



Hiperprolificidad y Restricción Intrauterina del Crecimiento: La Realidad de la Hembra Contemporánea



Dra. Fernanda R.C.L. Almeida
Departamento de Morfología del
Instituto de Ciências Biológicas - UFMG

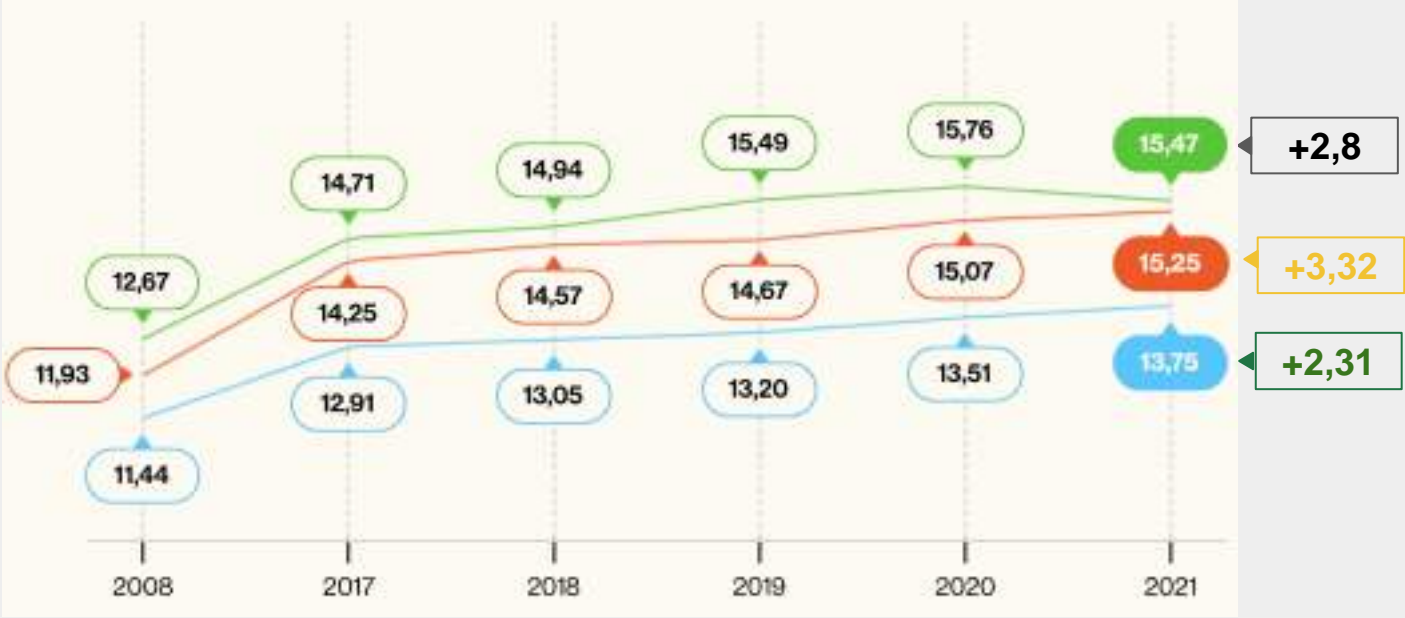


Esbozo

- Introdução
- Estudos experimentais
- Últimas reflexiones



Lechones nacidos / camada



Source: AGRINESS, 2020, *Annual Report of Pig Performance Production*

Lechones destetados/ hembra / año



Source: AGRINESS, 2020, *Annual Report of Pig Performance Production*

Hembras Hiperprolíficas

Ventajas

Tamaño de camada

Número de lechones
para sacrificio



Desventajas

Uniformidad

Aumento proporción de
animales pequeños

Desempeño productivo

Mortalidad y calidad de
carne

Restricción Intrauterina del Crecimiento (RIUC)

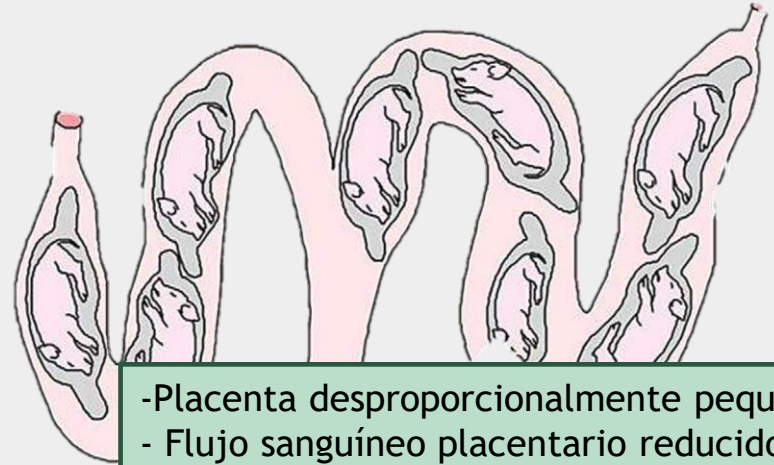
“Condición donde el feto no expresa su potencial de crecimiento, conforme a su edad gestacional”



Restricción Intrauterina del Crecimiento



- Comprometidos fisiológicamente (reserva energética, capacidad termorregulatoria)
- Consumo calostro: retrasado y reducido
- Desventajas para competir por los mejores pezones



- Placenta desproporcionalmente pequeña
- Flujo sanguíneo placentario reducido
- Reducción en la expresión de transportadores de aminoácidos y receptores de glucocorticoides
- Menor área de superficie para intercambio de nutrientes

RIUC - Diagnostico

Efecto ahorrador del cerebro

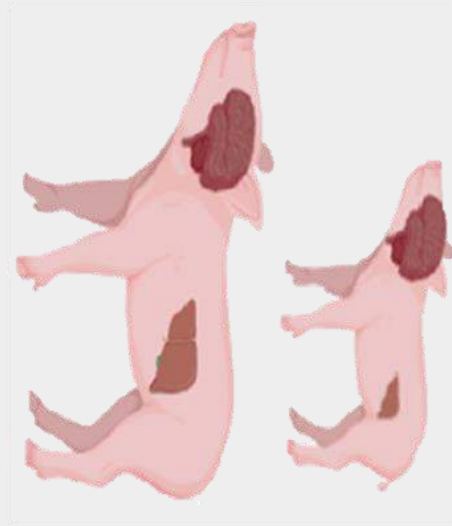
Peso cerebro : Peso higado

Normal

Cerebro 20 g

Higado 29g

**Peso cerebro : Peso
higado = 0,68**



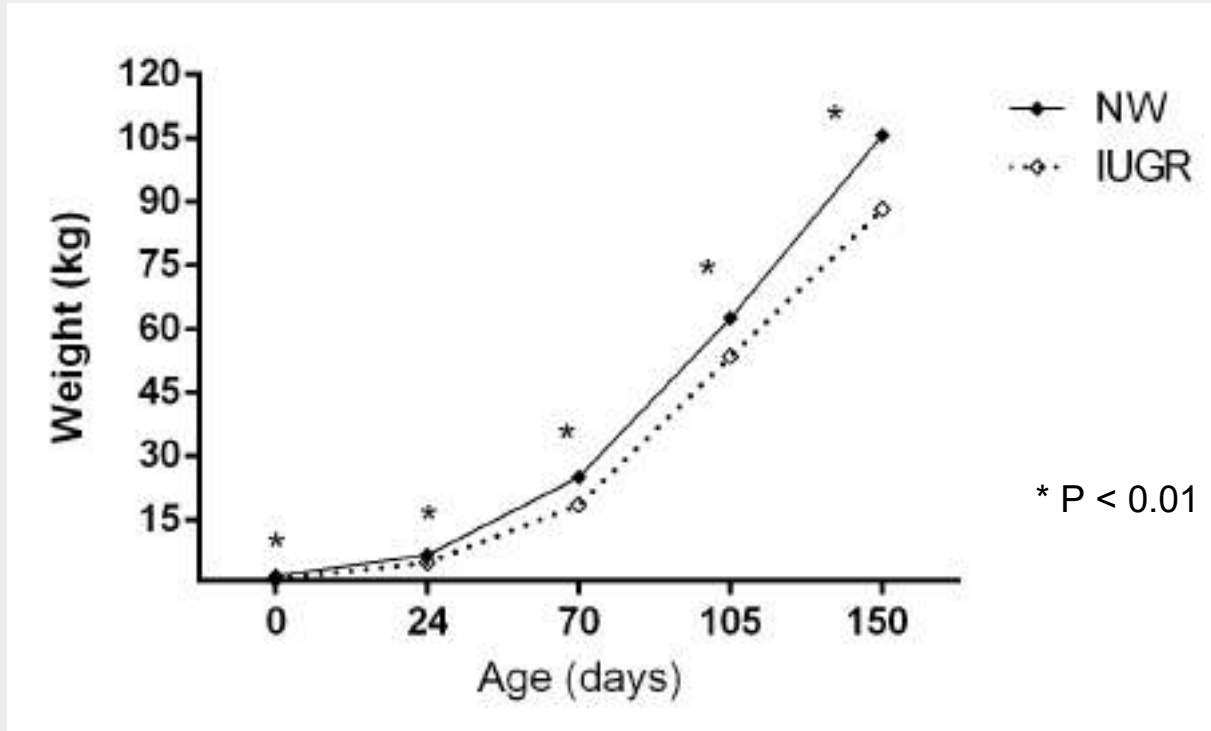
RIUC

Cerebro 20 g

Higado 9,6g

**Peso cerebro : Peso
higado = 2,08**

Restricción Intrauterina del Crecimiento

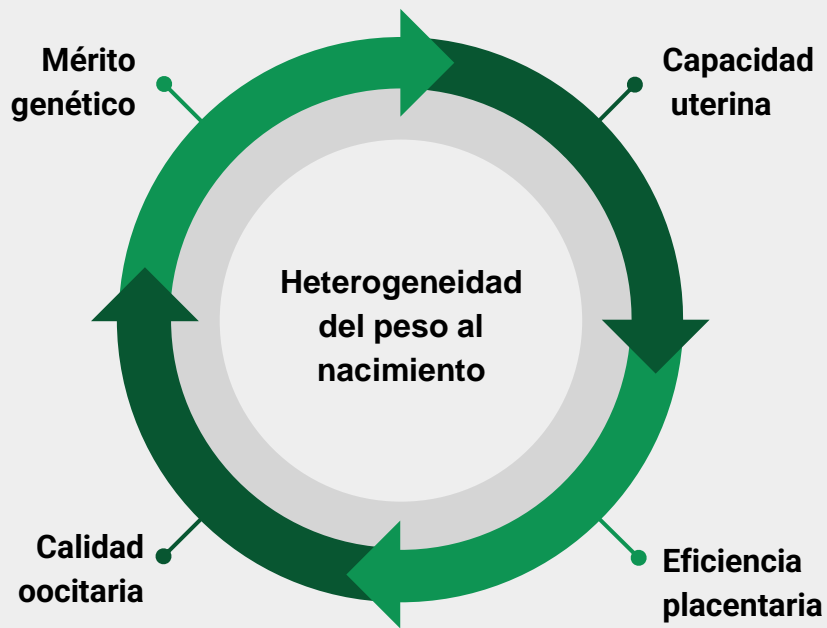


Res



antos et al., 2022





Restricción Intrauterina del Crecimiento



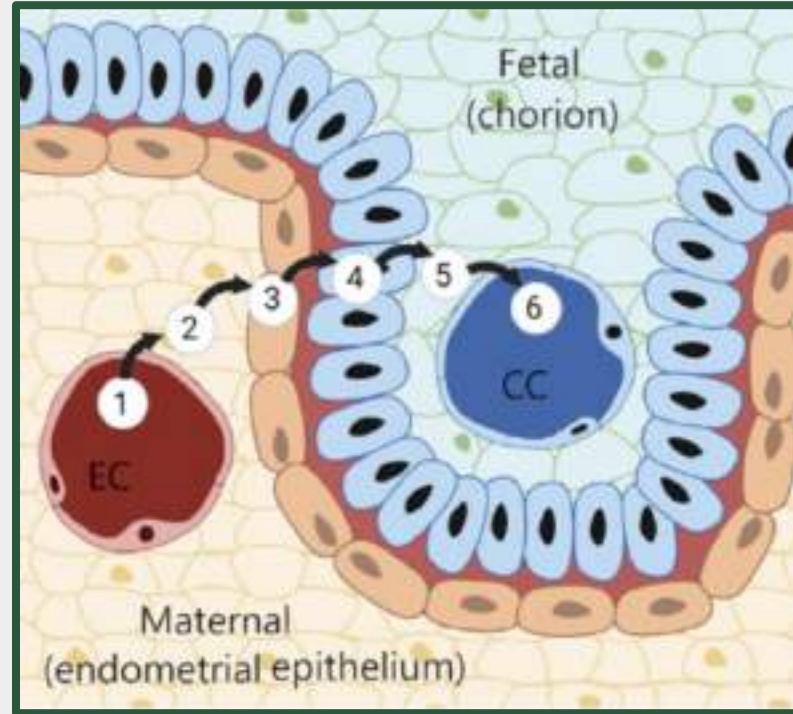
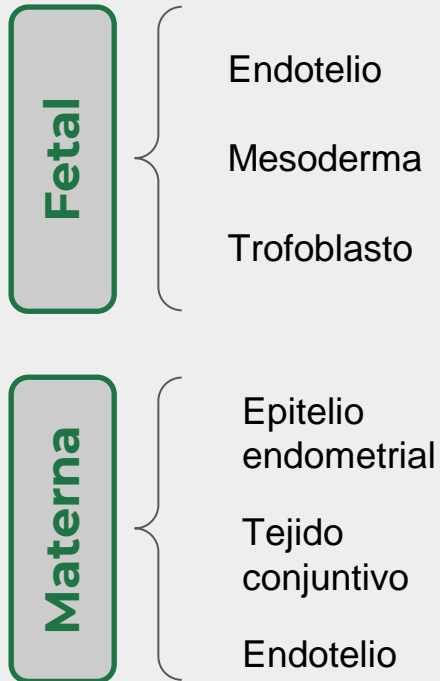
Lechón normal y RIUC



Placenta normal y RIUC

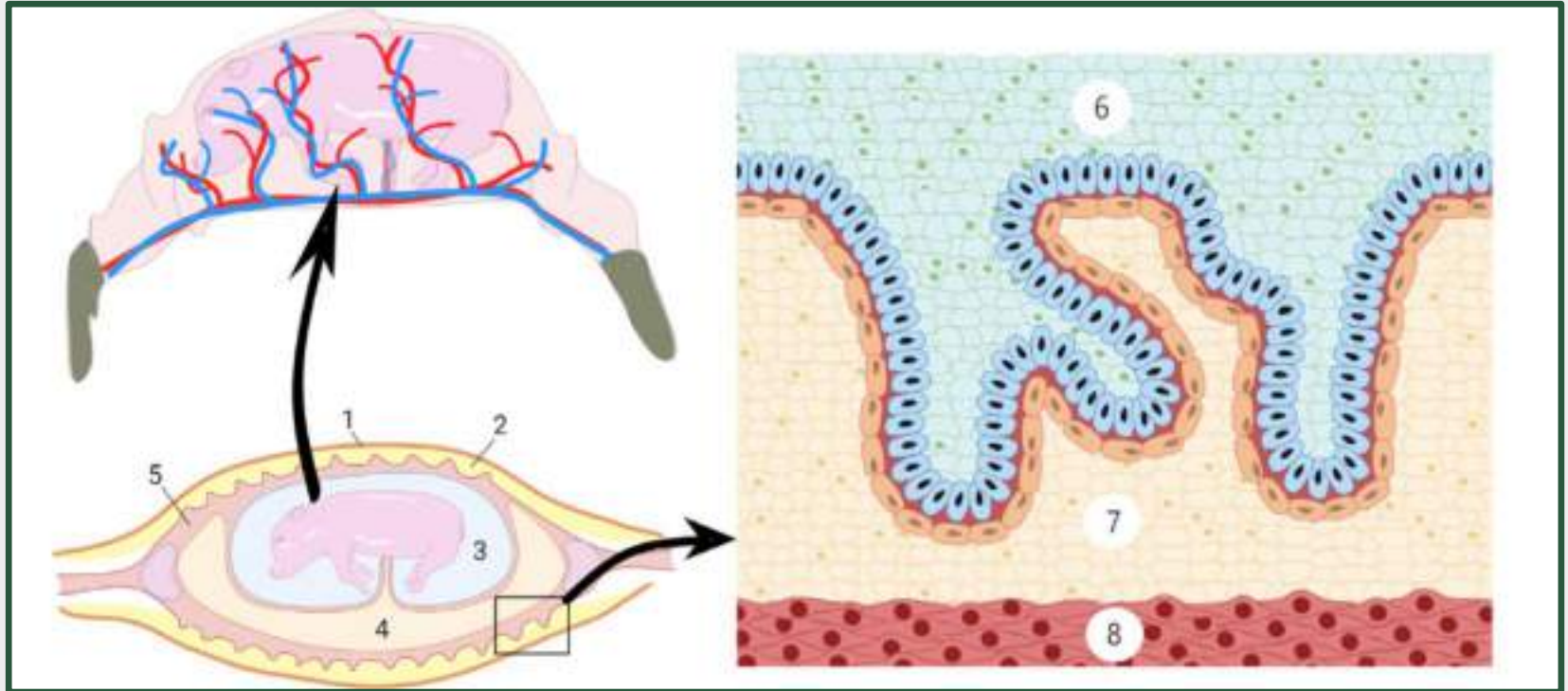
Placenta porcina

- Epiteliocorial

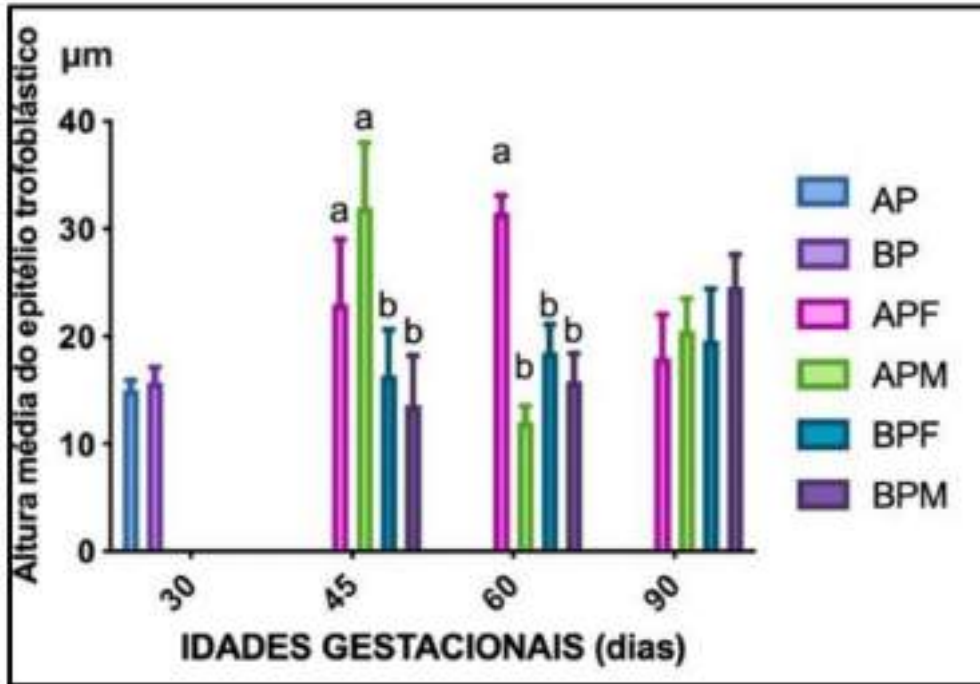


Placenta porcina

- Epiteliocorial



Insuficiencia placentaria vs. RIUC



DG 45	Vaso sang.	Epitélio
HN	29,5 ± 3,7 ^b	70,5 ± 3,7 ^b
HL	12,0 ± 2,9 ^a	88,0 ± 2,9 ^a
MN	13,2 ± 2,9 ^a	86,8 ± 2,9 ^a
ML	12,9 ± 2,9 ^b	87,0 ± 2,9 ^b

Estudios sobre efectos sobre desempeño

- Músculo esquelético
- Intestino delgado

Morfología Intestinal vs. RIUC

www.nature.com/scientificreports

scientific reports

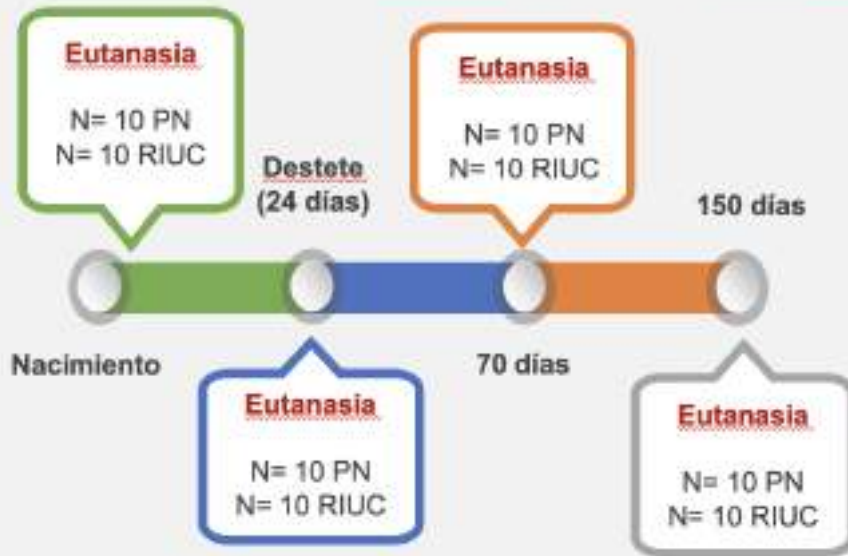
[Check for updates](#)

OPEN **Intrauterine growth restriction and its impact on intestinal morphophysiology throughout postnatal development in pigs**

Thais Garcia Santos¹, Saffir Dominique Fernandes¹, Stefany Bruna de Oliveira Araújo¹, Fernando Felicioni¹, Thais de Mérci Domingues e Paula¹, André Lucas Caldeira-Brant^{2,3}, Soraia Viana Ferreira², Luciana de Paula Neves², Stefânia Priscilla de Souza², Paulo Henrique Reis Furtado Campos², Hélio Chiarini-Garcia², Ana Luisa Neves Alvarenga Dias⁴ & Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida^{1,2,3}

Morfología Intestinal vs. RIUC

Medidas biométricas hechas en todos los animales



Morfología Intestinal vs. RIUC

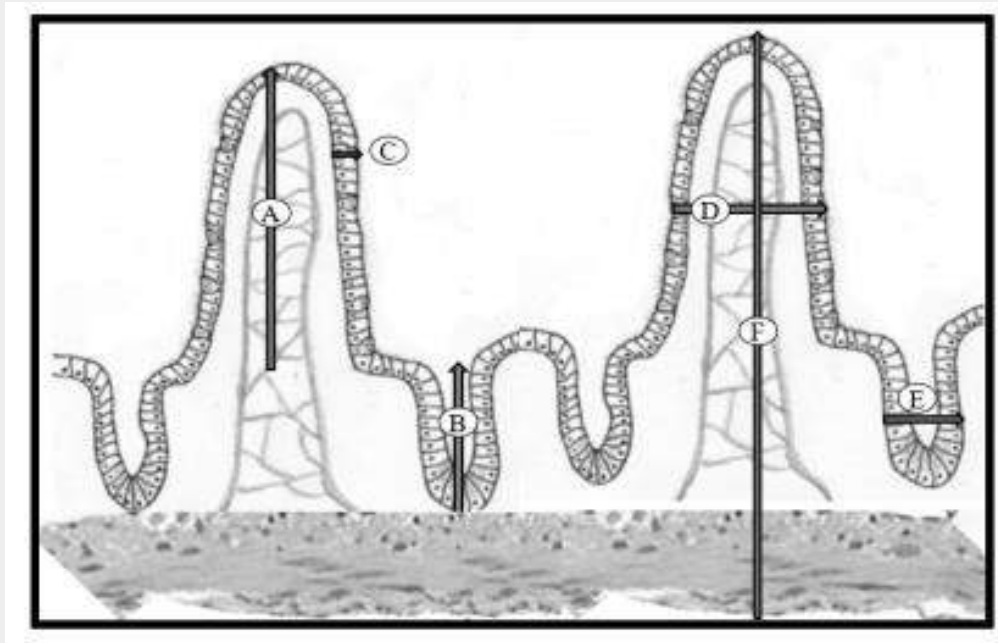
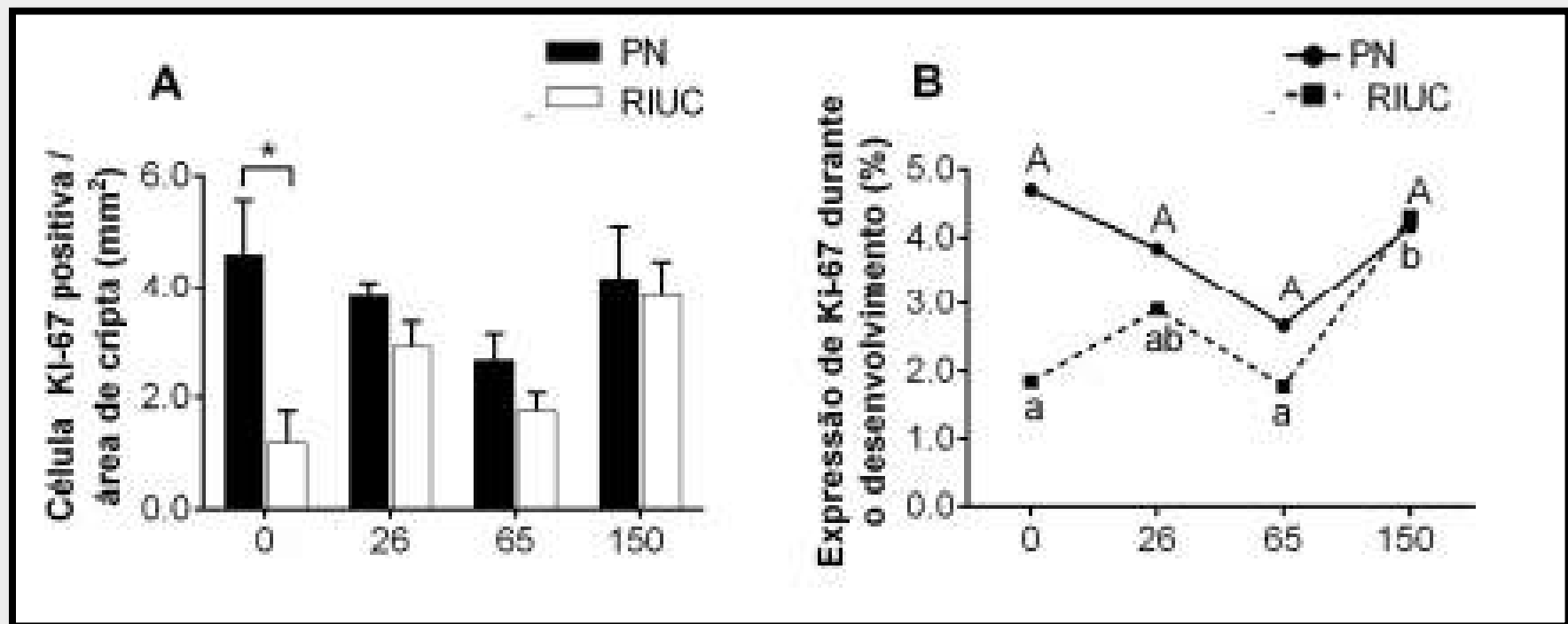


Tabela 6 – Parâmetros histomorfométricos do intestino delgado de suínos normais e RIUC durante o desenvolvimento pós-natal

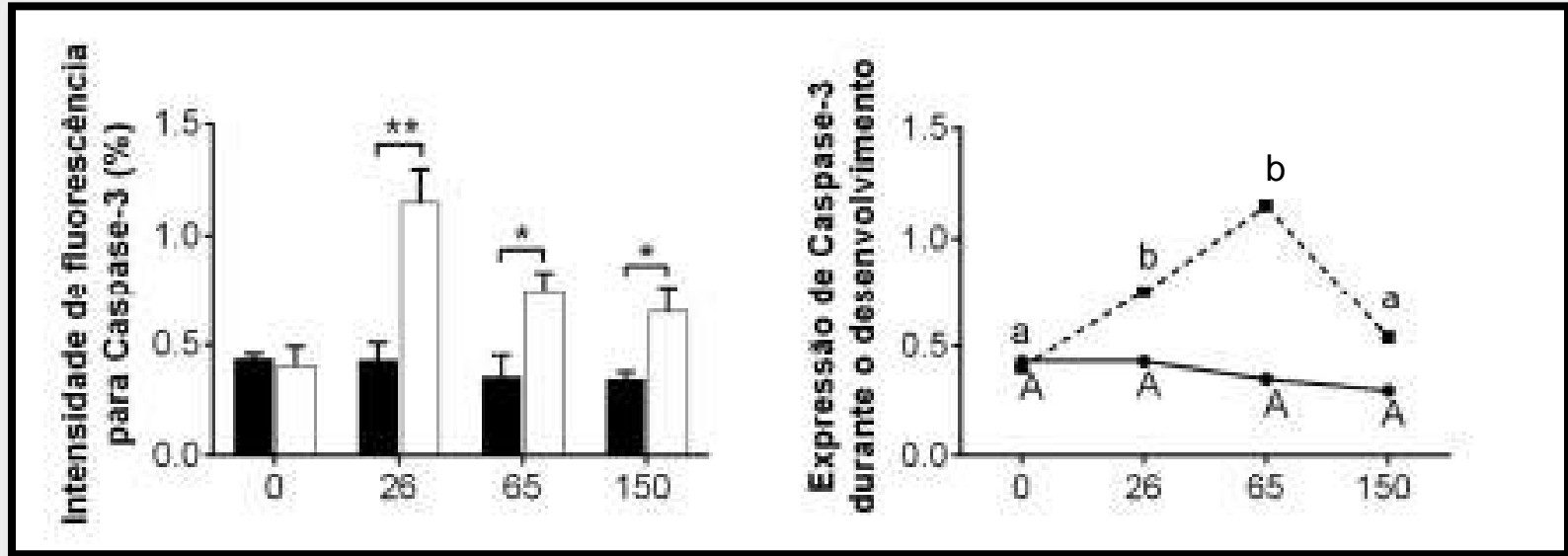
Parâmetros	Recém-nascido		26 dias		65 dias		150 dias	
	PN	RIUC	PN	RIUC	PN	RIUC	PN	RIUC
	Duodeno							
Altura do vilô (μm)	446 \pm 26	441 \pm 21	306 \pm 44	322 \pm 49	313 \pm 23a	193 \pm 23b	395 \pm 39a	245 \pm 39b
Profundidade da cripta (μm)	124 \pm 4	111 \pm 9	305 \pm 19	287 \pm 21	441 \pm 22a	525 \pm 22b	578 \pm 67	554 \pm 66
Altura da mucosa (μm)	557 \pm 53	571 \pm 29	536 \pm 103	486 \pm 115	833 \pm 37	785 \pm 37	1054 \pm 208	1236 \pm 205
Razão: Vilô/ Cripta	3,4 \pm 0,3	4,0 \pm 0,2	1,0 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	0,7 \pm 0,1a	0,3 \pm 0,1b	0,6 \pm 0,1	0,40 \pm 0,01
Área de superfície do vilô (mm^2)	0,20 \pm 0,01	0,20 \pm 0,01	0,13 \pm 0,02	0,12 \pm 0,03	0,14 \pm 0,02a	0,0 \pm 0,00b	0,25 \pm 0,02a	0,12 \pm 0,01b
Área absorptiva (mm^2)	0,65 \pm 0,03	0,60 \pm 0,03	0,55 \pm 0,10	0,5 \pm 0,1	0,57 \pm 0,10a	0,36 \pm 0,02b	0,67 \pm 0,10a	0,42 \pm 0,01b
Células caliciformes / Cripta (mm^2)	3415 \pm 350	3306 \pm 477	3222 \pm 169	2862 \pm 252	2748 \pm 257	3209 \pm 481	4238 \pm 254	4145 \pm 256
	Jejuno							
Altura do vilô (μm)	760 \pm 52	577 \pm 48	249 \pm 20	225 \pm 9	372 \pm 21	337 \pm 19	429 \pm 15	371 \pm 80
Profundidade da cripta (μm)	100 \pm 22	73 \pm 3	201 \pm 21	184 \pm 13	328 \pm 31	326 \pm 18	312 \pm 14	235 \pm 58
Altura da mucosa (μm)	328 \pm 102	665 \pm 44	560 \pm 31	540 \pm 36	755 \pm 32	655 \pm 32	767 \pm 24	806 \pm 45
Razão: Vilô/ Cripta	8,7 \pm 0,7	7,8 \pm 0,4	1,3 \pm 0,1	1,1 \pm 0,0	1,2 \pm 0,1	1,0 \pm 0,1	1,4 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1
Área de superfície do vilô (mm^2)	0,07 \pm 0,10	0,06 \pm 0,04	0,04 \pm 0,01	0,03 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,06 \pm 0,01	0,02 \pm 0,01	0,01 \pm 0,01
Área absorptiva (mm^2)	1,0 \pm 0,09	0,7 \pm 0,09	0,43 \pm 0,04	0,37 \pm 0,01	0,062 \pm 0,04	0,057 \pm 0,04	0,67 \pm 0,1	0,040 \pm 0,02
Células caliciformes / Cripta (mm^2)	2455 \pm 310	3104 \pm 277	3215 \pm 157	2562 \pm 252	2345 \pm 257	3217 \pm 281	3615 \pm 244	3288 \pm 235

^{a,b} Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem ($P < 0,05$).



Morfología Intestinal vs. RIUC

- Muerte celular – Caspase-3



Morfologia Intestinal vs. RIUC

- Atividade enzimática

Tabela 8 – Atividade enzimática específica de enzimas do intestino delgado de suínos normais e RIUC durante o desenvolvimento pós-natal

Parâmetros	Recém nascido		26 Dias		65 Dias		150 Dias	
	PN	RIUC	PN	RIUC	PN	RIUC	PN	RIUC
Duodeno								
Lactase (U/mg)	383 ± 93	417 ± 93	162 ± 35	132 ± 35	92 ± 13	73 ± 12	71 ± 11	84 ± 11
Amilase (U/mg)	1.00 ± 0.40	1.55 ± 0.30	1.65 ± 0.40	0.39 ± 0.50	1.80 ± 0.20	1.55 ± 0.20	1.31 ± 0.10a	0.85 ± 0.10b
Lipase (U/mg)	0.12 ± 0.10	0.19 ± 0.10	0.08 ± 0.10	0.05 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.06 ± 0.10	0.03 ± 0.10	0.02 ± 0.10
Quimiotripsina (U/mg)	579 ± 150	201 ± 28	237 ± 53	267 ± 59	330 ± 80	376 ± 76	731 ± 104	532 ± 127
Tripsina (U/mg)	779 ± 165	400 ± 113	406 ± 91	242 ± 105	382 ± 103	635 ± 98	295 ± 73	115 ± 79
Jejuno								
Lactase (U/mg)	287 ± 97	407 ± 97	227 ± 75	275 ± 75	234 ± 57	216 ± 40	88 ± 23	128 ± 21
Amilase (U/mg)	1.04 ± 0.30	1.18 ± 0.40	1.07 ± 0.40	1.28 ± 0.30	0.97 ± 0.20	0.58 ± 0.20	0.61 ± 0.10	0.56 ± 0.10
Lipase (U/mg)	0.04 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.05 ± 0.10	0.08 ± 0.10	0.05 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.07 ± 0.10
Quimiotripsina (U/mg)	461 ± 177	387 ± 41	402 ± 301	663 ± 301	367 ± 55a	190 ± 62b	340 ± 75	402 ± 86
Tripsina (U/mg)	555 ± 79	460 ± 2	494 ± 116	354 ± 150	474 ± 99	372 ± 99	272 ± 48	199 ± 64

^{a,b} Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem ($P < 0.05$).

Morfologia Intestinal vs. RIUC

- Actividad enzimática

Tabela 8 – Atividade enzimática específica de enzimas do intestino delgado de suínos normais e RIUC durante o desenvolvimento pós-natal

Sobrepoblación uterina lleva a RIUC, que afecta la morfofisiología del ID, perjudicando el desarrollo posnatal

Lactase (U/mg)	287 ± 97	407 ± 97	227 ± 75	275 ± 75	234 ± 57	216 ± 40	88 ± 23	128 ± 21
Aamilase (U/mg)	1.04 ± 0.30	1.18 ± 0.40	1.07 ± 0.40	1.28 ± 0.30	0.97 ± 0.20	0.58 ± 0.20	0.61 ± 0.10	0.56 ± 0.10
Lipase (U/mg)	0.04 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.05 ± 0.10	0.08 ± 0.10	0.05 ± 0.10	0.04 ± 0.10	0.07 ± 0.10
Quimiotripsina (U/mg)	461 ± 177	387 ± 41	402 ± 301	663 ± 301	367 ± 55a	190 ± 62b	340 ± 75	402 ± 86
Tripsina (U/mg)	555 ± 79	460 ± 2	494 ± 116	354 ± 150	474 ± 99	372 ± 99	272 ± 48	199 ± 64

^{a,b} Médias seguidas por letras diferentes, na linha, diferem ($P < 0.05$).

Morfofisiologia músculo esquelético vs. RIUC














ORIGINAL ARTICLE

ANATOMICAL
SOCIETY

Journal of **Anatomy**

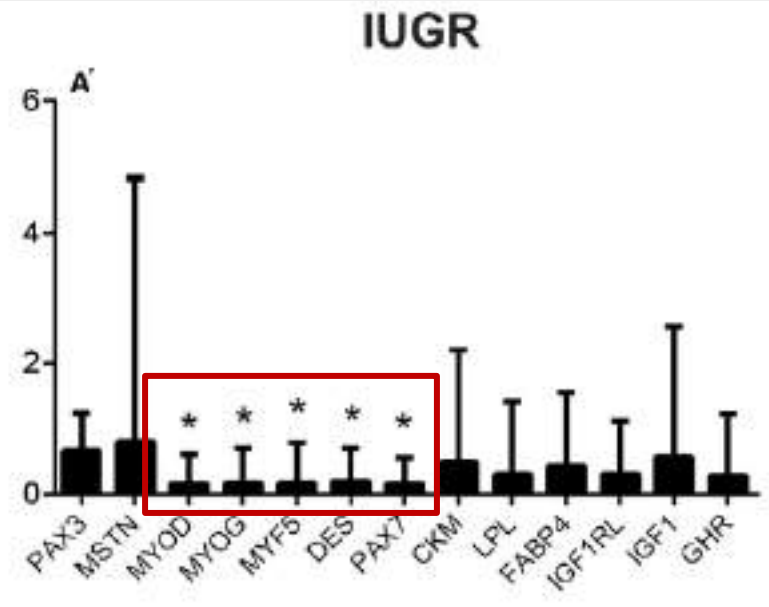
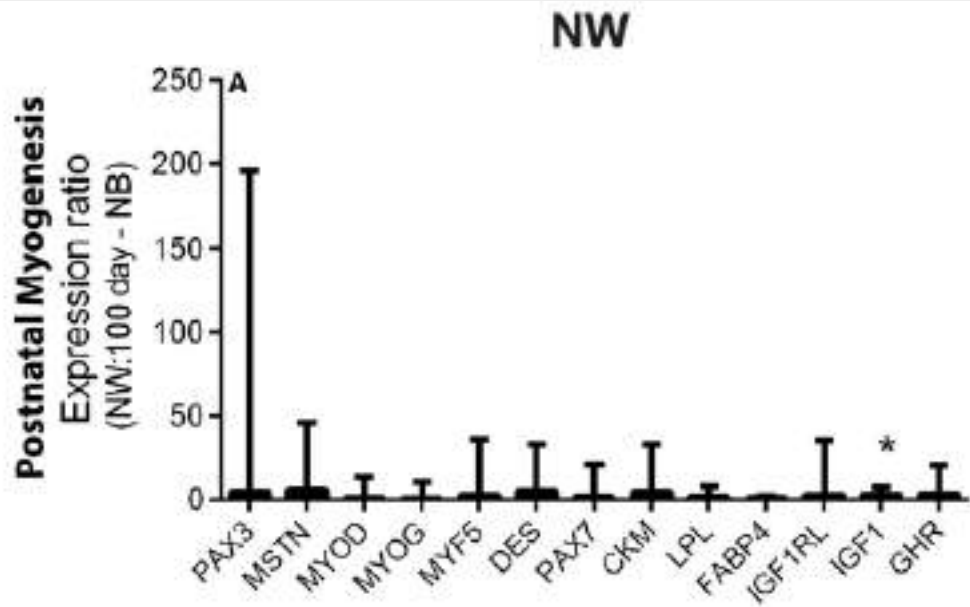
WILEY

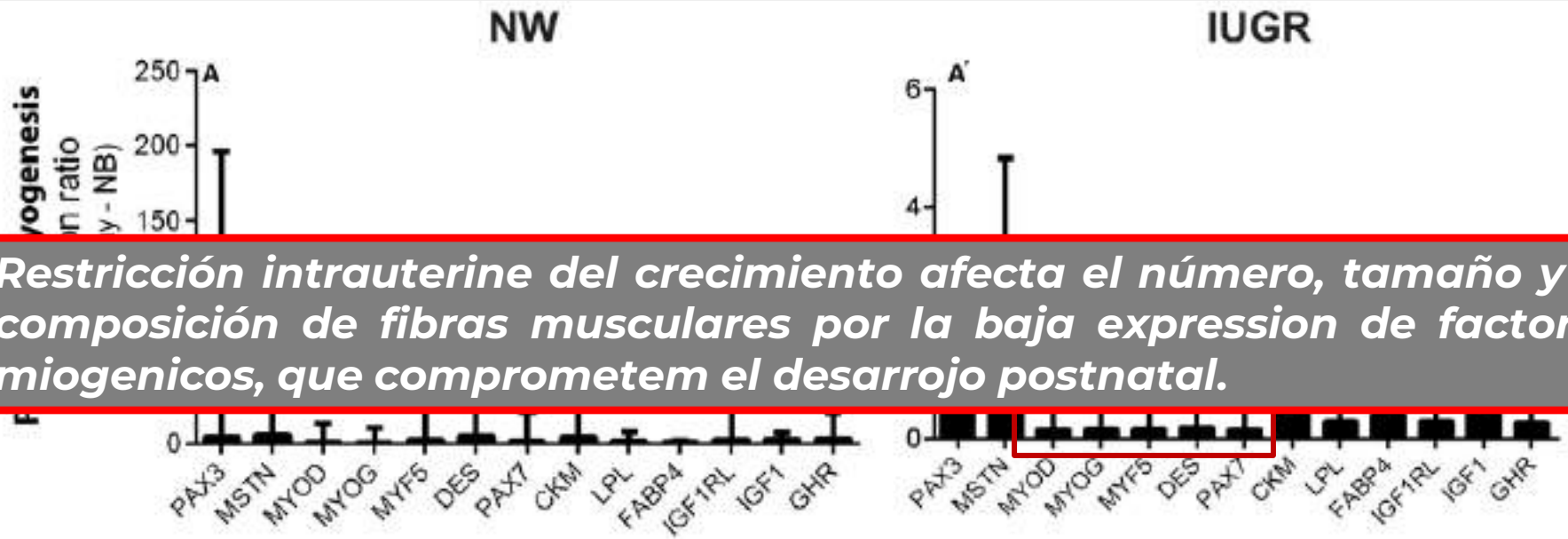
Postnatal development of skeletal muscle in pigs with intrauterine growth restriction: morphofunctional phenotype and molecular mechanisms

Fernando Felicioni¹  | Andreia D. Pereira¹  | Andre L. Caldeira-Brant¹  |
Thais G. Santos¹  | Thais M. D. Paula¹  | Diogo Magnabosco²  |
Fernando P. Bortolozzo²  | Stephen Tsoi³  | Michael K. Dyck³  | Walter Dixon³ |
Patricia M. Martinelli¹  | Erika C. Jorge¹  | Helio Chiarini-Garcia¹  |
Fernanda R. C. L. Almeida¹ 

Parameters	Newborn			100 days			150 days		
	NW	IUGR	SEM	NW	IUGR	SEM	NW	IUGR	SEM
N	5	5		5	5		5	5	
Volumetric proportion (%)									
Muscle fiber	74.4 ^a	76.0 ^a	2.8	90.2 ^a	88.4 ^a	1.9	91.0 ^a	91.1 ^a	1.5
Adipocyte	2.1 ^a	0.7 ^a	0.8	1.7 ^a	0.8 ^a	0.6	2.9 ^a	4.1 ^a	1.6
Interstice	23.3 ^a	23.4 ^a	2.3	8.0 ^a	10.7 ^a	1.5	6.3 ^a	6.8 ^a	0.9
Blood vessels	0.10 ^a	0.10 ^a	0.07	0.10 ^a	0.15 ^a	0.09	0.1 ^a	0.2 ^a	0.07
Muscle fiber diameter (μm)	18.3 ^a	15.3 ^b	0.6	63.3 ^a	65.3 ^a	3.0	71.0 ^a	77.0 ^a	6.7
Density (fibers/mm²)	4,470 ^a	6,120 ^b	417	435 ^a	597 ^a	80	397 ^a	274 ^a	45
Muscle CSA* (cm²)	1.12 ^a	0.72 ^b	0.07	-	-	-	-	-	-
Total fiber number (x10³)	6,250 ^a	4,270 ^b	11	-	-	-	-	-	-

MyHC fiber types*	NB			100-d			150-d		
	NW	IUGR	SEM	NW	IUGR	SEM	NW	IUGR	SEM
N	3	3		3	3		3	3	
Embryonic	Present	Present	-	Absent	Present	-	Absent	Present	-
I	15.2 ^a	29.0 ^b	2.8	13.0 ^a	8.0 ^a	6.0	10.0 ^a	4.0 ^a	3.0
Ila	-	-	-	7.0 ^a	18.0 ^a	7.0	8.0 ^a	20.0 ^a	3.0
Ilb	-	-	-	15.0 ^a	18.0 ^a	5.0	10.0 ^a	18.0 ^a	2.0
Ilx	-	-	-	90.0 ^a	81.0 ^a	4.0	90.0 ^a	77.0 ^b	3.0





Restricción intrauterina del crecimiento afecta el número, tamaño y la composición de fibras musculares por la baja expresión de factores miogénicos, que comprometen el desarrollo postnatal.



RIUC vs Folliculogenesis

Received: 20 November 2016

Accepted: 8 March 2017

DOI: 10.1111/rda.12976

ORIGINAL ARTICLE

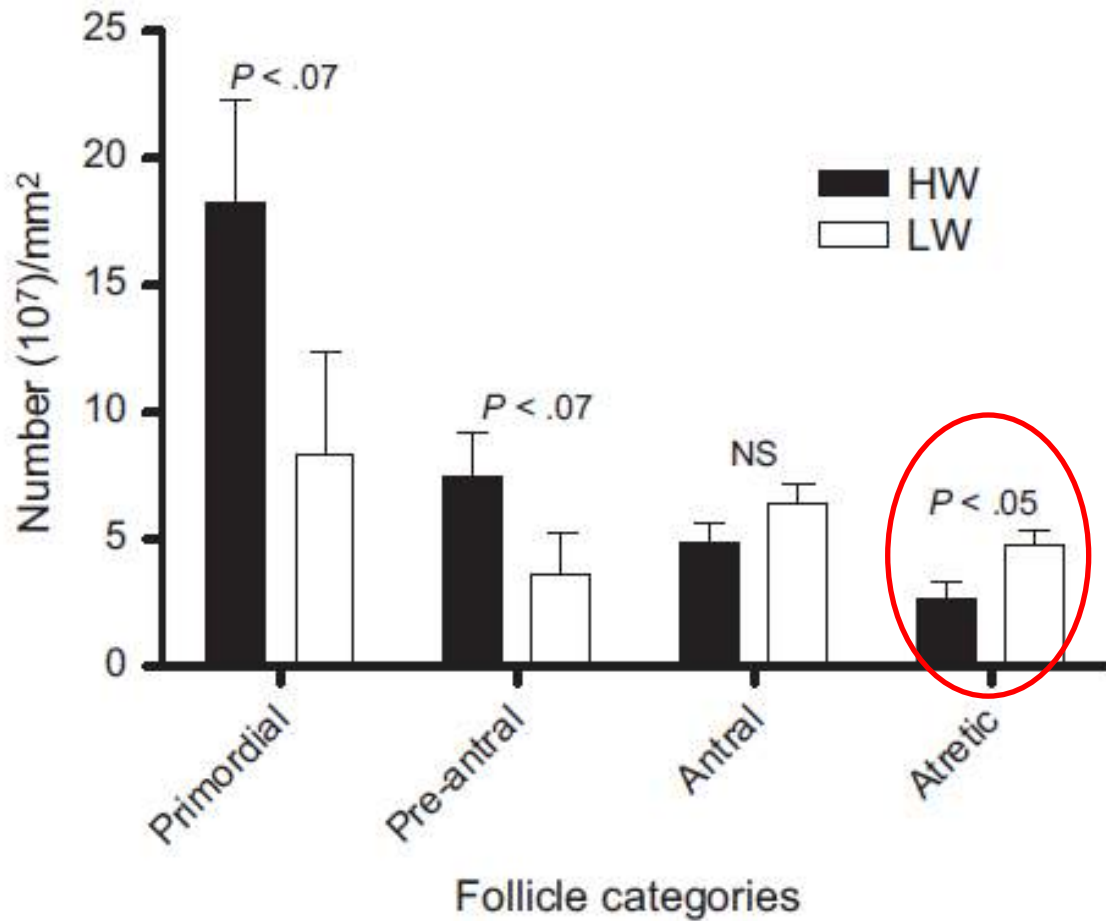
WILEY

Reproduction in Domestic Animals

Ovarian follicle development and genital tract characteristics in different birthweight gilts at 150 days of age

FRCL Almeida¹  | ALN Alvarenga Dias² | LP Moreira¹ | ATL Fiúza¹ | H Chiarini-Garcia¹

Parameter	Treatment		SEM	p-value
	HW (n = 14)	LW (n = 14)		
Body weight (kg)	113.3 ^a	98.4 ^b	2.3	<.01
Ovarian weight (g)	3.8	4.2	0.2	NS
GSI*	3.4 ^a	4.3 ^b	0.2	<.01
Genital tract weight (g)	197	176	15	NS
Vaginal length (cm)	33 ^a	30 ^b	0.8	<.05
Uterine body length (cm)	3.3	3.1	0.2	NS
Uterine horn length (cm)	44	44	1.5	NS
Oviduct length (cm)	19	17	0.7	NS





Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Livestock Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/livsci

Low birth weight affects lifetime productive performance and longevity of female swine

D. Magnabosco^a, M.L. Bernardi^b, I. Wentz^a, E.C.P. Cunha^a, F.P. Bortolozzo^{a,*}

“Hembras nacidas < 1 kg produjieran aproximadamente 4.5 menos lechones por 3 partos, con promedio de 1.6 menos lechones que el promedio de otras clases de peso al nacimiento en el primer parto”.



Machos vs. RIUC

CSIRO PUBLISHING

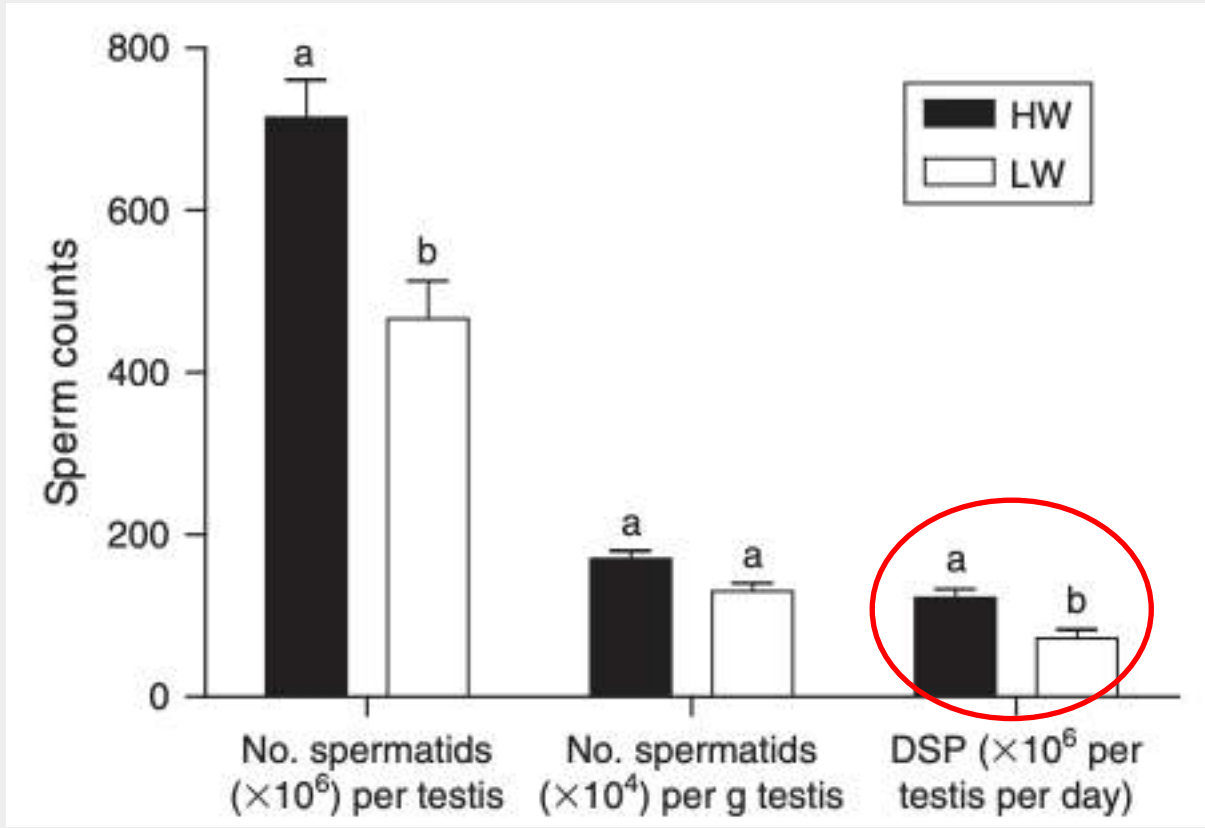
Reproduction, Fertility and Development

<http://dx.doi.org/10.1071/RD16164>

Testicular parameters and spermatogenesis in different birthweight boars

P. A. Auler^A, G. H. F. A. Moreira^B, C. O. Hogg^C, C. J. Ashworth^C,
F. P. Bortolozzo^D, H. Chiarini-Garcia^A and F. R. C. L. Almeida^{A,E}

	8 days		8 months	
	HW	LW	HW	LW
Bodyweight (kg)				
At birth	1.8 ± 0.1 ^a	1.0 ± 0.1 ^b	1.9 ± 0.1 ^a	1.0 ± 0.1 ^b
At castration	3.6 ± 0.1 ^a	2.3 ± 0.1 ^b	176 ± 4 ^a	158 ± 4 ^b
Testis weight (g)	2.4 ± 0.1 ^a	1.4 ± 0.1 ^b	413 ± 15 ^a	355 ± 16 ^b
GSI	0.067 ± 0.003 ^a	0.056 ± 0.003 ^a	0.23 ± 0.01 ^a	0.23 ± 0.01 ^a
Testis volume (cm ³)	3.9 ± 0.2 ^a	2.3 ± 0.2 ^b	676 ± 30 ^a	575 ± 32 ^b
Cord or tubule diameter (μm)	48 ± 1 ^a	51 ± 1 ^a	248 ± 5 ^a	246 ± 5 ^a
Seminiferous epithelium height (μm)	–	–	92 ± 5 ^a	81 ± 6 ^b
Testosterone (ng mL ⁻¹)	2.4 ± 0.6 ^a	2.4 ± 0.6 ^a	3.9 ± 0.9 ^a	3.4 ± 0.9 ^a
17α-OH mRNA expression	9.0 ± 2.2 ^a	7.8 ± 1.8 ^a	1.8 ± 0.6 ^a	1.6 ± 0.5 ^a





ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Theriogenology

journal homepage: www.theriojournal.com



Birthweight leads to seminal and testicular morphofunctional commitment in sexually mature boars



Rafaela Costa Rubim Sacramento ^a, Laura Paolucci Neuenschwander Maciel ^a,
John Lennon de Paiva Coimbra ^a, Carine Dahl Corcini ^b, Antônio Sergio Varela Junior ^c,
Eliza Rossi Komninou ^b, Charis O. Hogg ^d, Cheryl J. Ashworth ^d,
Monique de Albuquerque Lagares ^e, Hélio Chiarini-Garcia ^a,
Fernanda Radicchi Campos Lobato de Almeida ^{a,*}

Parameters	HW (n = 12)			LW (n = 12)		
Birth						
Body weight (kg)	1.9	±	0.4 ^a	0.9	±	0.3 ^b
BHD (cm)	5.1	±	0.1 ^a	4.5	±	0.1 ^b
AC (cm)	22.0	±	0.6 ^a	21.0	±	0.7 ^b
HTL (cm)	28.0	±	0.7 ^a	24.0	±	0.8 ^b
TC (cm)	28.0	±	0.7 ^a	25.0	±	0.9 ^b
10 months						
Body weight (kg)	199.0	±	3.6 ^a	168.0	±	4.4 ^b
BHD (cm)	15.7	±	0.4 ^a	15.2	±	0.5 ^b
AC (cm)	139.0	±	2.0 ^a	131.0	±	2.6 ^b
HTL (cm)	132.0	±	0.8 ^a	124.0	±	1.1 ^b
TC (cm)	132.0	±	1.6 ^a	128.0	±	2.1 ^b
Testis weight (g)	458.0	±	17.0 ^a	352.0	±	21.0 ^b
*GSI	0.23	±	0.01 ^a	0.21	±	0.01 ^a

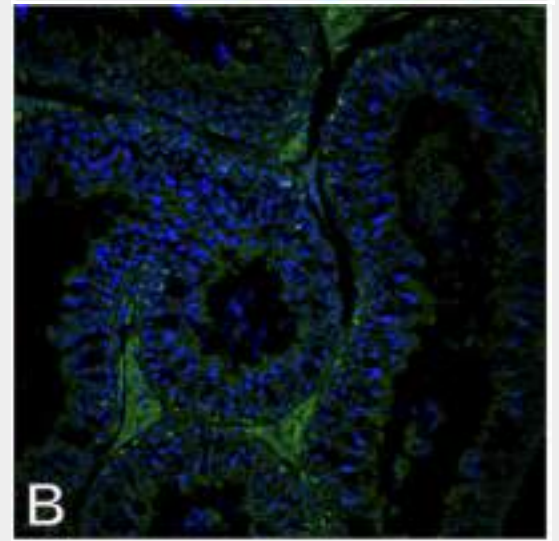
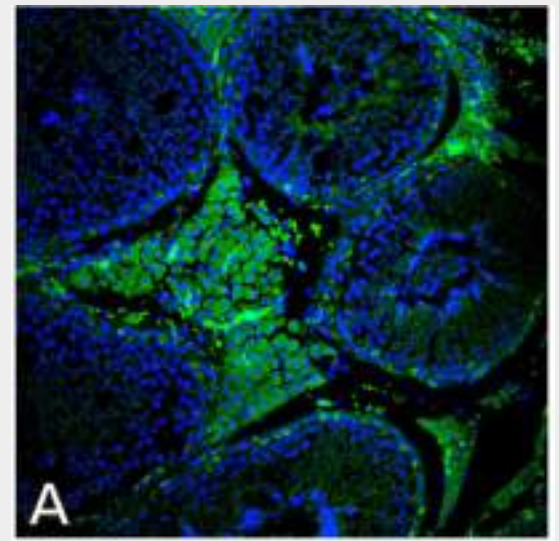
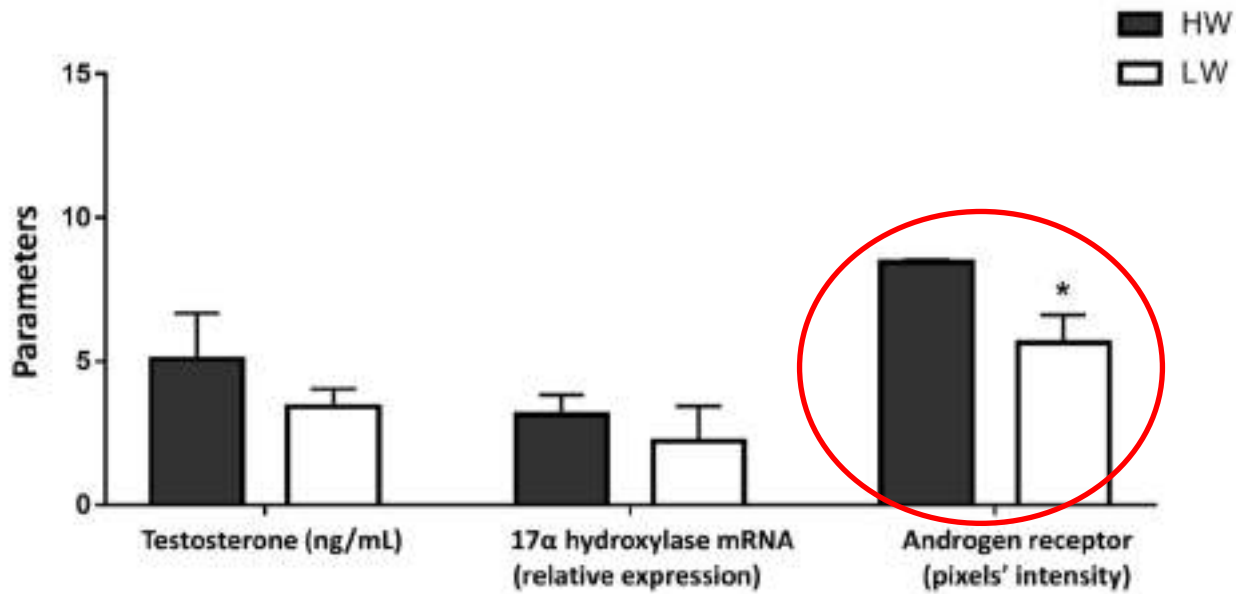
Coleta de sêmen: NS

Parameters	HW (n = 7)			LW (n = 7)			P-value
Seminiferous tubule diameter (μm)	262.0	\pm	4.3	260.0	\pm	5.0	NS
Epithelium height (μm)	92.0	\pm	1.2	95.0	\pm	1.4	NS
TLST (m)	7.3	\pm	2.7 ^a	5.9	\pm	3.6 ^b	P < 0.05
Sertoli cells per testis ($\times 10^6$)	13.4	\pm	0.7 ^a	10.5	\pm	0.9 ^b	P < 0.05
Sertoli cells per g testis ($\times 10^6$)	0.029	\pm	0.002	0.028	\pm	0.002	NS
Volumetric proportion (%)							
Seminiferous tubule	77.8	\pm	1.1	75.0	\pm	1.2	NS
Interstice	9.7	\pm	0.5	10.8	\pm	0.5	NS
Leydig cell	12.4	\pm	0.8	14.2	\pm	0.9	NS
Number of cells/cross-section							
Sertoli cell	8.4	\pm	0.4	8.8	\pm	0.4	NS
Type A spermatogonia	3.3	\pm	0.4	3.9	\pm	0.4	NS
Pre-leptotene spermatocyte	52.4	\pm	3.3	55.4	\pm	3.6	NS
Pachytene spermatocyte	70.9	\pm	5.3	72.9	\pm	5.8	NS
Round spermatid	165.8	\pm	18.7	156.1	\pm	20.5	NS
Total spermatogenic cells	292.4	\pm	14.7	288.5	\pm	16.0	NS
Spermatogenesis efficiency							
Mitotic index	15.9	\pm	2.0	14.2	\pm	2.5	NS
Meiotic index	2.3	\pm	0.2	2.1	\pm	0.2	NS
Sertoli cell efficiency	19.7	\pm	1.0	17.7	\pm	1.3	NS
General spermatogenesis efficiency	50.2	\pm	6.0	40.0	\pm	7.2	NS

TLST - total length of seminiferous tubules.

^{a,b} LS means with different superscripts within a row differ (P < 0.05).

NS - not significant; values are expressed as means \pm standard error.



RIUC



Músculo semitendinoso

Menos fibras musculares;
miogenese retrasada

Intestino delgado

Menos área absorbtiva
Mas apoptose
Menor proliferación

Gónadas

Testículo

Testículo menor; menos
espermatozoides

Ovarios

Foliculogenesis
afectada

Genoma

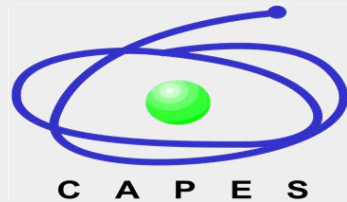
Patrón de expresión de
vários genes alterado

Desempeño

Peso nunca se recupera

Agradecimientos

agroceres 



Gracias!

Dra Fernanda Almeida
falmeida@icb.ufmg.br

