INFLUENCIA DEL APORTE DE FÓSFORO EN LA DIETA DE CERDOS HEMBRA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TIBIA Y EL FÉMUR EVALUADAS MEDIANTE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

Sousa[1], R., Brun[1], A., Lizardo[2], R., Gispert[1], M., Esteve[2], E. Soler[3], J. y Font-i-Furnols[1], M.
[1] IRTA-Monells, Finca Camps i Armet, 17121 Monells, Girona. raquel.marques@irta.cat
[2] Mas de Bover, Ctra de Reus-El Morell km 4,5, 43120 Constantí.
[3] IRTA-Monells, Veïnat de Sies, 17121 Monells, Girona.

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es un elemento esencial que debe formar parte de la alimentación y que, a pesar de estar presente en las materias primas de origen vegetal, es poco disponible para los animales que no poseen fitasas. Una parte importante del P de la dieta se excreta en las heces y orina, lo que contribuye a la contaminación del medioambiente (Pomar *et al.*, 2007). Dietas bajas en P pueden ser a la base de los problemas de aplomos y cojeras debido a la disminución de la resistencia ósea (Crenshaw *et al.*, 1981), y pueden provocar una disminución del rendimiento y la calidad de la carne (Kongsro, 2013) y afectar negativamente la mineralización ósea (Varley *et al.*, 2011). Las hembras reproductoras deben poseer una mayor resistencia ósea y disponer de más reservas minerales para responder al mecanismo de depleción-repleción que sufrirán a lo largo de su vida reproductiva (Quinn, 2014). La tomografía computarizada (TC) es una herramienta no invasiva basada en rayos X que es de gran utilidad para determinar la composición corporal de animales vivos y canales y sus huesos (Font-i-Furnols *et al.*, 2009, 2015; Gaudré *et al.*, 2013). Los rayos X se atenúan más o menos según la densidad del tejido que atraviesan. La atenuación se mide con valores Hounsfield (HU) de manera que mayor valor de HU indica mayor densidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar las características del fémur y de la tibia de cerdos hembras alimentados con dietas con diferentes niveles de P mediante TC.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 48 cerdos hembras (Large White x Landrace), fueron distribuidos en 4 tratamientos alimenticios diferentes (12 cerdos cada uno). Se suministró un pienso durante el período de engorde (50 - 80 kg de peso vivo (PV)) y otro durante el periodo de finalización (de los 80 kg PV hasta el sacrificio a 120 kg). Las dietas eran isoproteicas (14,1% y 13,5% para el engorde y la finalización de todos los tratamientos, respectivamente) e isoenergéticas (2.363 kcal/kg y 2.370 kcal/kg para ambos periodos, respectivamente). La diferencia en la dieta entre los 4 tratamientos se basó fundamentalmente en la variación de los porcentajes fosfato bicálcico y carbonato de calcio, que resultó en diferentes niveles de Ca y P, y en la adición de fitasas (Tabla 1). Los cerdos se anestesiaron según protocolo estandarizado y fueron escaneados completamente con el TC de GE HiSpeed Zx/i en el IRTA-CENTA de Monells a 50, 75 y 120 kg de peso vivo (Figura 1a). Las condiciones de adquisición fueron 140 kW, 145 mA, 10 mm de grosor, axial a 1s, reconstrucción STD+. Llegados al peso objetivo final de 120 kg, los cerdos fueron sacrificados en el matadero de IRTA-Monells, donde se extrajeron el fémur y la tibia. Los huesos se escanearon con el TC con las mismas condiciones de adquisición usadas para los animales vivos.

Las imágenes se analizaron con el programa VisualPork. A partir de las imágenes de cerdos vivos, se determinó el volumen total de hueso durante el crecimiento a partir de los valores de HU, considerando valores HU entre 200 y 1800. Además, se determinaron varios volúmenes parciales equivalentes a la cantidad de hueso más o menos densa (HU entre 200 y 500, entre 501 y 1000 y entre 1001 y 1800). Asimismo, a partir de las imágenes de los huesos evaluados *post mortem,* se determinó la longitud, el grosor, las áreas y la densidad del fémur y de la tibia (valor HU promedio) (Figura 1b y 1c). Para estudiar el efecto de la dieta sobre los volúmenes asociados a diferentes rangos de HU, se usó el procedimiento PROC MIXED del SAS. El modelo incluyó el tratamiento y el peso objetivo como efectos fijos. La interacción se eliminó por no ser significativa. Se consideraron medidas repetidas sobre un mismo animal. Para las características de los huesos a 120 kg se usó el procedimiento PROC GLM del SAS considerando como efecto fijo el tratamiento.

Tabla 1. *Composición de las dietas en fósforo, calcio y fitasa.*

		C0	P0	P1	P2
Engorde	P (g/kg)	5,4	4,3	4,3	4,3
	Ca (g/kg)	6,5	5,5	5,5	5,5
	Pdigestible (g/kg)	2,5	1,62	1,62	1,62
	Fitasa (%)	-----	-----	0,01	0,02
Finalización	P (g/kg)	5,25	4,033	4,033	4,033
	Ca (g/kg)	5,9	4,85	4,85	4,85
	Pdigestible (g/kg)	2,3	1,3	1,3	1,3
	Fitasa (%)	-----	-----	0,01	0,02

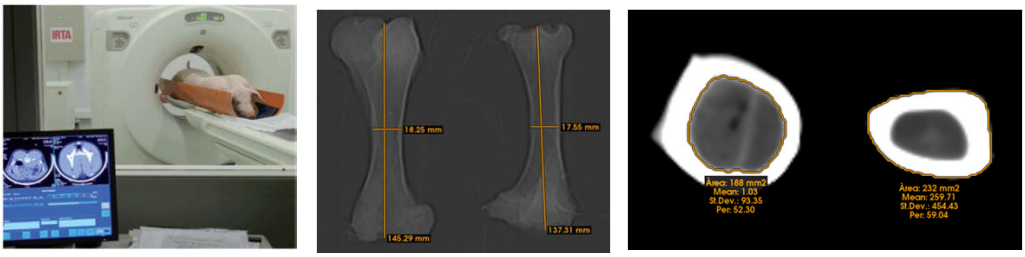


Figura 1. *(a) Análisis in vivo con el equipo de TC; (b) medidas de longitud y grosor con el programa VisualPork; (c) medidas de áreas con el programa VisualPork.*

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los volúmenes de hueso considerando diferentes rangos de HU (cm^3) obtenidos a partir de las imágenes de TC de los animales vivos. Se puede observar que no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los rangos considerados, ni en el volumen entre HU200 y HU1800, que representa la cantidad total de hueso, ni en volúmenes parciales, que representan la cantidad de hueso más o menos densa. Los resultados obtenidos sugieren que en las condiciones en las que se han dado las dietas a los animales, la restricción en Ca y P no ha sido suficiente para afectar a las características de los huesos. En la Tabla 3 se presenta la longitud, el área de hueso cortical y los HU promedio en el hueso cortical de la tibia y el fémur. Los resultados muestran que no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las características evaluadas en el fémur y la tíbia, corroborando los resultados obtenidos en la evaluación de los animales vivos. Contrario a los resultados del presente estudio, otros trabajos Bertaud du Chazaud *et al.*, 2015; Guadré *et al.*, 2013 mostraron que el área del hueso disminuía en cerdos alimentados con dietas pobres en P.

Por tanto, en las condiciones de este experimento, concluimos que las dietas pobres en Ca y P, enriquecidas o no con fitasas, no afectaron a las características de la tibia y el fémur.

Tabla 2. *Volumen (dm^3) de hueso asociado a diferentes rangos de valores de Hounsfield (HU) según el tratamiento (TRT) (ver Tabla 1) y el peso objetivo (TBW).*

	TRT					TBW (en kg)				Valor P
	C0	P0	P1	P2	s.e	50	75	120	s.e.	TRT
HU200-HU1800	4,01	3,97	3,99	4,07	0,06	2,70	3,87	5,46	0,07	0,71
HU200-HU500	3,30	3,31	3,29	3,32	0,05	2,37	3,22	4,33	0,06	0,97
HU501-HU1000	0,67	0,63	0,66	0,71	0,30	0,31	0,61	1,08	0,03	0,20
HU1001-HU1800	0,04	0,03	0,03	0,03	0,002	0,02	0,04	0,05	0,002	0,78

s.e. error estándar máximo. Valor P para TBW siempre <0.0001

Tabla 3. *Longitud (mm), área de hueso cortical (mm^2) y valores medios de atenuación en unidades Hounsfield (HU) del fémur y la tibia.*

	C0	P0	P1	P2	RCME	Valor P
Fémur						
Longitud	196,7	195,2	198,9	195,3	7,7	0,65
Área de hueso	408,1	396,3	399,6	408	29,2	0,71
Promedio HU	1452,5	1478,7	1498,4	1478,3	45,1	0,12
Tibia						
Longitud	183,4	183,9	183,9	183,7	6,7	0,97
Área de hueso	333,1	319,1	333	332,8	21,1	0,32
Promedio HU	1475,7	1507,7	1491	1498,2	41,3	0,31

RCME: raíz cuadrada del cuadrado medio del error; Promedio HU: valor Hounsfield medio del área del hueso cortical.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

● Bertaud du Chazaud, B., *et al*., 2015. Journées Recherche Porcine 4: 121-122. ● Crenshaw, T.D., *et al*. 1981. J Anim Sci 52: 1319-1329 ● Font-i-Furnols, M., *et al*. 2015. Animal 9, 166-178. ● Font i Furnols, M., *et al*. 2009. Chemom Intell Lab Syst 98: 31-37. ● Gaudré, D., *et al*., 2013. Journées Recherche Porcine 45: 199-200. ● Kongsro, J. 2013. Open J Anim Sci 3: 254-260. ● Pomar, C., *et al*. 2007. Livest Sci 11: 16-27. ● Quinn, A. 2014. Limb health in pigs: The prevalence and risk factors for lameness, limb lesions and claw lesions in pigs, and the influence of gilt nutrition on indicators of limb health. PhD,University of Warwick, Coventry, England. ● Varley, P.F., *et al*. 2011. Anim Feed Sci Tech 165: 201-209.

Agradecimientos: El proyecto ha sido financiado por el INIA a través del proyecto INIA RTA2013-00040-00-00. A INIA también se le agradece la beca FPI otorgada a Raquel Marques de Sousa. Se agradece el trabajo de los técnicos Albert Fontquerna, Agustí Quintana y Albert Rossell y también del doctorando Xin Luo.

INFLUENCE OF DIETARY PHOSPHORUS INTAKE IN FEMALE PIGS ON BONES CHARACTERISTICS ASSESSED BY COMPUTED TOMOGRAPHY

ABSTRACT: Phosphorus is an essential element present in the raw materials of plant origin and is crucial for the bone mineralization. The aim of the present work was to evaluate with computed tomography (CT), the development of the bone in animals with diets supplemented with different P levels, during their growth. For this purpose, 48 gilts were distributed into 4 treatment groups (C0, P digestible (digP) 2.5 g/kg; P0 with digP 1.62 g/kg; P1 with digP 1.62 g/kg and 0.01 % of phytase; and P2 with digP 1.62 g/kg and 0.02% of phytase). The animals were CT-scanned at the live weight of 50, 75 and 120kg. After the last scan, the pigs were slaughtered and femur and tibia were extracted for later scanning. From CT images of live animals, the volume of bone was calculated. From CT images form the femur and tibia, the length and cortical area of the centre of the bone was measured as well as the density (in Hounsfield values) of the cortical area. Results show not significant differences between treatments in any of the parameters evaluated.

Keywords*:* Pigs, bones, Phosphorus, Computed Tomography.