

FACTORES QUE AFECTAN EL CAMBIO DE POSTURA EN CERDAS GESTANTES EN ESTABULACIÓN LIBRE O CONFINADAS

J. N. Marchant y D.M. Broom

Departamento de Medicina Veterinaria Clínica, Universidad de Cambridge, Madingley Road, Cambridge CB3 0ES

RESUMEN

Se ha determinado el tiempo invertido en estar tumbadas o permanecer de pie en cerdas vacías con diferentes sistemas de alojamiento y se ha relacionado con parámetros físicos y genéticos. En el experimento 1, se midió el tiempo que permanecían tumbadas 32 cerdas en dos sistemas de alojamiento para cerdas vacías. Las cerdas alojadas durante un periodo largo en cuadras individuales estaban más tiempo tumbadas que las cerdas alojadas en grupo (20.42 frente a 9.28 seg., $P < 0.001$). Las cerdas alojadas en grupos se tumbaban más tiempo en espacios abiertos que contra una pared (11.07 frente a 7.48 seg., $P = 0.004$). El tiempo invertido en tumbarse en las cerdas alojadas en grupos en espacios abiertos presentó una fuerte asociación con el peso proporcional del extensor carpi radialis, ($P = 0.001$, $R^2 = 0.915$). En el experimento 2, se midió el tiempo que 30 cerdas alojadas en cuadras individuales invertían en tumbarse o estar de pie y se investigaron las diferencias genotípicas. No hubo diferencias entre genotipos en los tiempos totales en tumbarse o estar de pie, pero los tiempos

totales de levantarse rápidamente y tumbarse presentaron una fuerte relación con la longitud corporal ($P = 0.032$, $R^2 = 0.185$, y $P < 0.001$, $R^2 = 0.574$ respectivamente). Los resultados indican que las cerdas alojadas durante periodos largos en las cuadras de gestación experimentan dificultad de movimiento cuando se levantan deprisa y se tumban. Aunque los efectos crónicos de la falta de ejercicio y los efectos agudos del tipo de suelo pueden contribuir a esta dificultad, el principal factor parece ser la restricción de espacio, puesto que los tiempos invertidos en tumbarse y levantarse deprisa aumentan con la longitud corporal, y por tanto la necesidad de espacio dinámico aumenta. El tumbarse en un ambiente sin restricciones está bajo control muscular y el grado de control depende de la proporción de peso muscular con respecto al peso corporal total. Los factores que afectan al tumbarse y levantarse deberían tenerse en cuenta cuando se diseñan instalaciones para cerdas vacías y cerdas reproductoras.

PALABRAS CLAVE

Genotipos, alojamiento, movimiento, postura, cerdas.

INTRODUCCIÓN

La libertad de movimiento y la posibilidad de realizar los patrones de comportamiento más normales son dos de las necesidades básicas de los animales, detalladas en los actuales Códigos del Reino Unido de recomendaciones para el bienestar del ganado (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1990) ampliados de "las cinco libertades" originalmente recomendadas por el Comité Brambell (1965) durante su revisión para los sistemas de explotación en intensivo. El Comité Brambell (1965) abogaba que, al menos, un animal de granja debería "tener suficiente libertad de movimiento para ser capaz sin dificultad, de girarse, asearse, levantarse, tumbarse y estirar sus extremidades". La intensificación de la cría en explotaciones ha derivado, en general, a una mayor densidad de población y por lo tanto a un menor espacio por animal. El último avance ha sido los sistemas de alojamiento en los que los animales están atados, o confinados en cuadras, parques o jaulas. Este confinamiento ha producido una pérdida de capacidad para ejercitarse y ha forzado a alguna modificación de los cambios de postura de los animales. Por ejemplo, Krohn y Munksgaard (1993) sugirieron que las vacas atadas en establo eran reacias a tumbarse.

El cerdo doméstico actual ha sido genéticamente seleccionado para maximizar el peso y la longitud dorsal para la producción de carne (Whittemore, 1994). Consecuentemente, su tamaño corporal ha cambiado y los actos físicos de levantarse y tumbarse resultan difíciles, y relativamente incontrolados, incluso cuando no hay ninguna modificación impuesta por los diferentes sistemas de alojamiento. La importancia de estas necesidades espaciales de los cerdos en el diseño del alojamiento han sido reflejadas por Petherick (1983) y más específicamente para las cerdas en confinamiento por Baxter y Schwaller (1983) y Curtis et al. (1989). La mayoría de

las cerdas vacías en la industria porcina europea se alojan en cuadras permanentes o están atadas, y las reproductoras y lactantes en jaulas. Baxter y Schwaller (1983) encontraron que la mayoría de los diseños de las jaulas de parto en el Reino Unido (UK) están basadas en las necesidades de espacio estáticas de la cerda y no tienen en cuenta las necesidades de espacio dinámicas para tumbarse y ponerse de pie. Curtis et al. (1989) llegaron a la misma conclusión después de un estudio de jaulas de parto en los Estados Unidos (EEUU).

El confinamiento a largo plazo de las cerdas durante la gestación restringe la cantidad de ejercicio y conduce a una disminución de la masa de tejido muscular (Marchant y Broom, 1996) y del sistema cardiovascular (Marchant y Rudd, 1993). También es posible que el confinamiento altere los comportamientos de tumbado y levantado comparado con las cerdas sin ninguna restricción espacial. La persistente dificultad en realizar los movimientos necesarios para levantarse y tumbarse indica que el bienestar de la cerda es más pobre que si no existieran estas dificultades. La mayoría de la mortalidad de lechones es atribuible al aplastamiento por la cerda, tanto en interior (English y Wilkinson, 1982; English y Morrison, 1984) como en exterior (Edwards et al., 1994). Muchas muertes debidas al aplastamiento se producen durante transiciones tumbada-de pie (Edwards y Malkin, 1986; Marchant et al., 1996) y por tanto, cualquier dificultad en el levantado o tumbado puede tener implicaciones de bienestar para la camada (Baxter, 1984).

Los objetivos de estos estudios fueron comparar el tiempo invertido en el tumbado de las cerdas en diferentes sistemas de alojamiento de cerdas secas, e investigar los factores que afectan o influyen en este comportamiento. Los tiempos de tumbado y levantado posteriormente se estudiaron en el

sistema confinado de gestación en un sistema comercial y se investigaron los factores de raza.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevaron a cabo dos experimentos, condicionando el diseño del segundo a los resultados del primero.

EXPERIMENTO 1

Animales y alojamiento

El tiempo de tumbado fue investigado en 32 cerdas Large White x Landrace (Masterbreeders, Tring, UK), alojadas en dos sistemas diferentes para cerdas vacías en la Unidad de Bienestar Porcina de la Escuela de Veterinaria de Cambridge. Se estudió el comportamiento cuando todas las cerdas tenían una edad similar (entre el séptimo y octavo parto) y estado de gestación (media 55.3 días después de la cubrición). Las cerdas fueron sacrificadas aproximadamente 6 meses después de las medidas de comportamiento. Las cerdas fueron alojadas en dos secciones adyacentes con un diseño exterior idéntico, pero modificados interiormente para acomodar uno de los dos sistemas.

1) Cuadras ($n^{\circ} = 8$). Las cerdas fueron alojadas en cuadras individuales consistentes en armazones metálicos tubulares atornillados a un suelo elevado parcialmente enrejillado. Las medidas de las cuadras eran 2.0 m de largo x 0.6 m de ancho x 1.0 m de alto.

2) *Un grupo grande con un sistema de alimentación electrónico (ESF) ($n^{\circ} = 24$ de un grupo de 38 que incluía 14 animales no experimentales).* Este sistema consistía en un área de 16.6 m x 5.5 m dividido en área de descanso de paja y un área de estiércol sin paja, con una estación ESF situada en una esquina.

El manejo general fue similar en ambos sistemas. La temperatura ambiente se aumentó en el alojamiento con cuadras en condiciones frías pero fue similar en las dos secciones en tiempo cálido. Todas las cerdas tomaron una dieta comercial (Pigbreed 16 – BOCM Pauls, Ipswich, UK) que contenía (g/kg) 160 proteína bruta, 50 fibra, 9.5 calcio y 5.8 fósforo y proporcionaba 13 MJ/kg de energía digestible. La cantidad de dieta varió de la misma forma para todas las cerdas desde 2.0 kg/día a 7.5 kg/día, dependiendo de la condición corporal y del estado de gestación o de lactación. Las cerdas alojadas en el grupo grande también tenían acceso a la paja. Todas las cerdas eran rutinariamente pesadas a la entrada de la sala de partos y en el destete, en cada parto, y eran siempre devueltas al mismo sistema para cerdas vacías desde las 4 semanas después del servicio hasta una semana antes del parto. El alojamiento para el servicio consistía en grandes jaulas individuales con paja.

Procedimientos experimentales

Se midieron las cerdas para determinar la longitud corporal desde la coronilla hasta el comienzo de la cola, la altura hasta el punto del hombro y la anchura entre hombros y se pesaron antes de las observaciones de comportamiento. Los movimientos de las cerdas alojadas en cuadras se registró mediante una cámara estática remota (Panasonic WV-CD110AE) unida a un grabador de vídeo (Panasonic AG-6720 A) preparado para grabar a tiempo real (25 fotogramas por seg.). Las cerdas alojadas en grupo se registraron manualmente utilizando una videocámara (Panasonic GN300), también grabado a tiempo real, desde una plataforma de observación aérea situada en la sala.

La secuencia de movimientos durante el tumbado ha sido descrita previamente por Baxter y Schwaller (1983) y se registró de la siguiente manera. *Etapa 1.* Se levanta una pata delantera y se sitúa sobre el suelo, de forma que la cerda adquiere una posición

semi-arrodillada. La segunda pata se dobla y apoya en el suelo, de forma que la cerda queda totalmente arrodillada. *Etapa 2.* La cerda puede hacer una pausa antes de que continúe el movimiento. *Etapa 3.* La cerda desliza una rodilla hacia delante y gira la parte superior de su cuerpo para poner un hombro y un lado de la cabeza en el suelo. *Etapa 4.* La cerda otra vez puede hacer una pausa antes de continuar el movimiento. *Etapa 5.* La cerda baja sus cuartos traseros y gira ligeramente haciendo que las patas traseras se deslicen. Entonces los cuartos traseros descienden de forma que el muslo superior de una pata yace en el suelo.

Las cerdas alojadas en cuadras no pueden tumbarse libremente y tienen que apoyarse contra las paredes de la cuadra. Las cerdas alojadas en grupo, sin embargo, pueden tumbarse de dos formas diferentes. En la mayoría de las ocasiones, el tumbado se realiza con la asistencia de alguna ayuda, normalmente una pared, pero a veces con el cuerpo tumbado de otra cerda. En otras ocasiones, las cerdas se tumban sin ninguna ayuda en espacios abiertos. La secuencia del tumbado de cada cerda alojada en grupo se grabó cuatro veces contra una pared y cuatro veces en espacio abierto. Este número de movimientos por cerda se eligió en base a la investigación preliminar y se determinó que era un número suficiente de muestras por cerda para dar una media "real". Solo se incluyeron los tumbados tranquilos en el análisis y los tumbados alterados por factores externos, tales como la proximidad extrema de otras cerdas, ruidos recurrentes o actividad humana, fueron descartados. Las duraciones medias se calcularon para cada etapa separada de movimiento y para la secuencia de comportamiento completa, después de un análisis fotograma por fotograma de las cintas.

Aproximadamente 6 meses después, se pesaron las cerdas y se volvieron a medir las dimensiones físicas. Seis de las cerdas alojadas en cuadras y siete de las 24 cerdas

agrupadas fueron sacrificadas en la granja por inyección letal de pentobarbitona. Después del sacrificio, se diseccionaron 14 músculos locomotores individuales, cinco de la extremidad superior izquierda y nueve de la extremidad inferior izquierda. Los músculos que fueron extraídos, las razones para la elección y el procedimiento experimental fueron detallados anteriormente (Marchant y Broom, 1996).

Análisis estadístico

Los dos valores medios del tiempo invertido en las cerdas agrupadas estaban relacionados, mientras que los valores medios para las cerdas alojadas en cuadras no presentaban ninguna relación. Esto se obtuvo con ANOVA, los tests de Kruskal-Wallis y Friedman de ANOVA en dos vías resultaron sin validez. Las comparaciones iniciales entre sistemas de alojamiento sobre los tiempos individuales de etapas y el tiempo total invertido para tumbarse se realizaron utilizando los tests U de Mann-Whitney sobre los valores medios para las cerdas agrupadas. La comparación entre las dos formas diferentes de tumbarse para las cerdas agrupadas se realizó utilizando el test de Wilcoxon.

Se utilizó la regresión múltiple para examinar el grado de asociación entre el tiempo empleado en tumbarse y la longitud corporal, altura, anchura, peso y pesos musculares proporcionales. El escaso número de animales para los cuales eran válidos los datos del peso proporcional de músculo presentó dificultades en el análisis con el gran número de correlaciones parciales calculadas, aumentando la posibilidad de que produjera un error tipo I. El valor F parcial para la inclusión de una variable en el modelo (F para entrar), se fijó para una significación de nivel $P = 0.01$, aunque reconocemos el aumento de la posibilidad de un error tipo II, y la eliminación de relaciones potencialmente interesantes.

Análisis estadístico

El comportamiento de ponerse de pie se vio que tenía dos formas con diferentes duraciones. La primera forma (o categoría 1) se observó en respuesta a un estímulo, tal como un ruido recurrente o una persona entrando a la sala, y la cerda pasaba de estar tumbada a levantarse muy rápidamente. La segunda forma (o categoría 2) se observó durante los cambios de postura normales y era espontánea, es decir podía ocurrir sin una estimulación externa previa. Estas dos categorías podrían distinguirse claramente en base a la duración de la etapa 2. Cuando el estado 2 duraba menos de 2 seg., el comportamiento se incluía en la categoría 1; cuando duraba más, se incluía en la categoría 2.

Las comparaciones entre genotipos de tiempos medios para tumbarse y levantarse se realizaron con los tests U de Mann-Whitney. Las comparaciones entre categorías de levantado dentro del mismo grupo de cerdas se hizo con los tests de Wilcoxon. Las relaciones entre tiempos y dimensiones corporales, estado de gestación, genotipo y número de parto se realizaron con una regresión en etapas. Como el tamaño de la muestra era mayor ($n^{\circ} = 30$) que en el experimento previo, la significación del valor F de entrada se fijó en $P < 0.05$.

RESULTADOS

EXPERIMENTO 1

Las cerdas alojadas en cuadras invirtieron significativamente más tiempo para tumbarse y realizar cada etapa individual del tumbado que las cerdas alojadas en grupos (Tabla 1). Las cerdas agrupadas que se tumbaban en espacio abierto tardaban significativamente más en tumbarse y en realizar las etapas 2 y 5 de la secuencia que las cerdas agrupadas que se tumbaban junto a una pared (Tabla 1).

Cuando se realizaron las comparaciones de dimensiones corporales y peso, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre cerdas alojadas en cuadras y cerdas en grupo en la altura hasta el punto del hombro (840 (e.s. 10) mm frente a 829 (e.s. 6) mm respectivamente), anchura entre hombros (404 (e.s. 13) mm frente a 416 (e.s. 5) mm respectivamente), peso corporal durante las medidas de comportamiento (224 (e.s. 6) kg frente a 234 (e.s. 4) kg respectivamente), o peso corporal en el sacrificio (228 (e.s. 5) kg frente a 240 (e.s. 4) kg respectivamente). Sin embargo, las cerdas alojadas en cuadras tendían a ser más cortas que las agrupadas (1524 (e.s. 26) mm frente a 1573 (e.s. 12) mm respectivamente, $P=0.052$), incluso cuando tenían la misma edad y procedían del mismo grupo genético.

Hubo muchas diferencias significativas entre sistemas de alojamiento en los pesos musculares absolutos y pesos musculares expresados como una proporción del peso total corporal; en todos los casos las cerdas alojadas en cuadras presentaban músculos más ligeros que las cerdas agrupadas, tal y como se había observado previamente (Marchant y Broom, 1996).

Se realizó entonces un análisis de regresión para examinar la firmeza de la asociación entre los tiempos invertidos en tumbarse y las diferentes medidas corporales; el peso en el momento del sacrificio, la longitud, la altura, la anchura y los pesos proporcionales de los 14 músculos locomotores. Con un nivel de significación de F para entrada fijado en $P < 0.01$, se encontraron pocas asociaciones significativas.

El tiempo total invertido por las cerdas agrupadas en tumbarse contra una pared ($n = 7$) no se relacionó significativamente con ninguna de las medidas corporales aunque el tiempo invertido para completar la etapa 1 se asoció con la longitud ($F_{1,5} = 16.3$, $P = 0.01$, $R^2 = 0.75$), el tiempo para completar la etapa 4 se asoció con el peso proporcional

TABLA 1. COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS DE ETAPAS INDIVIDUALES Y TIEMPO TOTAL INVERTIDO EN TUMBARSE (EN SEGUNDOS), PARA CERDAS EN CUADRAS Y EN GRUPOS

	Cerdas en cuadras (n=8)		Cerdas agrupadas (n=24)		U Mann-Whitney		Cerdas agrupadas (n=24) Tumbadas en abierto		Cerdas agrupadas (n=24) Tumbadas contra pared		Rango Wilcoxon	
	Todo tipo de tumbado		Todo tipo de tumbado		Z	P	Media	e.s.	Media	e.s.	z	P
Etapa 1	3.01	0.62	1.98	0.10	-2.05	0.041	2.22	0.18	1.74	0.12	-1.92	0.056
Etapa 2	7.44	2.86	2.01	0.24	-3.48	<0.001	3.09	0.44	0.93	0.23	-3.63	0.001
Etapa 3	2.09	0.15	1.18	0.09	-3.74	<0.001	1.12	0.13	1.24	0.11	-0.39	0.700
Etapa 4	5.23	1.05	2.34	0.42	-2.96	0.003	2.61	0.60	2.06	0.48	-0.77	0.440
Etapa 5	2.66	0.31	1.79	0.14	-2.61	0.009	2.04	0.21	1.53	0.14	-1.99	0.047
Total	20.42	3.47	9.28	0.61	-3.57	<0.001	11.07	0.88	7.48	0.75	-2.82	0.004

del *biceps brachii* ($F_{1,5} = 17.5$, $P = 0.01$, $R^2 = 0.78$) y el tiempo para completar la etapa 5 se asoció con el peso proporcional del *deltoideus* ($F_{1,5} = 24.21$, $P = 0.01$, $R^2 = 0.83$).

El tiempo total invertido en tumbarse en espacio abierto para las cerdas agrupadas ($n = 7$) se asoció significativamente con el peso proporcional del *extensor carpi radialis* ($F_{1,5} = 54.0$, $P = 0.01$, $R^2 = 0.92$). Además, el tiempo invertido en completar la etapa 1 se asoció con el peso proporcional del *soleus/gastrocnemius* ($F_{1,5} = 16.3$, $P = 0.01$, $R^2 = 0.75$), y el tiempo en completar la etapa 4 con el peso proporcional del *extensor carpi radialis* ($F_{1,5} = 66.8$, $P < 0.001$, $R^2 = 0.93$).

El tiempo invertido por las cerdas alojadas en cuadras ($n = 6$) en completar la etapa 2 se asoció con el peso proporcional del *brachialis* ($F_{1,5} = 51.5$, $P < 0.001$, $R^2 = 0.93$). El tiempo total invertido en tumbarse por las cerdas alojadas en cuadras no se asoció significativamente con ninguna de

las medidas corporales con un nivel de significación de F para entrada fijado a $P < 0.01$. Sin embargo, con un nivel de significación de F fijado en $P < 0.05$, había una asociación fuerte con la longitud corporal ($F_{1,5} = 10.164$, $P = 0.008$, $R^2 = 0.72$). Cuando se realiza una regresión simple de la longitud corporal y el tiempo total invertido en tumbarse, utilizando datos de todos los animales alojados en cuadras ($n = 8$), la asociación fue significativa a nivel $P < 0.01$ ($F_{1,5} = 15.1$, $P = 0.008$, $R^2 = 0.72$).

EXPERIMENTO 2

Tumbado

No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre cerdas de cruce Hampshire y cerdas de cruce Landrace en longitud corporal (1503 (e.s. 14) mm frente a 1521 (e.s. 29) mm respectivamente), altura corporal (792 (e.s. 7) mm frente a 779 (e.s. 9)

TABLA 2. COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS MEDIOS INDIVIDUALES POR ETAPAS Y EL TIEMPO TOTAL INVERTIDO (SEG) EN TUMBARSE ENTRE CERDAS ALOJADAS EN CUADRAS DE DIFERENTES GENOTIPOS

Etapas	Cerdas de cruce Hampshire (n=20)		Cerdas de cruce Landrace (n=10)		Z	P
	Media	e.s.	Media	e.s.		
1	1.61	0.08	1.78	0.19	-0.462	0.644
2	7.20	0.79	10.80	1.74	-1.800	0.071
3	1.27	0.07	1.74	0.19	-2.200	0.028
4	5.06	0.66	5.18	1.01	-0.220	0.826
5	1.77	0.17	1.85	0.15	-0.920	0.356
Tiempo total	16.81	1.42	21.58	2.23	-1.69	0.090

mm respectivamente), anchura corporal (401 (e.s. 6) mm frente a 411 (e.s. 7) mm respectivamente), número de parto (2.8 (e.s. 0.3) mm frente a 3.2 (e.s. 0.8) mm respectivamente), o estado de gestación (56 (e.s. 3) mm frente a 54 (e.s. 4) mm respectivamente). La media del tiempo por todas las cerdas en tumbarse, fue de 18.4 seg. Las cerdas del cruce Landrace invirtieron significativamente más tiempo que las cerdas del cruce Hampshire en completar la etapa 3 y tendían a invertir más tiempo en completar la etapa 2 y en general en tumbarse (Tabla 2).

El tiempo total invertido por todas las cerdas (n = 30) en tumbarse se asoció significativamente con la longitud y la altura corporal. Los tiempos invertidos en completar las etapas 1, 2, 3 y 4 también se asociaron a la longitud corporal (ver Tabla 3). Con respecto al genotipo, el tiempo total invertido en tumbarse estaba más fuertemente asociado con la longitud corporal en las cerdas del cruce Landrace que en las del cruce Hampshire (ver Figura 1).

Levantado

Diecinueve de las 30 cerdas realizaron ambas categorías de comportamiento de levantarse. Hubo diferencias significativas entre categorías en la duración de todas las etapas y en el tiempo total invertido en levantarse (ver Tabla 4). Entre genotipos, las cerdas de cruce Landrace invirtieron significativamente más tiempo que las cerdas de cruce Hampshire en completar la etapa 2 cuando se levantaban deprisa (0.71 (e.s. 15) seg. y 0.35 (e.s. 0.11) respectivamente, $P < 0.05$). Había una asociación significativa entre la duración total de la categoría 1 y la longitud corporal ($F_{1,23} = 5.22$, $R^2 = 0.185$, $P < 0.05$) cuando se combinaban ambos genotipos, pero no cuando se consideraban los genotipos separadamente.

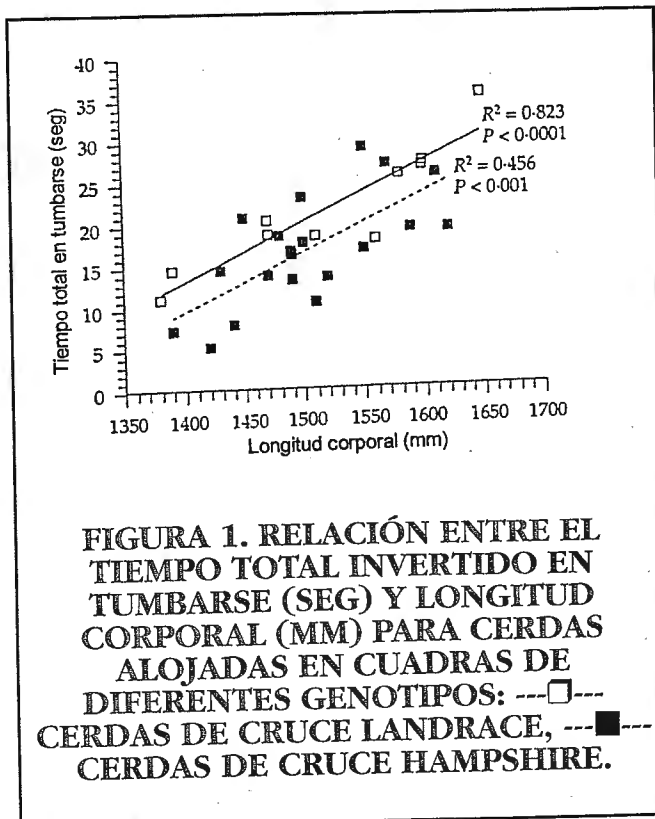
DISCUSIÓN

EXPERIMENTO 1

Los resultados muestran que las cerdas confinadas en cuadradas invierten significativamente más tiempo que las cerdas

TABLA 3. ECUACIONES DE REGRESIÓN CON RELACIONES SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS TIEMPOS INVERTIDOS (SEG) EN TUMBARSE Y LAS VARIABLES (LONGITUD, ANCHURA, ALTURA, NÚMERO DE PARTOS Y ESTADO DE GESTACIÓN) PARA CERDAS ALOJADAS EN CUADRAS

Y	Ecuación y factores usados	R ²	P	d.s. residual
Etapa 1	-2.7 + 0.03 longitud	0.222	<0.01	0.40
Etapa 2	-61.0 + 0.05 longitud	0.546	<0.001	3.06
Etapa 3	-3.8 + 0.003 longitud	0.287	<0.01	0.40
Etapa 4	-22.0 + 0.02 longitud	0.194	<0.05	2.66
Etapa 5	-----	-----	-----	-----
Tiempo total	-2.7 + 0.03 longitud	0.574	<0.001	4.56
	-2.7 + 0.03 longitud			
	+ 0.63 altura	0.637	<0.001	4.29



agrupadas para completar cada etapa individual de tumbado y en el comportamiento total. Los posibles factores que contribuyen a esta diferencia son: (1) efectos crónicos del sistema de alojamiento, es decir, efectos de las diferencias en la posibilidad de ejercitarse; (2) tipo de suelo, paja frente a no paja; y (3) efectos agudos del sistema de alojamiento, es decir efectos de la restricción física.

Hubo efectos crónicos del sistema de alojamiento, las cerdas alojadas en cuadras presentaron músculos locomotores más pequeños en proporción con el peso corporal total que las cerdas agrupadas. Las cerdas con pesos proporcionales musculares inferiores pueden haber tenido menor control muscular sobre los movimientos de tumbado. En la mayoría de los casos en los que los tiempos se correlacionaban con los pesos musculares proporcionales, la relación era positiva, con un tiempo invertido que aumentaba según aumentaba el peso muscular, indicando un mayor control

TABLA 4. COMPARACIÓN DE LOS TIEMPOS MEDIOS INVERTIDOS (SEG) EN LEVANTARSE DURANTE DIFERENTES CATEGORÍAS DE LEVANTADO (AMBOS GENOTIPOS COMBINADOS)

Etapas	Categoría 1 (n=19)		Categoría 2 (n=19)		Z	P
	Media	e.s.	Media	e.s.		
1	1.42	0.10	2.29	0.11	-3.66	0.001
2	0.52	0.12	54.31	13.66	-3.82	0.001
3	1.00	0.07	1.19	0.05	-2.01	0.044
Tiempo total	2.94	0.22	57.79	13.65	-3.82	0.001

muscular. Sin embargo, si los pesos musculares proporcionales inferiores influían en la diferencia entre cerdas en cuadras y agrupadas en el tiempo total de tumbado, es como si cualquier efecto fuera en dirección opuesta a lo observado. Junto con las diferencias en los pesos de músculos locomotores, las cerdas alojadas en jaulas tendían a tener cuerpos más cortos que las agrupadas, aunque pertenecieran al mismo grupo genético. Esto puede indicar la importancia del ejercicio para el crecimiento y desarrollo del músculo y el hueso para su potencial genético completo, puesto que los animales fueron asignados a sus respectivos sistemas de cerdas secas como nulíparas y continuaron el crecimiento en los sistemas de alojamiento.

Una cerda al tumbarse en hormigón, podría ser más rápida deslizándose, o tardar más, intentando evitar el resbalarse, que cuando se tumba en paja. Podría decirse que el tipo de suelo parece tener la mayor influencia en el tiempo invertido en tumbarse cuando la cerda se tumba en espacio abierto con completa libertad de movimiento y que sin paja, el tiempo total invertido podría ser altamente variable con un aumento de la imprecisión del

movimiento. Tanto en animales en cuadras como agrupados, el tiempo invertido en tumbarse fue bastante consistente entre individuos. Cuando el tiempo invertido en tumbarse era mucho mayor o menor que la media, solamente influían los factores externos mencionados anteriormente y estos sucesos no estaban incluidos en el análisis. Sin embargo de los resultados de este estudio, no es posible descontar el tipo de suelo como un factor que afecta a las diferencias entre sistemas de alojamiento en el tiempo invertido en tumbarse.

En las cuadras, el tiempo total invertido en tumbarse estaba fuertemente asociado con la longitud corporal. Este resultado, combinado con el hecho de que el tiempo total en tumbarse fue mayor que en las cerdas con libertad de movimiento, sugiere que las cuadras pueden restringir los movimientos de las cerdas durante el tumbado y que el grado de restricción puede aumentar según aumenta la longitud corporal. En el sistema de cerdas agrupadas, las cerdas tardaban más en tumbarse en espacio abierto que contra una pared. Los resultados muestran que el tiempo invertido en tumbarse en abierto

estaba positivamente correlacionado con los pesos proporcionales de algunos músculos individuales. Es necesario mayor control muscular cuando se tumban en abierto y aunque este estudio ha implicado solamente dos músculos que son cruciales para el control del tumbado (*extensor carpi radialis* y *soleus/gastrocnemius*), parece que hay otros músculos implicados que no están entre los 14 músculos seleccionados para la disección y análisis. El hecho de que las cerdas elijan más frecuentemente tumbarse contra una pared, puede demostrar una falta potencial de capacidad para controlar esta secuencia de movimientos, probablemente como consecuencia de la selección genética para el aumento de longitud dorsal.

EXPERIMENTO 2

Las cerdas en este estudio invirtieron una media de 18.4 seg en tumbarse. Esto es comparable con las cerdas alojadas en cuadras del experimento 1. Cuando se compararon los genotipos, las cerdas del cruce Landrace invirtieron significativamente más tiempo en completar la etapa 3 que las cerdas del cruce Hampshire. El tiempo invertido en completar la etapa 2 y el tiempo total para tumbarse también tendía a ser más largo para las cerdas del cruce Landrace. Estas diferencias no se pueden explicar en términos de dimensiones corporales, pero pueden ser debidas a diferencias en la conformación muscular. Los resultados confirman los datos del experimento 1, en el que el tiempo total invertido en tumbarse estaba fuertemente asociado con la longitud corporal para las cerdas confinadas. Esta relación fue más fuerte para las cerdas del cruce Landrace (ver Figura 1). También se dio una fuerte asociación entre la longitud corporal y todas las etapas del movimiento excepto en la etapa 5. Parece que, una vez iniciada, la etapa 5 es involuntaria, no tiene ningún elemento de control muscular y no está significativamente influida por ninguna de

las variables investigadas en este experimento.

La existencia de dos formas distinguibles de levantarse es interesante. Baxter y Schwaller (1983) incluyeron la duración registrada de levantado en un pequeño número de cerdas, y sus resultados mostraron claramente diferencias en la duración de la etapa 2, oscilando desde 0 hasta 106 seg. Baxter (1981, 1984) también describió el levantado en detalle, pero no diferenció entre levantado normal y levantado como una respuesta de alarma. Cuando se comparan las dos categorías de levantado, todas las etapas de movimiento fueron significativamente más cortas cuando la cerda respondía a un estímulo.

Hubo una asociación significativa entre la longitud corporal y el tiempo total invertido en levantarse, pero solo cuando se levantaban deprisa. El paso de sentado a levantado requiere un gran movimiento hacia delante y la extensión de la restricción de las necesidades espaciales dinámicas parecería que fueran el mayor factor determinante del tiempo invertido en levantarse deprisa. La duración del levantado despacio fue independiente de cualquiera de los factores examinados en este estudio. Cuando se compararon genotipos, las cerdas del cruce Landrace invirtieron significativamente más tiempo en completar la etapa 2 que las cerdas del cruce Hampshire cuando se levantaban deprisa.

GENERAL

Los resultados sugieren que sin restricción espacial, el tiempo invertido por las cerdas en tumbarse está grandemente determinado por el peso, en proporción al peso corporal total, de ciertos músculos implicados en el control del movimiento. Se podría desarrollar la hipótesis de que existirán relaciones similares entre las proporciones musculares y el tiempo

invertido cuando una cerda se levanta deprisa sin restricción espacial, puesto que en este caso el movimiento es totalmente dependiente de la acción muscular que trabaja contra la gravedad. Las cerdas alojadas en confinamiento cerrado a largo plazo tienen pesos musculares proporcionalmente inferiores (Marchant y Broom, 1996), y esto puede influir en cómo se tumba la cerda en espacios abiertos. Schmid y Hirt (1993) han demostrado que las cerdas confinadas en sistemas de alojamiento restringidos durante el crecimiento, posteriormente eligen apoyarse contra una pared el 77% de las ocasiones cuando se tumban en un espacio abierto, comparado con solo el 3% de ocasiones para las cerdas que previamente se alojaron en estabulación libre durante el crecimiento.

Una vez situadas en cuadras de gestación comerciales, el tiempo total invertido en levantarse deprisa y en tumbarse está asociado con la longitud corporal, lo que sugiere un aumento en la dificultad de llevar a cabo el movimiento, debido a una mayor restricción espacial. Taylor et al. (1988) registraron que las nulíparas gestantes introducidas en cuadras y atadas pronto reducen el número de veces que se levantan y se tumban comparadas con las nulíparas en estabulación libre, y sugirieron que esto era debido probablemente a la dificultad de realizar estos movimientos. Sin embargo, como en nuestro estudio, había diferencias en el tipo de suelo entre los tratamientos confinados y libres, lo que podría ser un factor de influencia.

Los dos tipos de cuadras de gestación comerciales utilizados en los experimentos no proporcionaban a la cerda el espacio suficiente para tumbarse fácilmente. El requerimiento espacial de las cerdas durante el cambio de postura ha sido investigado por Baxter y Schwaller (1983) y Curtis et al. (1989). Ambos descubrieron

que la mayoría de las jaulas de parto disponibles en UK y US estaban diseñadas basándose en requerimientos espaciales estáticos de los animales y no tenían en cuenta la cantidad de espacio necesario durante el levantado y el tumbado. Durante estos movimientos, hay un grado de movimientos laterales, hacia delante y hacia atrás fuera de los límites de los requerimientos estáticos.

Teniendo en cuenta necesidades espaciales dinámicas, la gran mayoría de las cuadras de gestación y jaulas de parto son demasiado pequeñas en anchura y longitud para permitir que el tumbado y levantado se lleven a cabo sin restricción espacial. Los problemas de la restricción espacial serán peores según continúe aumentando el tamaño de la cerda madura. Los tamaños maduros de 300+ kg cada vez son más frecuentes (Whittemore, 1994), haciendo que los sistemas de alojamiento existentes sean más y más inadecuados y con consecuencias para los futuros diseños de instalaciones. La restricción durante el movimiento puede imponer un stress biomecánico severo en la cerda (Baxter, 1981), que puede ser un factor causante de la cojera observada en cerdas alojadas en confinamiento (Bäckström, 1973; Tillon y Madec, 1984). Sin embargo, el hecho de que la mayoría de los sistemas de alojamiento operen sin paja y la mayoría de los sistemas de estabulación libre se basen en paja será un factor de influencia en la incidencia de la cojera.

El impedimento del control muscular por la restricción espacial también tiene implicaciones en el diseño del sistema de partos. En un sistema de partos abierto, las cerdas tendrán un comportamiento de pre-tumbado y se tumbarán cuidadosamente (Blackshaw y Hagelsø, 1990). Esto reducirá la posibilidad de muertes de lechones debidas a aplastamiento pero solo si la cerda tiene el control muscular adecuado. Las cerdas alojadas en cuadras tienen

menores pesos musculares proporcionales que las cerdas alojadas en grupos y por tanto, tendrían una capacidad reducida de tumbarse de forma controlada si se sitúan en un sistema de partos abierto. La capacidad de levantarse deprisa es también importante en la sala de partos, puesto que la cerda puede necesitar responder a los gruñidos de un lechón atrapado. Cronin y Copley (1991) observaron que todas las nulíparas de su estudio, que habían parido recientemente en sus jaulas, se levantaban rápidamente en respuesta a estímulos táctiles y auditivos realizados cuando realizaban la etapa 1 del tumbado. Sin embargo, Hutson et al. (1991) utilizando cerdas entre el primer al noveno parto detectaron una respuesta muy variable a los mismos estímulos y ellos propusieron que era debida a variaciones genéticas. Estas diferencias aparentes podrían ser debidas al tamaño de la cerda y al grado de restricción impuesto por la jaula. Las nulíparas pueden ser más ligeras, más pequeñas, más móviles y menos restringidas espacialmente que las cerdas de noveno parto, y por lo tanto tienen mayor capacidad de levantarse rápidamente.

CONCLUSIONES

El tiempo invertido por las cerdas de cuerdas de gestación en levantarse rápidamente y en tumbarse aumenta según aumenta el tamaño corporal. Esto puede ser debido a un aumento en la restricción espacial. Tumbarse en un ambiente sin restricciones está bajo control muscular y el grado de control depende de la proporción de los músculos implicados en el peso corporal total. La proporción de un músculo con respecto al peso corporal tiene una base genética pero está influida por el ambiente de cerdas vacías. Los factores que afectan el tumbado y levantado deberían considerarse cuando se diseñan las instalaciones de cerdas vacías y de parto, puesto que un diseño inapropiado puede afectar el bienestar de la cerda y de su camada.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos agradecer a Phil Maltby y Paul Carter por su cuidado y atención en cuidar de los cerdos en Cambridge y a David Overton por permitirnos acceder a su sistema comercial. También queremos agradecer al Dr. H. Bradshaw y a un asesor anónimo por sus comentarios sobre el esquema inicial de este artículo. JNM fue fundado por una beca del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido.

BIBLIOGRAFÍA

- BÄCKSTRÖM, L.** 1973. Environment and animal health in piglet production. *Acta Veterinaria Scandinavica* 41: (suppl.) 1-240.
- BAXTER, M.R. NAD SCHWALLER, C.** 1983. Space requirements for sows in confinement. In *Farm animal housing and welfare* (ed. S. H. Baxter, M. R. Baxter and J. A. C. MacCormack). Current topics in veterinary medicine and animal science, vol. 24, pp. 181-194. Martinus Nijhoff, The Hague.
- BAXTER, S. H.** 1981. Welfare and the housing of the sow and suckling pigs. In *The welfare of pigs* (ed. W. Sybesma). Current topics in veterinary medicine and animal science, vol. II, pp. 276-311. Martinus Nijhoff, The Hague.
- BAXTER, S. H.** 1984. Intensive pig production: environmental management and design. Granada, London.
- BLACKSHAW, J. K. AND HAGELSO, A. M.** 1990. Getting-up and lying-down behaviours of loose-housed sows and social contacts between sows and piglets during day 1 and day 8 after parturition. *Applied Animal Behaviour Science* 25: 61-70.
- BRAMBELL COMMITTEE.** 1965. Report of technical committee to enquire into the welfare of animals kept under intensive husbandry systems. Her Majesty's Stationery Office, London.

- CRONIN, G. M. AND CROPLEY, J. A. 1991. The effect of piglet stimuli on the posture changing behaviour of recently farrowed sows. *Applied Animal Behaviour Science* 30: 167-172.
- CURTIS, S. E., HURST, R. J., WIDOWSKI, T., SHANKS, R., JENSEN, A., GONYOU, D., BANE, A., MUEHLING, A. AND KESLER R. 1989. Effects of sow-crate design on health and performance of sows and piglets. *Journal of Animal Science* 67: 80-93.
- EDWARDS, S.A. AND MALKIN, S.J. 1986. An analysis of piglet mortality with behavioural observations. *Animal Production* 42: 470 (abstr.).
- EDWARDS, S.A., SMITH W. J., FORDYCE, C. AND MACMENEMY, F. 1994. An analysis of the causes of piglet mortality in a breeding herd kept outdoors. *Veterinary Record* 135: 324-327.
- ENGLISH P. R. AND MORRISON, V. 1984. Causes and prevention of piglet mortality. *Pig News and Information* 5: 369-376.
- ENGLISH P. R. AND WILKINSON, V. 1982. Management of the sow and litter in late pregnancy and lactation in relation to piglet survival and growth. In *Control of pig production* (ed. D. J. A. Cole and G. R. Foxcroft), pp. 479-506. Butterworths, London.
- HUTSON, G. D., WILKINSON, J. L. AND LUXFORD, B. G. 1991. The response of lactating sows to tactile, visual and auditory stimuli associated with a model piglet. *Applied Animal Behaviour Science* 32: 129-137.
- KROHN, C. C. NAD MUNKSGAARD, L. 1993. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose-housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. II. Lying and lying-down behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 37: 1-16.
- MARCHANT, J. N. AND BROOM, D. M. 1996. Effects of dry sow housing conditions on muscle weight and bone strength. *Animal Science* 62: 105-113.
- MARCHANT, J. N., BROOM, D. M. AND CORNING, S. 1996. The effects of sow maternal behaviour on piglet mortality in an open farrowing system. *Animal Science* 62: 675 (abstr.).
- MARCHANT, J. N. AND RUDD, A. R. 1993. Differences in heart rate response at feeding between stall-housed and group-housed sow. *Animal Production* 56: 423 (abstr.).
- MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD. 1990. Codes of recommendation for the welfare of livestock. Her Majesty's Stationery Office, London.
- PETHERICK, J. C. 1983. A biological basis for the design of space in livestock housing. In *Farm animal housing and welfare* (ed. S. H. Baxter, M. R. Baxter and J. A. C. MacCormack). Current topics in veterinary medicine and animal science, vol. 24, pp. 103-120. Martinus Nijhoff, The Hague.
- SCHMID, H. AND HIRT, H. 1993. Influence of domestication and housing conditions on the behaviour of lying down in sows. In *Proceedings of the international congress on applied ethology* (ed. M. Nichelmann, H. K. Wierenga and S. Braun), pp. 458-462. K. T. B. L., Darmstadt, Germany.
- TAYLOR, L., FRIEND, T. AND SMITH, L. A. 1988. Effects of housing on in situ postures of gestating gilts. *Applied Animal Behaviour Science* 19: 265-272.
- TILLON, J. P. AND MADEC, F. 1984. Diseases affecting confined sows. Data from epidemiological observations. *Annales de Recherches Vétérinaires* 15: 195-199.
- WHITTEMORE, C. T. 1994. Causes and consequences of change in the mature size of the domestic pig. *Outlook on Agriculture* 23: 55-59.