis séricos no período pós-puberdade ($P < 0,0001$; Tabela 2).

Os níveis de cálcio e fósforo apresentaram seus menores níveis no período pós-puberdade, sendo que o fósforo apresentou um incremento significativo em seus níveis séricos durante o estabelecimento da puberdade ($P < 0,0001$; Tabela 2).

Discussão

A grande variação no ganho de peso de suínos jovens, decorre do seu rápido crescimento e influencia os parâmetros do perfil metabólico da espécie. Tal condição torna necessário o estabelecimento dos

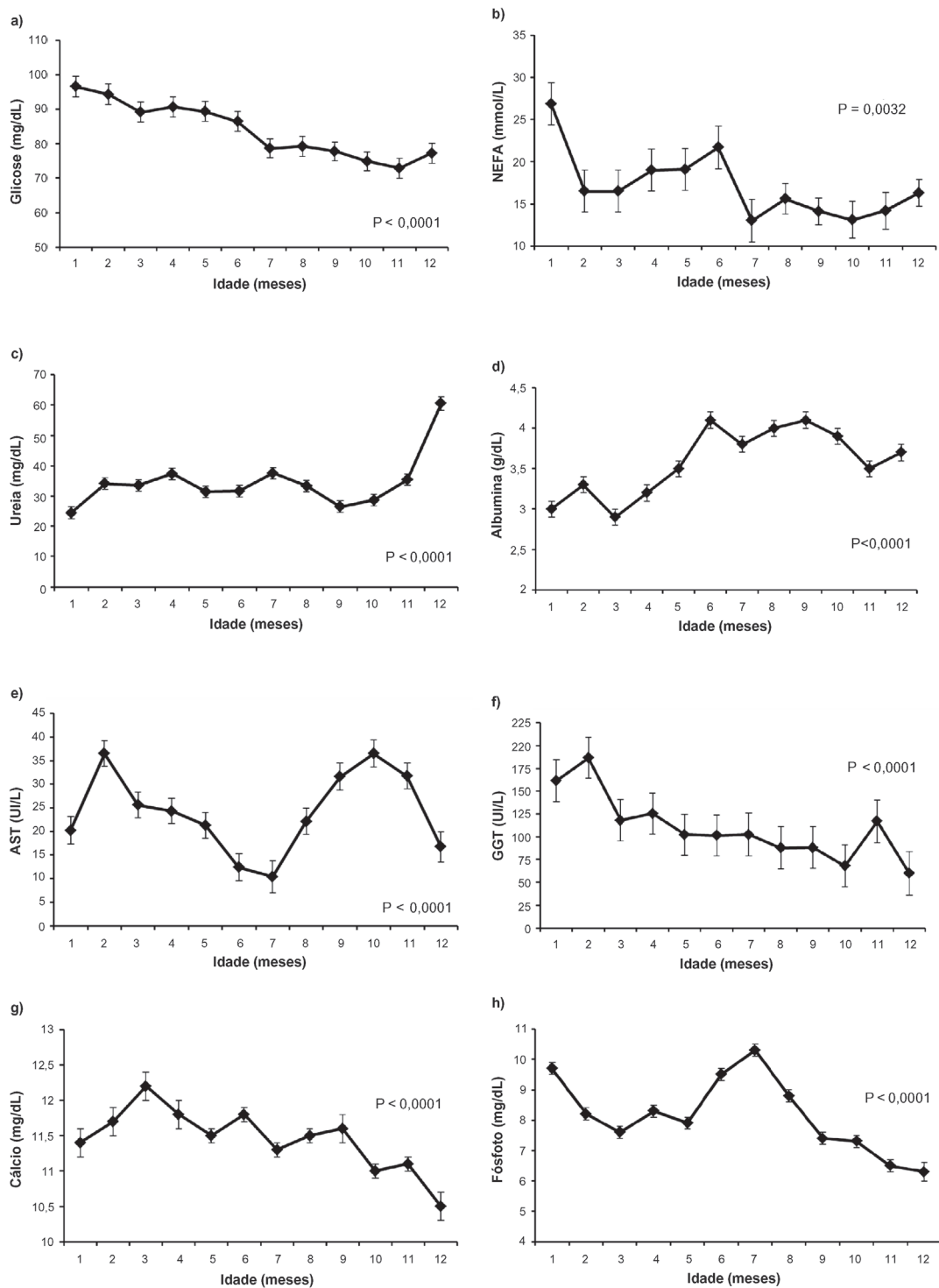


Figura 2 - Parâmetros metabólicos (média e erro-padrão da média) de suínos machos híbridos durante o primeiro ano de vida – Pelotas – 2013.

Legenda: a) Glicose (mg/dL); b) NEFA (ácidos graxos não esterificados; mmol/L); c) Ureia (mg/dL); d) Albumina (g/dL); e) AST (aspartato aminotransferase; UI/L); f) GGT (gama glutaril transferase; UI/L); g) Cálcio (mg/dL); h) Fósforo (mg/dL).

níveis de referência para cada fase do desenvolvimento, como finalizado no presente trabalho. Essa situação se torna ainda mais importante quando se tratam de machos não castrados, nos quais os hormônios reprodutivos, como a testosterona, interferem com as funções metabólicas (MUDALI; DOBS, 2004).

A testosterona apresenta diversos efeitos sobre o metabolismo de machos, diminuindo a deposição de gordura corporal e favorecendo o anabolismo proteico (MAURAS et al., 2003). Altos níveis de testosterona são responsáveis pelo aumento na expressão de receptores para insulina, aumento da ligação da insulina ao seu receptor e oxidação da glicose nas células hepáticas (PARTHASARATHY; RENUKA; BALASUBRAMANIAN, 2009), o que justifica a diminuição nos níveis de glicose durante o estabelecimento da puberdade e após a puberdade observados no presente trabalho apresentando correlação negativa com os níveis de testosterona ($r = -0,15$; $P = 0,01$), porém, não houve diferença entre os períodos avaliados quanto aos níveis de insulina que apresentaram ausência de correlação com os níveis de testosterona ($P = 0,13$).

Os maiores níveis de NEFA observados no período pré-puberdade podem ser explicados parcialmente pelos menores níveis de testosterona neste período, concordando com os resultados obtidos por Hafidi et al. (2006), que observaram a ocorrência de obesidade e aumento nos níveis circulantes de NEFA em ratos com baixos níveis de testosterona, porém, não foi observada correlação entre estes parâmetros neste estudo ($P = 0,27$). Os maiores níveis de NEFA no período pré-puberdade também podem justificar os níveis mais altos de GGT neste mesmo período, em comparação à puberdade, pois o maior aporte de NEFA provavelmente acarretou uma maior atividade hepática (GONZALEZ et al., 2011). Porém, os níveis de AST não apresentaram a mesma variação ao longo do período de crescimento.

Os altos níveis de hormônio do crescimento no período de estabelecimento da puberdade (MAURAS et al., 1996) são responsáveis pelo aumento da síntese

hepática de proteínas, como a albumina (FELDHOFF; TAYLOR; JEFFERSON, 1977), a qual esteve aumentada nos períodos de puberdade e pós-puberdade recente. A albumina é uma das principais proteínas séricas transportadoras de testosterona (DUNN; NISULA; RODBARD, 1981), o que justifica o seu aumento neste período peri-puberdade e sua correlação positiva com este hormônio ($r = 0,18$; $P = 0,003$). Já o aumento nos níveis de ureia, observado no período pós-puberdade, contraria os resultados obtidos por Soliman e Oreopoulos (1994) e Mauras (1999), em que o anabolismo proteico causado pelos crescentes níveis de testosterona foi acompanhado por diminuição dos níveis séricos de ureia. Os altos níveis de ureia observados no presente trabalho no período pós-puberdade provavelmente se devem ao menor aporte energético fornecido na dieta de reprodução, visto que neste período não é indicado o ganho de peso excessivo dos animais, e, sim, a sua manutenção, não apresentando correlação com os níveis de testosterona ($P = 0,17$). Ainda, a ureia é um parâmetro para determinar a utilização dos aminoácidos da dieta pelo suíno (FRAGA et al., 2008), a qual pode estar diminuída, devido ao menor aporte de energia na dieta de reprodução.

Quanto ao efeito da testosterona sobre o metabolismo mineral, este hormônio causa retenção de cálcio e aumento do seu fluxo para a formação óssea (ARISAKA et al., 1995; MAURAS, 1999). Isso justifica os menores níveis de cálcio na fase pós-puberdade, quando este mineral estaria sendo direcionado para o desenvolvimento ósseo, pelo estímulo da testosterona. Da mesma forma, os maiores níveis de fósforo foram observados nos períodos pré-puberdade e de estabelecimento da puberdade, confirmando a sua relação com o desenvolvimento ósseo pré-puberdade, como demonstrado por Root e Diamond (1993) e Fernández (1995), porém, não apresentando correlação com os níveis de testosterona ($P = 0,91$).

A constatação da influência da idade e dos consequentes níveis de testosterona sobre o metabolismo

energético, proteico e mineral de suínos machos híbridos, obtidos do cruzamento entre as raças Landrace e Large White, indica a necessidade de que esses fatores sejam considerados para a determinação de parâmetros metabólicos, bem como para a adequação de diferentes dietas.

Referências

- ARISAKA, O.; ARISAKA, M.; NAKAYAMA, Y.; FUJIWARA, S.; YABUTA, K. Effect of testosterone on bone density and bone metabolism in adolescent male hypogonadism. *Metabolism*, v. 44, n. 4, p. 419-423, 1995.
- ARVER, S. Testosterone and the metabolic syndrome. *Journal of Men's Health*, v. 5, p. 7-10, 2008.
- BRITO, L. F. C.; BARTH, A. D.; RAWLINGS, N. C.; WILDE, R. E.; CREWS JR., D. H.; MIR, P. S.; KASTELIC, J. P. Effect of improved nutrition during calffood on serum metabolic hormones, gonadotropins, and testosterone concentrations, and on testicular development in bulls. *Domestic Animal Endocrinology*, v. 33, n. 4, p. 460-469, 2007a.
- BRITO, L. F. C.; BARTH, A. D.; RAWLINGS, N. C.; WILDE, R. E.; CREWS JR., D. H.; MIR, P. S.; KASTELIC, J. P. Circulating metabolic hormones during the peripubertal period and their association with testicular development in bulls. *Reproduction in Domestic Animals*, v. 42, n. 5, p. 502-508, 2007b.
- CHRISTOFFERSEN, B. O.; GADE, L. P.; GOLOZOUBOVA, V.; SVENDSEN, O.; RAUN, K. Influence of castration-induced testosterone and estradiol deficiency on obesity and glucose metabolism in male Göttingen minipigs. *Steroids*, v. 75, n. 10, p. 676-684, 2010.
- CLOSE, W. H.; ROBERTS, F. G. Nutrition of the working boar. In: COLE, D. J. A.; HARESINH, W.; GARNSWORTHY, P. C. *Recent developments in pig nutrition*. 2. ed. Nottingham: Nottingham University Press, 1993. p. 347-368.
- CORRÊA, M. N.; GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. *Transtornos metabólicos nos animais domésticos*. Pelotas: Ed. Universitária PREC/UFPEL, 2010. 522 p.
- DUNN, J. F.; NISULA, B. C.; RODBARD, D. Transport of steroid hormones: binding of 21 endogenous steroids to both testosterone-binding globulin and corticosteroid-binding globulin in human plasma. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, v. 53, n. 1, p. 58-68, 1981.
- FELDHOF, R. C.; TAYLOR, J. M.; JEFFERSON, L. S. Synthesis and secretion of rat albumin in vivo, in perfused liver, and in isolated hepatocytes – effects of hypophysectomy and growth hormone treatment. *The Journal of Biological Chemistry*, v. 252, n. 11, p. 3611-3616, 1977.
- FERNÁNDEZ, J. A. Calcium and phosphorus metabolism in growing pigs. I. Absorption and balance studies. *Livestock Production Science*, v. 41, n. 3, p. 233-241, 1995.
- FRAGA, A. L.; MOREIRA, I.; FURLAN, A. C.; BASTOS, A. O.; OLIVEIRA, R. P.; MURAKAMI, A. E. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 51, n. 1, p. 49-56, 2008.
- GONZALEZ, F. D.; MUIÑO, R.; PEREIRA, V.; CAMPOS, R.; BENEDITO, J. L. Relationship among blood indicators of lipomobilization and hepatic function during early lactation in high-yielding dairy cows. *Journal of Veterinary Science*, v. 12, n. 3, p. 251-255, 2011.
- HAFIDI, M. E.; PÉREZ, I.; CARRILLO, S.; CARDOSO, G.; ZAMORA, J.; CHAVIRA, R.; BAÑOS, G. Effect of sex hormones on non-esterified fatty acids, intra-abdominal fat accumulation, and hypertension induced by sucrose diet in male rats. *Clinical and Experimental Hypertension*, v. 28, n. 8, p. 669-681, 2006.
- KIM, I-H.; SUH, G-H. Effect of the amount of body condition loss from the dry to near calving periods on the subsequent body condition change, occurrence of postpartum diseases, metabolic parameters and reproductive performance in Holstein dairy cows. *Theriogenology*, v. 60, n. 8, p. 1445-1456, 2003.
- MAURAS, N. Growth hormone, insulin-like growth factor I and sex hormones: effects on protein and calcium metabolism. *Acta Paediatrica*, v. 88, n. 433, p. 81-83, 1999.
- MAURAS, N.; RINI, A.; WELCH, S.; SAGER, B.; MURPHY, S. P. Synergistic effects of testosterone and growth hormone on protein metabolism and body composition in prepubertal boys. *Metabolism*, v. 52, n. 8, p. 964-969, 2003.
- MAURAS, N.; ROGOL, A. D.; HAYMOND, M. W.; VELDHUIS, J. D. Sex steroids, growth hormone, insulin-like growth factor-1: neuroendocrine and metabolic regulation in puberty. *Hormone Research*, v. 45, n. 1-2, p. 74-80, 1996.
- MOALLEM, U.; ROZOV, A.; GOOTWINE, E.; HONIG, H. Plasma concentrations of key metabolites and insulin in late-pregnant ewes carrying 1 to 5 fetuses. *Journal of Animal Science*, v. 90, n. 1, p. 318-324, 2012.
- MUDALI, S.; DOBS, A. S. Effects of testosterone on body composition of the aging male. *Mechanisms of Ageing and Development*, v. 125, n. 4, p. 297-304, 2004.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient requirements of swine*: 10th rev. ed., Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1998, 210 p.
- PARTHASARATHY, C.; RENUKA, V. N.; BALASUBRAMANIAN, K. Sex steroids enhance insulin receptors and glucose oxidation in Chang liver cells. *Clinica Chimica Acta*, v. 399, n. 1-2, p. 49-53, 2009.
- ROOS, T. B.; VENDRAMIN, L.; SCHWEGLER, E.; GOULART, M. A.; QUEVEDO, P. S.; SILVA, V. M.; VERDE, P. M. L.; DEL PINO, F. A. B.; TIMM, C. D.; GIL-TURNES, C.; CORRÊA, M. N. Avaliação de parâmetros do perfil metabólico e do leite em diferentes categorias de vacas leiteiras da raça Jersey em rebanhos do Sul do Rio Grande do Sul. *Veterinária em Foco*, v. 5, n. 2, p. 121-130, 2008.
- ROOT, A. W.; DIAMOND JR., F. B. Disorders of calcium and phosphorus metabolism in adolescents. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, v. 22, n. 3, p. 573-592, 1993.
- SOLIMAN, G.; OREOPOULOS, D. G. Anabolic steroids and malnutrition in chronic renal failure. *Peritoneal Dialysis International*, v. 14, n. 4, p. 362-365, 1994.
- ZHANG, S.; BLACHE, D.; BLACKBERRY, M. A.; MARTIN, G. B. Body reserves affect the reproductive endocrine responses to an acute change in nutrition in mature male sheep. *Animal Reproduction Science*, v. 88, n. 3-4, p. 257-269, 2005.

Conclusões

O estabelecimento da puberdade é um período de flutuação nos níveis de marcadores metabólicos de suínos machos híbridos, devido ao efeito da testosterona sobre o metabolismo energético, proteico e mineral dos animais.