



CONTROL Y PREVENCIÓN DE LAS CLAUDICACIONES ASOCIADAS A LESIONES DE LAS PEZUÑAS EN VACAS LECHERAS

Rodrigo Carvalho Bicalho

*Department of Population Medicine and Diagnostic Sciences
College of Veterinary Medicine, Cornell University, Ithaca, NY 14853*

Introducción

La claudicación es un tema de bienestar animal fundamental en la producción lechera moderna (Espejo y Endres, 2007, Vermunt, 2007). Las vacas cojas pueden experimentar molestias y dolor prolongado (Green y col., 2002). Además, la claudicación ha sido clasificada como el indicador de bienestar de origen animal más representativo en el ganado lechero (Whay y col., 2003). La claudicación es una cuestión de bienestar importante, debido a su alta prevalencia en los rodeos de todo el mundo y a sus efectos debilitantes (Bicalho col., 2007, Cook, 2003). En el Estado de Nueva York, se reportó que la incidencia de cojeras en los primeros 70 días de lactancia varió de 26,5% a 54,2% (Bicalho et al, 2007.). En Wisconsin, Cook y col. (2003) comunican una incidencia de claudicaciones del 21,1% en verano y 23,9% en invierno. En el Reino Unido la incidencia de cojeras parece estar en aumento, ya que los informes anteriores a 2006 indican una prevalencia inferior al 25% (Clarkson col., 1996, Huxley col., 2004, Whay col., 2003), mientras que informes recientes indican una prevalencia por encima de 35% (Barkery col., 2010, Haskell y col., 2006) (Figura 1). Es importante destacar que otras enfermedades como la mastitis y metritis pueden infligir una molestia similar o incluso mayor a muchos animales. Es necesario agregar, que cualquier enfermedad que comprometa el bienestar de las vacas lecheras debe ser enfrentada. Sin embargo, ninguna otra enfermedad en ganado lechero se asocia con signos tan claros de dolor. Por ello, la alta prevalencia de claudicaciones podría ser aprovechada por grupos de activistas que buscan dañar la percepción pública de la industria láctea. Para el bienestar animal y las perspectivas de las relaciones públicas, las claudicaciones son un problema que debe recibir atención inmediata por parte de la industria y la comunidad científica.

El efecto negativo de la claudicación sobre la reproducción se reportó por Sprecher y col. (1997), quienes describen un sistema de puntuación de claudicación y su asociación con los resultados reproductivos: las vacas consideradas cojas antes de que finalizaran el período de espera voluntario, habían empeorado su rendimiento reproductivo en comparación con vacas no cojas. Hernández y col. (2001), utilizando una versión modificada del sistema de puntuación descrito por Sprecher y col. (1997) encontraron un aumento en el intervalo parto-concepción en vacas con altos puntajes de locomoción frente a vacas con bajos puntajes. La aparición de cojeras en el postparto temprano puede afectar a la reproducción, ya que disminuye el consumo de alimento, lo que agrava el balance energético negativo. Hammon y col. (2006) reportaron que el balance energético negativo en vacas parturientas se asocia con alteraciones uterinas. Garbarino y col. (2004) informaron que vacas

clasificadas como cojas en los primeros 35 días de la lactancia retrasaron la reanudación de la ciclicidad ovárica posparto, estimando que el retardo en el comienzo de la ciclicidad en vacas cojas podría reducirse en un 71% si se previene la claudicación.

Sprecher y col. (1997) reportaron que vacas con puntajes de locomoción > 2 tuvieron 8,4 veces más probabilidades de ser sacrificadas. Booth y col. (2004) analizaron un gran conjunto de datos de tambos de Nueva York y observaron que vacas clasificadas como cojas eran 2 veces más propensas a ser sacrificadas que las vacas sanas. El efecto de las claudicaciones y el riesgo de sacrificio podría relacionarse con la disminución de la producción de leche y el desempeño reproductivo, sin embargo, la claudicación severa puede requerir el sacrificio o eutanasia si se afecta la movilidad de la vaca. Actualmente, existe la convicción de que la cojera conduce a pérdidas significativas de producción de leche. Aunque intuitiva, la cuantificación de las pérdidas de producción asociadas con la claudicación es difícil. Dohoo y Martin (1984) informaron que las vacas afectadas con lesiones a nivel de pezuña y miembro posterior habían aumentado la producción de leche en comparación con vacas control. Del mismo modo, Lucey col. (1986) reportaron una asociación positiva entre úlcera de suela y enfermedad de la línea blanca con producción de leche. Hultgren y col. (2004) reportaron que la úlcera de suela se asoció positivamente con la producción de leche. Actualmente, se sabe que vacas cojas producen más leche que las vacas sanas antes de que presenten un evento de claudicación. Por ejemplo, Green y col. (2002) informaron que las vacas cojas producían más leche antes de un evento cojera que después, y Bicalho col. (2008) reportaron que las vacas cojas producen 3,2 kg de leche por día más que las vacas sanas durante las 3 primeras semanas de lactancia. Al contabilizar la mayor producción de leche en las primeras 3 semanas de lactancia, se estimó que la cojera se asoció con una disminución global de la producción de leche de 424 kg para un período de lactancia de 305 días (Bicalho col., 2008). Curiosamente, las vacas más productoras tienen mayor riesgo de contraer enfermedades como úlcera de suela y enfermedad de la línea blanca. Oikonomou col. (2013) recientemente ha confirmado esta conclusión utilizando datos de lactancia de más de 11.000 vacas.

A pesar de su innegable importancia, las cojeras no han recibido la atención que merecen por parte de la comunidad científica. Una búsqueda sencilla (14 de Setiembre de 2012) en la Biblioteca de Medicina de los Estados Unidos (PubMed: www.pubmed.com) utilizando las palabras clave "mastitis bovina", devolvió 6510 artículos científicos, mientras que al usar las palabras "cojera bovina" devolvió solo 831 artículos (Figura 2). Los resultados de la investigación en un tema determinado son consecuencia directa de la inversión de fondos para investigación en



esa materia. La investigación sobre las enfermedades infecciosas de importancia veterinaria están fuertemente financiadas por las compañías farmacéuticas y la investigación de enfermedades infecciosas con potencial zoonótico o que involucran la seguridad alimentaria se financian tradicionalmente a través de los organismos gubernamentales. La mayoría de las enfermedades asociadas con la cojera no son infecciosas (por ejemplo, úlceras de suela, enfermedad de la línea blanca, y úlceras de dedo) y no suponen una amenaza para los seres humanos, de ahí la escasa financiación para investigación dedicada al estudio de la cojera y el escaso número de publicaciones científicas al respecto.

En el ganado lechero, existen varias enfermedades asociadas con claudicación: por ejemplo, enfermedades infecciosas de la pezuña (dermatitis digital, necrobacilosis interdigital, dermatitis interdigital) o enfermedades no infecciosas del miembro anterior (por ejemplo, de los músculos, tendones, ligamentos, lesiones en las articulaciones o huesos). Las úlceras de suela y enfermedad de la línea blanca son lesiones de la pezuña asociadas con cojera y, a menudo atribuidos a laminitis subclínica (término comúnmente utilizado para explicar la causa de las alteraciones en la formación del estuche córneo). Hoblet y Weiss (2001), se focalizaron en las anomalías de formación del estuche córneo por se, independientemente de si ha ocurrido o no una respuesta inflamatoria inicial primaria, para la que sugirieron el uso del término "lesiones del estuche córneo", mientras que un término similar (lesiones en la formación del estuche córneo (LFEC) ha sido utilizado por nuestro grupo de investigación para describir las lesiones relacionadas con la formación anormal de la pezuña y específicamente úlceras de suela y enfermedad de la línea blanca (Machado y col., 2010). Las enfermedades más prevalentes asociadas con cojera y dolor han sido las úlceras de suela y enfermedad de la línea blanca (Murray y col., 1996), que representan más del 65% de todas las lesiones diagnosticadas en vacas cojas a simple vista (Bicalho y col., 2007). Entre varias enfermedades relacionadas a cojeras, las úlceras de suela fueron las asociadas a mayores pérdidas económicas, con estimación de más de 200 US\$ por caso (Cha y col., 2010). Por lo tanto, nos vamos a centrar en el resto de esta revisión en la etiología y prevención de las lesiones en la formación del estuche córneo.

Patogénesis de las lesiones en la formación del estuche córneo de la pezuña

Para comprender mejor cómo se puede prevenir LFECs trascendente aclarar su posible etiología, patogénesis y factores de riesgo. A pesar de la importancia de las cojeras de etiología no infecciosa, su fisiopatología aún no se entiende completamente. La laminitis clínica (inflamación aguda de la lámina dérmica de la pared de la pezuña bovina) de las especies bovina y equina causadas por alta ingesta de hidratos de carbono fácilmente fermentescibles se ha descrito en la literatura y, posiblemente, conocido desde hace siglos (Bazeley y Pinzent, 1984, Danscher y col., 2010). La laminitis clínica en el ganado vacuno es una enfermedad relativamente

rara, pero la laminitis subclínica como consecuencia de la acidosis ruminal subaguda (SARA) se asumió durante mucho tiempo como causa principal de LFEC. Se encontró que la acidosis ruminal subaguda inducida por alimentación intensiva en ganado de alta producción, era un factor de riesgo para la laminitis subclínica (Bergsten, 1994, de Cook y col., 2004). Se planteó la hipótesis de que SARA daña la mucosa ruminal, permitiendo el pasaje de sustancias tóxicas intra-ruminales que se liberan en el torrente sanguíneo y, finalmente, alcanzan las pezuñas, donde las toxinas activan las Metaloproteinasas de la matriz (MMPs) que degradan las fibras de colágeno del aparato suspensor. El aparato suspensor debilitado, permite que la falange distal se mueva excesivamente dentro de la pezuña, lo que resulta en el desplazamiento y hundimiento de la falange distal, causando lesión del tejido blando que está debajo del tubérculo flexor de la tercera falange y, finalmente, conduce a LFEC (Lischer y col., 2002). Esta hipótesis fue evaluada por Danscher y col. (2010), quienes trataron de determinar el efecto de la laminitis clínica (provocando acidosis ruminal por sobrecarga de oligofruktosa) en la fuerza de los tejidos de suspensión de la tercera falange bovina. En su estudio, se indujo con éxito laminitis clínica en 10 vaquillonas, se utilizaron 6 vaquillonas como control que no recibieron ningún tratamiento. Todos los animales se sacrificaron y se realizaron pruebas histológicas y biomecánicas de los dedos. La laminitis se confirmó por histología, pero las evaluaciones biomecánicas no demostraron efecto de la acidosis en el tipo de apoyo de la falange distal. Es importante reconocer que el trabajo de Danscher y col. (2010) estudió laminitis aguda y no laminitis subclínica, que es un problema crónico degenerativo y no necesariamente inflamatorio, el cuál se cree está asociada con LFEC. Otros investigadores han tratado de asociar la ingesta de alto contenido de almidón y LFEC. Bergsten y col. (1996a) investigaron el efecto de la dieta y el suelo en las hemorragias de suela y concluyeron que una dieta alta en almidón (6,5 kg/d de granos contra 0,4 kg/d de granos) no se asoció con un aumento del score de hemorragias de suela. Sin embargo, cuando se evaluó una combinación del efecto del suelo y la dieta durante el período de transición (3 semanas antes y 13 semanas después del parto), se detectó una interacción significativa entre ambas: vaquillonas con una dieta rica en concentrados y alojadas en establos con suelos de hormigón tenían mayores puntuaciones de hemorragia de suela (Bergsten y col., 1996b). Livesey y col. (2003) compararon una dieta de alto contenido de almidón con una dieta alta en fibra (manteniendo la relación forraje/concentrado de la misma) y no informaron ningún efecto significativo sobre aparición de hemorragias en el tejido córneo. Offer y col. (2004) también investigaron los posibles efectos de una dieta alta en almidón sobre LFEC y no informaron asociaciones significativas. Webster y col. (2001) reportaron que la alimentación húmeda se asoció con una mayor gravedad de lesiones de formación del estuche córneo en vacas alojadas en un establo libre (freestall) con pasajes de hormigón, pero no en vacas alojadas en piso con cama de paja. A pesar de la escasez de evidencia científica, la hipótesis



de que SARA sea una causa importante de LFEC, cuenta con un fuerte apoyo de los médicos veterinarios y nutricionistas, de que la conexión es real. Sin embargo, es posible que la relación entre SARA y LFEC sea confundida con producción de leche y estado corporal. La producción de leche está directamente relacionada con la ingesta de materia seca, y tanto la ingesta de materia seca y la producción de leche están directa y negativamente asociadas con el pH del rumen (Geishauser y col., 2012). Además, se encontró que vacas de alta producción son significativamente más delgadas que las vacas de baja producción (Machado y col., 2010), y estados corporales bajos se han asociado repetidamente con cojera. Por ejemplo, Hoedemaker y col. (2008) reportaron que vacas con baja condición corporal al parto eran 9,4 veces más propensas a desarrollar claudicación en toda la lactancia en comparación con vacas en mejor condición. En otro estudio, el riesgo de problemas podales aumentó 7 veces después del parto en vacas que fueron consideradas de bajo estado corporal en el secado (Gearhart y col., 1990). Se ha planteado la hipótesis de que el balance energético negativo responsable por la pérdida de condición corporal, se asocia un mayor riesgo de cojera (Hassall y col., 1993). Por lo tanto, el pH ruminal bajo simplemente podría ser un marcador de ingesta de materia seca, con la producción de leche provocando confusión, pero no siendo una causa directa de LFEC. Es evidente, desafortunadamente, que el conocimiento de la patogénesis de la laminitis equina, se haya aplicado irreflexivamente, al de las cojeras bovinas, sin tener en cuenta la profunda diferencia anatómica y fisiológica entre las dos especies. Los esfuerzos de la industria lechera para evitar la cojera bovina a través de la nutrición, han fracasado claramente en reducir su incidencia (Figura 1). Últimamente ha avanzado la hipótesis de que la LFEC es consecuencia de las contusiones dentro de la pezuña (Raber y col., 2004, Tarlton y col., 2002). Raber y col. (2004) reportaron que es aceptado ampliamente por los trabajadores, en el hemisferio norte, que la LFEC se origina a partir de tejido lesionado dentro de la pezuña. Esta hipótesis también puede explicar mejor el hecho de que generalmente, se producen úlceras de suela en el dedo lateral de las extremidades traseras (Smits y col., 1992). Las mediciones de las fuerzas de reacción del suelo sobre la pezuña mostraron que los dedos laterales de la extremidad posterior recibieron mayor presión vertical en promedio que los dedos mediales (Phillips y col, 2000; Van der Tol y col, 2002; Van der Tol y col., 2003). Además, Meyer y col. (2007), utilizando filmación de alta velocidad para analizar la marcha de las vaquillonas, mostró que los dedos laterales de las patas traseras son siempre los primeros en golpear el suelo. La movilidad de la tercera falange dentro de la pezuña puede ser influenciada por eventos fisiológicos como la preñez avanzada y el parto. Tarlton y col. (2002) informaron de que, alrededor de la época de parto, hay un aumento en la laxitud del tejido conectivo de soporte de la tercera falange dentro de la pezuña. Lo que se traduce en un aumento de la movilidad de la tercera falange y, por consiguiente aumento de la presión entre el cóndilo lateral y la suela. El aumento de la laxitud se atribuyó a los cambios hormonales que se

producen en el parto, sobre todo al aumento de los estrógenos y relaxina. La relaxina es secretada por los ovarios y la placenta alrededor del parto y tiene influencia sistémica en la laxitud del tejido conectivo. El estrógeno se considera que generalmente tiene una influencia anabólica en el tejido conectivo. Por lo tanto, el aumento en la laxitud de la tercera falange podría ser consecuencia de la presencia de ambas hormonas (Tarlton y col, 2002). Además, el aparato suspensor en el bovino está menos desarrollado que en el caballo, y por lo tanto la almohadilla digital bovina debe soportar mayor proporción de peso corporal (Maierl y col, 2000; Westerfeld y col, 2000; Lischer y col, 2002). La almohadilla digital es una estructura compleja, compuesta principalmente de tejido adiposo situado debajo de la tercera falange, que desempeña una función de amortiguación de la compresión entre la falange distal y el corion. La importancia biomecánica de la almohadilla digital es bien conocida (Logue y col, 2004; Raber y col, 2006; Raber y col, 2004).

Nuestro grupo de investigación realizó un estudio transversal en 501 vacas Holstein para investigar la asociación entre las lesiones de la pezuña y el espesor de la almohadilla digital (Bicalho y col., 2009). El espesor de la misma se evaluó mediante el examen ecográfico de la suela en el lugar típico que se presenta la úlcera (Figura 3). El estudio reveló ser un fuerte predictor de cojera: vacas con espesor de almohadilla en el cuartil superior tuvieron una prevalencia 15 puntos menor de cojeras que vacas en el cuartil inferior (Bicalho y col, 2009.). El espesor de la almohadilla digital fue altamente asociado con el estado corporal, aumentando el espesor gradualmente a medida que este aumenta. Además, se observó que el espesor de la almohadilla disminuyó de manera constante durante los primeros meses de lactancia, alcanzando su punto más bajo 120 días después del parto, lo que coincide con la aparición del pico de cojeras. Las vacas lecheras experimentan pérdida de condición corporal en la lactancia temprana como consecuencia de la movilización de tejido adiposo para sustentar la producción de leche (Rastani y col., 2001). La almohadilla digital se compone principalmente de tejido adiposo (Raber y col., 2006). Por lo tanto, las vacas lecheras en lactancia no sólo están movilizando el tejido adiposo de otras partes del cuerpo tales como la grasa subcutánea, músculo, y grasa intra-abdominal, sino también desde la almohadilla digital, reduciendo potencialmente su capacidad de absorción de choques.

Para validar los resultados del primer estudio, se realizó un segundo estudio de cohorte prospectivo longitudinal, con el objetivo de investigar la asociación entre el diámetro de la almohadilla digital al secado y la probabilidad de cojera en la siguiente lactancia (Machado y col., 2011). En este estudio se utilizaron un total de 574 vacas lecheras Holstein, y midiéndose estado corporal, índice visual de locomoción y ecografía de la suela, para la medición del diámetro de la almohadilla digital. Las vacas que fueron diagnosticadas con úlceras de suela y enfermedad de la línea blanca en la lactancia, tuvieron significativamente menor diámetro de la almohadilla digital al secado, en comparación con vacas sin cojeras. Se relacionó nuevamente de forma lineal condición corporal



con el diámetro de la almohadilla digital (Figura 4). La almohadilla digital sirve como un “amortiguador” entre el borde del tubérculo flexor de la tercera falange y el tejido blando responsable de la síntesis de la sustancia córnea, es decir, el corium. Sin embargo, es importante comprender que la causa primaria de LFEC es el trauma constante dentro de la pezuña, infligidas por el movimiento excesivo de la tercera falange. Raven y col. (1985) caracterizaron la región de la suela que se encuentra por debajo del tubérculo flexor de la tercera falange como el “sitio típico” para la presentación de lesiones, es decir, el sitio más comúnmente asociado con el desarrollo de úlceras de suela. La prevención de LFEC través de la mejora en la capacidad de absorción de choques de la almohadilla digital puede ser posible mediante la mejora del estado corporal o la potencial mejora de las propiedades biomecánicas a través de la nutrición o la selección genética. El papel del recorte funcional en la prevención de LFEC también es innegable (Raven y col, 1985; Shearer y Van Amstel, 2001). Manske y col. (2002), asignaron aleatoriamente 3444 vacas lecheras a dos tratamientos (recorte funcional en otoño o no) e informaron que las vacas que fueron recortadas en otoño tenían probabilidades significativamente menores de cojera (odds ratio: 0:66) y úlceras de suela (odds ratio: 0:59). La prevención del trauma dentro de la pezuña a través de mejoras en los sistemas de alojamiento para mejorar la comodidad de la vaca, así como en el manejo de los animales para reducir el período que permanecen de pie y aumentan en reposo provocan resultados inmediatos en el tiempo.

OPORTUNIDADES PARA LA PREVENCIÓN DEL TRAUMA DENTRO DE LA PEZUÑA Y DE LAS LESIONES DE FORMACIÓN DEL ESTUCHE CÓRNEO

Superficie del suelo

La intensificación y consolidación de la industria láctea es un fenómeno mundial, y los sistemas productivos de estabulación libre, que son los más utilizados en América del Norte (Gómez y Cook, 2010), están ganando popularidad e importancia rápidamente en las regiones productoras de leche en el mundo. Sin embargo, los establecimientos que utilizan sistemas de estabulación fija, siguen siendo muy comunes en Canadá y en menor proporción en los Estados Unidos (Cramer y col., 2009). La prevalencia de cojeras varía dramáticamente entre rodeos con sistemas de producción similares, lo que sugiere que el manejo y el diseño de las instalaciones desempeñan un papel importante.

Los sistemas de producción en confinamiento sobre piso de hormigón son reconocidos hace tiempo como un factor de riesgo significativo para LFEC (Bazeley y Pinsent, 1984, Cook y Nordlund, 2009). Hernández Mendo y col. (2007) colocó al azar vacas sobre pastoreo y en estabulación libre, y reportó una mejoría significativa en la puntuación de locomoción de las vacas mantenidas en pastoreo, a pesar de que estas vacas pasaron significativamente menos tiempo echadas en comparación con las vacas en estabulación libre. Se ha sugerido que las lesiones se encuentran más comúnmente en la pezuña del dedo

externo del miembro posterior, debido a injurias biomecánicas en reposo y al caminar sobre superficies duras, causadas por fuerzas de reacción del suelo en la interfase pezuña-suelo. Además, a menudo el dedo externo tiene sobrecrecimiento (Clarkson y col., 1996, Russell y col., 1982). Vermunt y Greenough (1996) investigaron la incidencia de hemorragias de suela en vaquillonas en establos con pisos de hormigón, versus otras que se encontraban sobre un terreno seco al aire libre. Informaron que las vaquillonas en establo tuvieron mayor incidencia y gravedad de hemorragias en comparación con los animales que estaban al aire libre. Por lo tanto, la mejoría en el score de marcha observada por Hernández-Mendo y col. (2007) es probablemente una consecuencia directa de la mejora en la distribución biomecánica del peso en la pezuña y no una consecuencia de la nutrición. El confinamiento sobre hormigón o sobre otras superficies duras agravan los efectos físicos del soporte del peso sobre las pezuñas, en tanto, sobre las superficies de tierra estos efectos se amortiguan. Además, los suelos de hormigón a veces están mojados y cubiertos con una capa de materia fecal líquida, como consecuencia, las pezuñas están continuamente húmedas, lo que conduce a un crecimiento excesivo, provoca irregularidades en el soporte del peso sobre la suela, traumas dentro de la pezuña y finalmente LFEC. Wells y col. (1999) reportaron que tambos con suelos húmedos y cubiertos de barro en varias ocasiones tuvieron una incidencia significativamente más alta de dermatitis digital y úlceras de talón, que también podrían provocar mayor incidencia de LFEC.

Cubrir los pisos de hormigón con goma parece ser una medida preventiva atractiva, pero los resultados de estudios que evaluaron los potenciales beneficios son inconsistentes. Ouweltjes y col. (2011) y Vanegas y col. (2006) reportaron efectos positivos, resultados neutros fueron reportados por Fjeldaas y col. (2011), O'Driscoll y col. (2009) y Vokey y col. (2001); Kremer y col. (2007) y Platz y col. (2008) y Kremer y col. (2007) informaron de un aumento en la incidencia de úlceras de suela y un incremento significativo del crecimiento del estuche córneo. La colocación de suelo de goma en el área de alimentación no aumentó el tiempo dedicado a comer ni el consumo (Fregonesi y col., 2004, Tucker y col., 2006), pero aumentó significativamente el tiempo que pasan de pie en el área de alimentación y redujo el tiempo dedicado a estar parada o echado en el área de estabulación (Fregonesi y col., 2004, Ouweltjes y col., 2011, Tucker y col., 2006). Además, las vacas caminaban más sobre el suelo de goma que sobre los pisos de hormigón y hacían más visitas al sistema de ordeño automatizado (Ouweltjes y col., 2011). La mejora proporcionada por los pisos de goma y los beneficios potenciales de la amortiguación, son neutralizados por el tiempo adicional que están de pie y el crecimiento excesivo de la pezuña. Por lo tanto, el recorte preventivo es quizá aún más importante para los tambos que utilizar pisos de goma.

Las nuevas construcciones de tambos con estabulación libre pueden tener pisos de hormigón abrasivos, que provoquen un desgaste excesivo de la pezuña, sobre todo en pinzas, lo que resultaría en úlcera de punta de dedo y,



finalmente, en necrosis. El recorte excesivo de la suela también puede provocar lesiones similares. El uso de pisos de goma, especialmente en los pasillos que conducen a la sala de ordeño, podría ayudar a detener el desgaste de la pezuña y prevenir úlceras de punta de dedo (Sanders y col., 2009).

Bienestar de la vaca

Las vacas en estabulación libre no tienen control sobre el tiempo que pasan en las instalaciones de ordeño, lo que es consecuencia, fundamentalmente, del diseño y el manejo de la sala. Sin embargo, el tiempo de permanencia debería dividirse entre las siguientes actividades: comer, tomar agua, echarse, socializar en los callejones y estar de pie (Gómez y Cook, 2010). En este tipo de instalaciones, las vacas pueden estar echadas de 11 a 14 horas por día (Gómez y Cook, 2010), y mientras están echadas hay pocas posibilidades de que hayan lesiones dentro de la pezuña. Por tanto, es deseable que las vacas en lactación pasen más de 11 horas por día echadas. Hay varios factores que pueden influir en el tiempo que pueden permanecer echadas: hacinamiento, diseño erróneo del establo, escaso mantenimiento de las camas y el establo, tamaño inadecuado de la sala de ordeño, medidas de manejo, entre otros-, que contribuyen a estarmucho tiempo de pie (por ejemplo, vacas en corrales para examen clínico o vacunaciones). El hacinamiento de animales es desafortunadamente, una práctica común y se ha asociado con una disminución dramática del tiempo diario que las vacas están echadas y un aumento significativo de cojeras (Leonard y col., 1996). Las vacas que se encuentran en establos sobrepoblados tienen que competir por el acceso a las camas e inevitablemente, tendrán un promedio de descanso diario más corto. Para estimular que las vacas estén echadas, los establos deben diseñarse y mantenerse apropiadamente. Conceptualmente, los establos deben ofrecer espacio para que el animal pueda realizar los movimientos para echarse, espacio para descansar y una cama adecuada; cuando estos no son óptimos, las vacas eligen pasar más tiempo de pie en establos y pasillos.

La superficie de los establos es de gran importancia y se asocia con el bienestar de las vacas, incidencia de LFEC, lesiones de garrones y rodillas, y salud de la ubre. Se informó que cuando las vacas lecheras pueden elegir entre establos con camas livianas y profundas o establos de hormigón cubiertos con colchonetas o colchones, generalmente eligieron echarse en aquellos con camas profundas (Wagner-Storch y col., 2003). Sin embargo, cuando se introdujo arena en una cama, no fue inicialmente la primera elección de las vacas y, a veces no la prefirieron en vez del hormigón (Manninen y col., 2002). Aparentemente las vacas necesitan tiempo para adaptarse a la cama de arena, y cuando se les permite un período de adaptación, a menudo prefieren la arena en lugar de las alfombras de goma, colchones y hormigón (Tucker y col., 2003). Wagner-Storch y col. (2003) también reportaron que el porcentaje de ocupación fue significativamente mayor en establos con cama profunda de arena (69%) en comparación con colchón (65-69%), cama de agua (45%), alfombra de goma (65%), y hormigón

(39 %).

Gómez y Cook (2010) estudiaron la permanencia de vacas de alta producción en establos con camas de arena o colchones. En ese estudio, las vacas alojadas sobre camas de arena pasaron significativamente menos tiempo de pie en comparación con las vacas alojadas sobre colchón: 1.46 hora/día frente a 2.69 hora/día, respectivamente. Además, las vacas alojadas en las camas de arena pasaron significativamente más tiempo echadas (12.66 h/d) que las vacas alojadas sobre colchones (11.50 h/d). Se planteó la hipótesis de que el aumento en el tiempo que están de pie las vacas en los establos con colchón era una consecuencia en la dificultad para echarse y pararse. El aumento del tiempo de reposo observado en vacas alojadas en establos con camas de arena es una evidencia importante de la superioridad de este sistema en relación a los estándares de confort de la vaca.

Varios estudios han asociado el uso de establos con camas profundas de arena con una menor incidencia de cojeras. Andreassen y Forkman (2012) observaron que vacas alojadas en estas condiciones tenían en menor riesgo de estar sucias, tuvieron menos problemas de piel en los garrones (por ejemplo, parches sin pelo, lesiones e inflamaciones), tenían menos probabilidades de ser cojas, y producir significativamente más leche en comparación con vacas alojadas en instalaciones con colchones.

Reemplazar los establos con piso de hormigón por camas con arena es una tarea costosa y compleja y, si el establecimiento no está preparado para manejar las heces en la arena, podría provocar sobrecostos operativos. Las vacas lecheras de alta producción probablemente se beneficien de estar alojadas en establos con camas de arena, al menos durante los primeros 100 días de lactación, debido a los cambios hormonales asociados con el parto y el aumento de la laxitud en el tejido de soporte de la tercera falange (Tarlton y col., 2002), así como la pérdida de condición corporal y del espesor de la almohadilla digital (Bicalho y col., 2009). Por lo tanto, las inversiones podrían realizarse en las instalaciones que albergaran a las vacas lactantes con menos de 100 días de lactancia.

El agrupamiento y ordeño dos veces por día de las vacas cojas ha hecho que mejoren el estado corporal, se recuperen más rápido de la cojera, y produzcan tanta leche como las vacas sanas ordeñadas 3 veces al día (Caixeta y Bicalho, 2011). Los efectos benéficos reportados por Caixeta y Bicalho (2011) podrían ser el resultado de una menor frecuencia de ordeño, de agrupar las vacas cojas, o una combinación de ambos factores.

El orden del ordeño no es al azar y está influenciado por factores como la producción de leche, recuento de células somáticas, dominancia, y otros factores (Cook y Nordlund, 2009, Rathore, 1982). Además, hay una gran variación entre vacas en el tiempo que pasan en la sala, y algunas de ellas pasan hasta 6 horas/día en ordeño (Gómez y Cook, 2010). Hassall y col. (1993) observaron que las vacas cojas a menudo eran las más lentas para entrar en la sala. Main y col. (2010) demostraron una prevalencia significativa de vacas cojas en el último tercio del ordeño, y Espejo y Endres (2007) encontraron que una larga duración del ordeño se asocia significativamente con el aumento de



cojeras. Es incuestionable, que reduciendo la frecuencia de ordeño, las vacas cojas disminuirán el tiempo en la sala, lo que podría aumentar el tiempo de descanso y provocaría una recuperación más rápida. Por lo tanto, los productores, deben tener en cuenta el efecto de extender el tiempo de ordeño sobre la vaca, antes de tomar decisiones de manejo que puede afectar negativamente a la misma.

El comportamiento probablemente juega un papel significativo en la aparición de LFEC, así como en su recuperación. Galindo y Broom (2000) informaron que vacas de baja clasificación pasaron menos tiempo descansando y más tiempo paradas que aquellas de clasificación media y alta. Por lo tanto, como el tiempo dedicado a estar de pie aumentó, se incrementaron las lesiones dentro de la pezuña y, finalmente, la incidencia de la cojera relacionada a LFEC (Galindo y Broom, 2000, Galindo y col., 2000). Agrupar vacas cojas está asociado con un menor número de interacciones sociales antagónicas, con la competencia "más fácil" para descansar y tener acceso al comedero, lo que resulta en un mayor tiempo de descanso diario. Indudablemente, agrupar vacas cojas y ordeñarlas menos frecuentemente parece acelerar la recuperación, mejorar el estado corporal y mantener la productividad (Caixeta y Bicalho, 2011).

Control de las lesiones de formación del estuche córneo a través de la selección genética

La existencia de variación genética en la resistencia de la vaca a una enfermedad, crea la oportunidad de utilizar la selección genética para disminuir la incidencia de esa enfermedad. Para cojeras (Boettcher y col., 1998, Zwald y col., 2004), lesiones específicas del pie (van der Linde y col., 2010, Laursen y col. de 2009, van der Waaij y col., 2005) y score de locomoción se estima una heredabilidad baja a moderada, comprendidas entre 0.01 y 0.22, (Onyiro y col., 2008). Esto sugiere que, si bien estos rasgos están en gran medida influenciados por factores ambientales, sus efectos podrían mitigarse parcialmente a través de la selección genética.

En la mayoría de los países, no se ha recogido aún, de forma rutinaria, información sobre cojeras o lesiones específicas del pie bovino. Por otra parte, se registran varios rasgos conformacionales y se ha estudiado la correlación genética entre algunos de ellos y la cojera o lesiones específicas de pie, con varios estudios que muestran correlaciones genéticas considerables (Onyiro y col., 2008, van der Linde y col., 2010, van der Waaij y col., 2005) y otros estudios (Swalve y col., 2008; Ugglá y col., 2008) concluyen que estas correlaciones genéticas son pequeñas. Para el ángulo del pie se ha reportado una correlación negativa con la resistencia a la cojera (Boettcher y col., 1998, Onyiro y col., 2008, van der Waaij y col., 2005, Van Dorp y col., 1998). Koenig y col. (2005) mostraron una correlación genética similar entre el ángulo del pie y la incidencia de úlcera de suela. Oikonomou y col. (2013) recientemente informaron que los valores de ángulo de pie transmitidos por el toro, tienen una heredabilidad intermedia, que se correlacionó con una menor incidencia de úlceras y enfermedad de la línea blanca en las hijas. Koenig y col. (2005) y Boettcher y col.

(1998) reportaron una correlación genética negativa entre la imagen -que se aprecia desde atrás-, de los miembros posteriores y la incidencia de las úlceras de la suela o cojera. Boettcher y col. (1998) reportaron una relación desfavorable entre amplitud de cadera y cojera. Boettcher y col. (1998) y Van Dorp y col. (1998) informaron también de que las ubres bien insertadas se asociaron con una disminución de las cojeras. Del mismo modo, Onyiro y col. (2008) presentaron una correlación genética favorable entre la conformación de la ubre y cojera. Cabe mencionar que la mayoría de las correlaciones mencionadas anteriormente son bajas a moderadas, y por lo tanto la selección por rasgos conformacionales puede no resultar en una mejora sustancial de la salud de la pezuña. Van der Linde y col. (2010) informaron recientemente que la selección genética, basada en un índice de salud de la pezuña, incluyendo información sobre hemorragias y úlceras de suela, dermatitis digital, dermatitis interdigital, hiperplasia interdigital y los rasgos conformacionales de los miembros y patas (score de miembro y patas, vista desde atrás de miembro posterior, ángulo del pie y locomoción) puede dar lugar a un mayor progreso genético que la selección basada únicamente en rasgos de conformación. Del mismo modo, Buch y col. (2011) informaron que la inclusión de los registros de recorte funcional, en un índice de selección, puede enlentecer la declinación de la resistencia a las enfermedades de la pezuña, mientras que al mismo tiempo puede contribuir al mejoramiento genético de características reproductivas y resistencia a la mastitis clínica. Datos sobre la salud del pie ahora se recogen de forma rutinaria en algunos países (por ejemplo los Países Bajos y Suecia).

La alta producción de leche es reportada como un factor de riesgo significativo para la cojera (Bicalho y col., 2008, Verde y col., 2002, Koenig y col., 2005, Onyiro y col., 2008), mientras que en el estudio de Amory y col. (2008) fue un importante factor de riesgo para las úlceras de suela y enfermedad de línea blanca. Existe evidencia de que estas observaciones se deben en parte a la genética. Los estudios han mostrado una relación genética positiva (desfavorable) entre producción de leche y cojera, lo que sugiere que las vacas de mayor mérito genético para producción también son más propensas a desarrollar cojeras (Lyons y col., 1990; Van Dorp y col., 1998). Koenig y col. (2005) reportaron correlaciones genéticas desfavorables entre la producción de leche a 305 días y úlceras de suela y enfermedad de la línea blanca. Kougioumtzis y col. (2011) también informaron de una correlación genética significativa (0.75) entre la producción de leche y cojeras, y sugirió que la selección continua por mayor producción de leche sin tener en cuenta las claudicaciones está llevando a un deterioro de la salud de la pezuña. Oikonomou y col. (2013) reportaron que a través del padre se predice la transmisión de la capacidad para la producción de leche que está asociado con un aumento en la incidencia de LFEC en las hijas. La producción de leche se sabe que tiene una correlación negativa con la condición corporal (Loker y col., 2012), mientras que la condición corporal baja es fenotípica (Bicalho y col., 2009) y genéticamente (Van Dorp y col., 1998, Kougioumtzis y col., 2011) asociada con una mayor susceptibilidad a

cojeras. Es posible que seleccionando vacas de alta producción que al mismo tiempo, mantengan su condición corporal, también se pueda contribuir a la mejora genética de vacas resistentes a cojeras.

La información genómica puede ser una herramienta adicional en los sistemas de cría de vacas lecheras (Veerkamp y col., 2007) y puede ser aún más importante para la mejora genética de características reproductivas o de salud (por ejemplo, mastitis o cojera), ya que estos son rasgos con baja heredabilidad y a veces de difícil registro, y por lo tanto, el progreso genético con el mejoramiento convencional puede ser laborioso y poco eficaz. Buitenhuis y col. (2007), utilizando 327 marcadores de microsatélites, informó loci de rasgos cuantitativos de cojera y rasgos conformacionales de miembros. Evaluaciones genómicas de toros lecheros utilizando el BovineSNP50 BeadChip (Illumina) está recientemente disponible en los Estados Unidos, incluyendo las evaluaciones genómicas para los rasgos conformacionales de pie y pierna. Evaluaciones genómicas similares están disponibles también en otros países (por ejemplo, Países Bajos y Canadá) (Wiggans y col., 2011). Se espera que las evaluaciones genómicas sean más precisas en el futuro a medida que más y más animales con información fenotípica disponible sean analizados con el uso de chips de alta densidad o de la secuenciación

del genoma completo, a costos menores para que se convierta en rutina. Evaluaciones genómicas de cojeras, scores de locomoción o lesiones del pie aún no están disponibles, y con base en la literatura mencionada, dicha información puede ser de gran importancia para enfrentar el problema de cojera en la vaca lechera, incluyendo LFEC, a través de la selección genómica.

Conclusión

La cojera es un problema importante a abordar para la industria láctea, su mayor incidencia en los sistemas de producción modernos en todo el mundo, sugiere que los esfuerzos realizados hasta ahora para enfrentar la enfermedad no han sido suficientes. Resultados recientes de investigaciones sobre la patogénesis de LFEC arrojaron algo de luz sobre un asunto complejo y destacaron la importancia de la prevención de la enfermedad mediante la mejora del manejo y el alojamiento.

Referencias bibliográficas

- Amory JR, Barker ZE, Wright JL, Mason SA, Blowey RW, Green LE. 2008. Associations between sole ulcer, white line disease and digital dermatitis and the milk yield of 1824 dairy cows on 30 dairy cow farms in England and

Figura 1: Incidencia de la cojeras en el Reino Unido por año de publicación de acuerdo a la literatura científica publicada

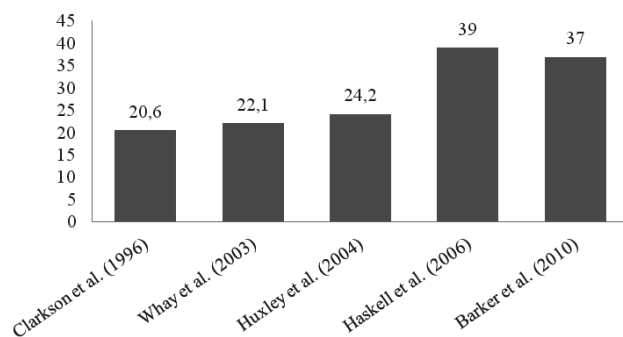


Figura 2: Número de artículo científicos archivados en la Biblioteca de medicina de los Estados Unidos (PubMed: www.pubmed.com) según líneas de investigación en el tema de salud del rodeo lechero.

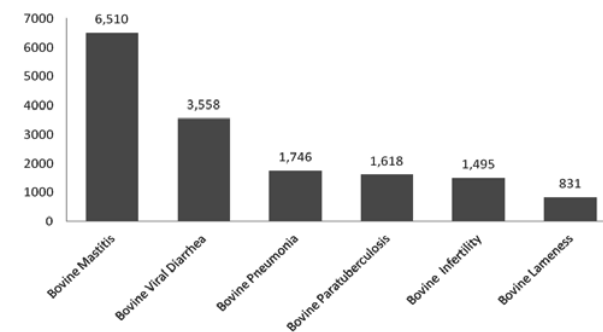


Figure 3: Sección sagital del dedo bovino que ilustra el sitio de examen de ecografía para la determinación del diámetro de la almohadilla digital (Bicalhoy col., 2009).





Figure 4: A: Media de espesor de la almohadilla digital por condición corporal (CC). El número de vacas en cada CC fue de 18, 95, 254, 138, 60, y 8 para CC 2, 2.5, 3, 3.5, 4 y 4.5, respectivamente. B: Media de espesor la almohadilla digital al secado de las vacas que fueron diagnosticadas con lesiones de formación del estuche córneo (LFEC) en el examen al secado (primera barra de color gris oscuro), vacas sin LFEC en la siguiente lactación (primera barra de color gris claro), vacas con úlceras (US) al secado (segunda barra gris oscuro), vacas con US en la lactancia subsiguiente (segunda barra gris claro), vacas con enfermedad de la línea blanca (WLD) al secado (tercera barra gris oscuro), y vacas con WLD en la lactación siguiente (tercera barra gris claro) (Machado y col., 2011).

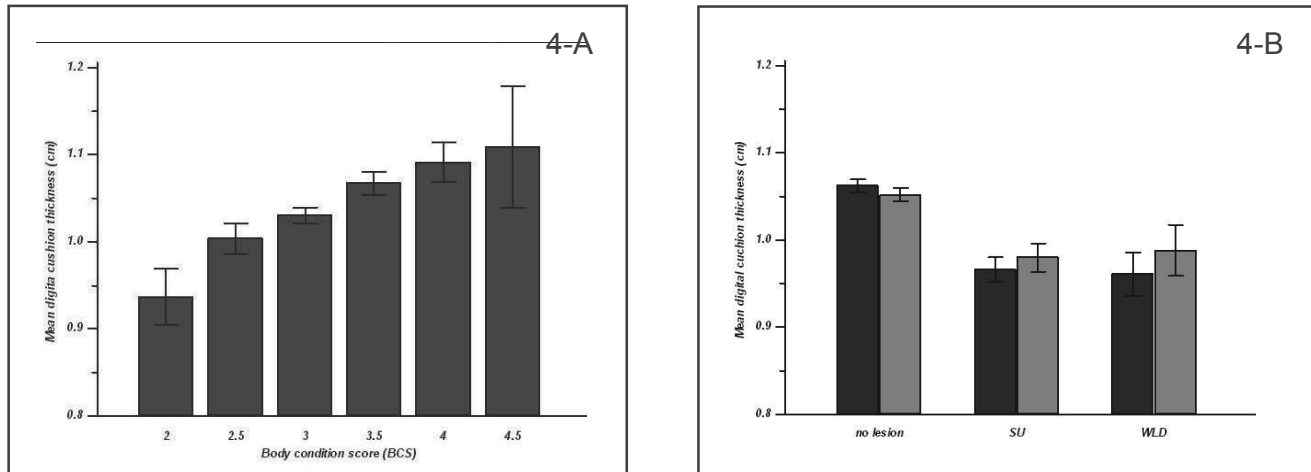
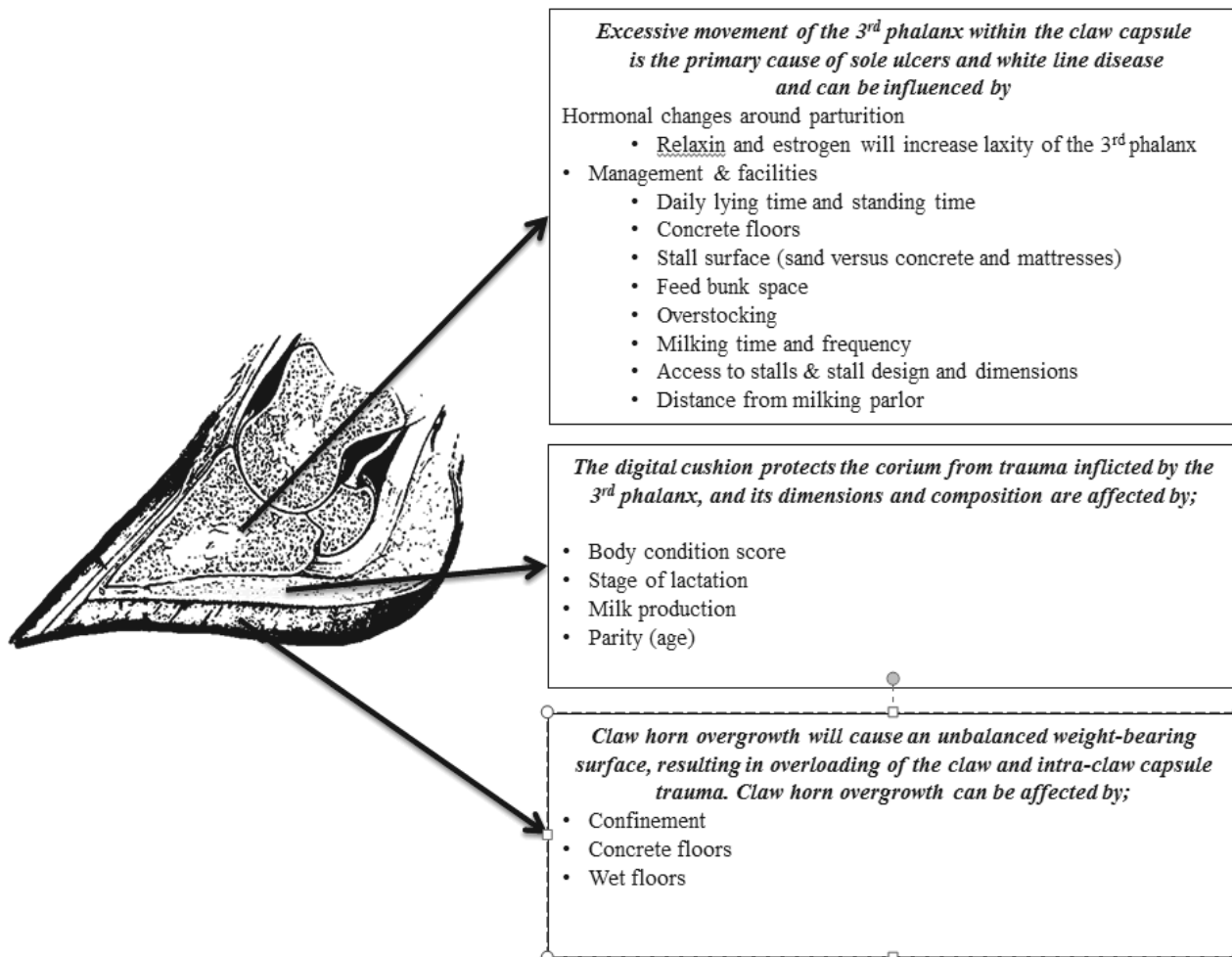


Figure 5: Diagram of the pathogenesis of claw horn disruption lesions illustrating factors associated with increased risk of intra-claw trauma as a consequence of excessive movement of the third phalanx and claw horn overgrowth as well as the protective effect of the digital cushion.





Wales from February 2003-November 2004. *Prev Vet Med* 83, 381-391.

- Andreassen SN, Forkman B. 2012. The welfare of dairy cows is improved in relation to cleanliness and integument alterations on the hocks and lameness when sand is used as stall surface. *J Dairy Sci* 95, 4961-4967.
- Barker ZE, Leach KA, Whay HR, Bell NJ, Main DC. 2010. Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *J Dairy Sci* 93, 932-941.
- Bazeley K, Pinsent PJ. 1984. Preliminary observations on a series of outbreaks of acute laminitis in dairy cattle. *Vet Rec* 115, 619-622.
- Bergsten C. 1994. Haemorrhages of the sole horn of dairy cows as a retrospective indicator of laminitis: an epidemiological study. *Acta Vet Scand* 35, 55-66.
- Bergsten C, Frank B. 1996a. Sole haemorrhages in tied heifers in early gestation as an indicator of laminitis: effects of diet and flooring. *Acta Vet Scand* 37, 375-381.
- Bergsten C, Frank B. 1996b. Sole haemorrhages in tied primiparous cows as an indicator of periparturient laminitis: effects of diet, flooring and season. *Acta Vet Scand* 37, 383-394.
- Bicalho RC, Cheong SH, Cramer G, Guard CL. 2007. Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *J Dairy Sci* 90, 3294-3300.
- Bicalho RC, Machado VS, Caixeta LS. 2009. Lameness in dairy cattle: A debilitating disease or a disease of debilitated cattle? A cross-sectional study of lameness prevalence and thickness of the digital cushion. *J Dairy Sci* 92, 3175-3184.
- Bicalho RC, Vokey F, Erb HN, Guard CL. 2007. Visual locomotion scoring in the first seventy days in milk: impact on pregnancy and survival. *J Dairy Sci* 90, 4586-4591.
- Bicalho RC, Warnick LD, Guard CL. 2008. Strategies to analyze milk losses caused by diseases with potential incidence throughout the lactation: a lameness example. *J Dairy Sci* 91, 2653-2661.
- Boettcher PJ, Dekkers JC, Warnick LD, Wells SJ. 1998. Genetic analysis of clinical lameness in dairy cattle. *J Dairy Sci* 81, 1148-1156.
- Booth CJ, Warnick LD, Grohn YT, Maizon DO, Guard CL, Janssen D. 2004. Effect of lameness on culling in dairy cows. *J Dairy Sci* 87, 4115-4122.
- Buch LH, Sorensen AC, Lassen J, Berg P, Eriksson JA, Jakobsen JH, Sorensen MK. 2011. Hygiene-related and feed-related hoof diseases show different patterns of genetic correlations to clinical mastitis and female fertility. *J Dairy Sci* 94, 1540-1551.
- Buitenhuis AJ, Lund MS, Thomasen JR, Thomsen B, Nielsen VH, Bendixen C, Guldbrandtsen B. 2007. Detection of quantitative trait loci affecting lameness and leg conformation traits in Danish Holstein cattle. *J Dairy Sci* 90, 472-481.
- Caixeta LS, Bicalho RC. 2011. A pilot study to determine the production and health benefits of milking visibly lame cows twice daily compared with three times daily. *Can J Vet Res* 75, 233-236.
- Cha E, Hertl JA, Bar D, Grohn YT. 2010. The cost of different types of lameness in dairy cows calculated by dynamic programming. *Prev Vet Med* 97, 1-8.
- Clarkson MJ, Downham DY, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merritt JB, Murray RD, Russell WB, Sutherst JE, Ward WR. 1996. Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Vet Rec* 138, 563-567.
- Cook NB. 2003. Prevalence of lameness among dairy cattle in Wisconsin as a function of housing type and stall surface. *J Am Vet Med Assoc* 223, 1324-1328.
- Cook NB, Nordlund KV. 2009. The influence of the environment on dairy cow behavior, claw health and herd lameness dynamics. *Vet J* 179, 360-369.
- Cook NB, Nordlund KV, Oetzel GR. 2004. Environmental Influences on Claw Horn Lesions Associated with Laminitis and Subacute Ruminant Acidosis in Dairy Cows. *J Dairy Sci* 87, Supplement, E36-E46.
- Cramer G, Lissemore KD, Guard CL, Leslie KE, Kelton DF. 2009. Herd-level risk factors for seven different foot lesions in Ontario Holstein cattle housed in tie stalls or free stalls. *J Dairy Sci* 92, 1404-1411.
- Danscher AM, Toelboell TH, Wattle O. 2010. Biomechanics and histology of bovine claw suspensory tissue in early acute laminitis. *J Dairy Sci* 93, 53-62.
- Dohoo IR, Wayne Martin S. 1984. Disease, production and culling in Holstein-Friesian cows : IV. Effects of disease on production. *Preventive Veterinary Medicine*, 2, 755-770.
- Espejo LA, Endres MI. 2007. Herd-level risk factors for lameness in high-producing Holstein cows housed in freestall barns. *J Dairy Sci* 90, 306-314.
- Fjelddas T, Sogstad AM, Osteras O. 2011. Locomotion and claw disorders in Norwegian dairy cows housed in freestalls with slatted concrete, solid concrete, or solid rubber flooring in the alleys. *J Dairy Sci* 94, 1243-1255.
- Fregonesi JA, Tucker CB, Weary DM, Flower FC, Vittie T. 2004. Effect of rubber flooring in front of the feed bunk on the time budgets of dairy cattle. *J Dairy Sci* 87, 1203-1207.
- Galindo F, Broom DM. 2000. The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Res Vet Sci* 69, 75-79.
- Galindo F, Broom DM, Jackson PG. 2000. A note on possible link between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows. *Appl Anim Behav Sci* 67, 335-341.
- Garbarino EJ, Hernandez JA, Shearer JK, Risco CA, Thatcher WW. 2004. Effect of lameness on ovarian activity in postpartum holstein cows. *J Dairy Sci* 87, 4123-4131.
- Gearhart MA, Curtis CR, Erb HN, Smith RD, Sniffen



- CJ, Chase LE, Cooper MD. 1990. Relationship of changes in condition score to cow health in Holsteins. *J Dairy Sci* 73, 3132-3140.
- Geishauser T, Linhart N, Neidl A, Reimann A. 2012. Factors associated with ruminal pH at herd level. *J Dairy Sci* 95, 4556-4567.
 - Gomez A, Cook NB. 2010. Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds. *J Dairy Sci* 93, 5772-5781.
 - Green LE, Hedges VJ, Schukken YH, Blowey RW, Packington AJ. 2002. The impact of clinical lameness on the milk yield of dairy cows. *J Dairy Sci* 85, 2250-2256.
 - Hammon DS, Evjen IM, Dhiman TR, Goff JP, Walters JL. 2006. Neutrophil function and energy status in Holstein cows with uterine health disorders. *Vet Immunol Immunopathol* 113, 21-29.
 - Haskell MJ, Rennie LJ, Howell VA, Bell MJ, Lawrence AB. 2006. Housing system, milk production, and zero-grazing effects on lameness and leg injury in dairy cows. *J Dairy Sci* 89, 4259-4266.
 - Hassall SA, Ward WR, Murray RD. 1993. Effects of lameness on the behaviour of cows during the summer. *Vet Rec* 132, 578-580.
 - Hernandez J, Shearer JK, Webb DW. 2001. Effect of lameness on the calving-to-conception interval in dairy cows. *J Am Vet Med Assoc* 218, 1611-1614.
 - Hernandez-Mendo O, von Keyserlingk MA, Veira DM, Weary DM. 2007. Effects of pasture on lameness in dairy cows. *J Dairy Sci* 90, 1209-1214.
 - Hoblet KH, Weiss W. 2001. Metabolic hoof horn disease. Claw horn disruption. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 17, 111-127.
 - Hoedemaker M, Prange D, Gundelach Y. 2008. Body Condition Change Ante- and Postpartum, Health and Reproductive Performance in German Holstein Cows. *Reprod Domest Anim*.
 - Hultgren J, Manske T, Bergsten C. 2004. Associations of sole ulcer at claw trimming with reproductive performance, udder health, milk yield, and culling in Swedish dairy cattle. *Prev Vet Med* 62, 233-251.
 - Huxley JN, Burke J, Roderick S, Main DC, Whay HR. 2004. Animal welfare assessment benchmarking as a tool for health and welfare planning in organic dairy herds. *Vet Rec* 155, 237-239.
 - Koenig S, Sharifi AR, Wentrot H, Landmann D, Eise M, Simianer H. 2005. Genetic parameters of claw and foot disorders estimated with logistic models. *J Dairy Sci* 88, 3316-3325.
 - Kougioumtzis A, Oikonomou G, Arsenos G, Banos G. 2011. Genetic relationship of lameness with milk yield, body condition score and reproductive traits in primiparous Holstein cows. Proceedings of the 126 annual conference of the British Society of Animal Science. p 13.
 - Kremer PV, Nueske S, Scholz AM, Foerster M. 2007. Comparison of claw health and milk yield in dairy cows on elastic or concrete flooring. *J Dairy Sci* 90, 4603-4611.
 - Laursen MV, Boelling D, Mark T. 2009. Genetic parameters for claw and leg health, foot and leg conformation, and locomotion in Danish Holsteins. *J Dairy Sci* 92, 1770-1777.
 - Lischer CJ, Ossent P, Raber M, Geyer H. 2002. Suspensory structures and supporting tissues of the third phalanx of cows and their relevance to the development of typical sole ulcers (Rusterholz ulcers). *Vet Rec*, 151, 694-698.
 - Livesey CT, Metcalf JA, Laven RA. 2003. Effect of concentrate composition and cubicle bedding on the development of hoof haemorrhages in Holstein heifers after calving. *Vet Rec*, 152, 735-739.
 - Leonard FC, O'Connell JM, O'Farrell KJ. 1996. Effect of overcrowding on claw health in first-calved Friesian heifers. *Br Vet J* 152, 459-472.
 - Logue DN, Offer JE, McGovern RD. 2004. The bovine digital cushion—how crucial is it to contusions on the bearing surface of the claw of the cow? *Vet J* 167, 220-221.
 - Loker S, Bastin C, Miglior F, Sewalem A, Schaeffer LR, Jamrozik J, Ali A, Osborne V. 2012. Genetic and environmental relationships between body condition score and milk production traits in Canadian Holsteins. *J Dairy Sci* 95, 410-419.
 - Lucey S, Rowlands GJ, Russell AM. 1986. Short-term associations between disease and milk yield of dairy cows. *J Dairy Res* 53, 7-15.
 - Lyons DT, Freeman AE, Luck AL. 1990. Genetics of health traits in cattle. *J Dairy Sci*. 74: 1092-1100.
 - Machado VS, Caixeta LS, Bicalho RC. 2011. Use of data collected at cessation of lactation to predict incidence of sole ulcers and white line disease during the subsequent lactation in dairy cows. *Am J Vet Res* 72, 1338-1343.
 - Machado VS, Caixeta LS, McArt JA, Bicalho RC. 2010. The effect of claw horn disruption lesions and body condition score at dry-off on survivability, reproductive performance, and milk production in the subsequent lactation. *J Dairy Sci* 93, 4071-4078.
 - Maierl J, Böhmisch R, Nuss K, Liebich HG. 2000. The strength of the suspensory apparatus of the third phalanx in cattle – an in vitro study. In: Mortellaro, C.M., De Vecchis, L. & Brizzi, A. (Eds.) Proc. 11th International Symposium on Lameness in Ruminants. Sep. 3-7 2000, Parma, Italy. pp. 89-91.
 - Main DCJ, Barker ZE, Leach KA, Bell NJ, Whay HR, Browne WJ. 2010. Sampling strategies for monitoring lameness in dairy cattle. *J Dairy Sci*, 93, 1970-1978.
 - Manninen E, de Passillé AM, Rushen J, Norring M, Saloniemi H. 2002. Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring. *Appl Anim Behav Sci* 75, 281-292.
 - Manske T, Hultgren J, Bergsten C. 2002. The effect of claw trimming on the hoof health of Swedish dairy cattle.



Preventive Veterinary Medicine, 54, 113-129.

- Meyer SW, Weishaupt MA, Nuss KA. 2007. Gait pattern of heifers before and after claw trimming: A high-speed cinematographic study on a treadmill. *J Dairy Sci*, 90, 670–676.
- Murray RD, Downham DY, Clarkson MJ, Faull WB, Hughes JW, Manson FJ, Merrit JB, Russel WB, Sutherst WB, Ward WR. 1996. Epidemiology of lameness in dairy cattle: description and analysis of foot lesions. *Vet Rec*, 138, 586-591.
- O'Driscoll KK, Schutz MM, Lossie AC, Eicher SD. 2009. The effect of floor surface on dairy cow immune function and locomotion score. *J Dairy Sci* 92, 4249-4261.
- Offer JE, Logue DN, Offer NW, Marsden M. 2004. The effect of concentrate composition on lameness and hoof health in dairy cows. *Vet J*, 167, 111-113.
- Oikonomou G, Cook NB, Bicalho RC. 2013. Sires' predicted transmitting ability for conformation and yield traits and previous lactation incidence of foot lesions as risk factors for the incidence of foot lesions in Holstein cows. *J Dairy Sci*. In press.
- Onyiro OM, Offer J, Brotherstone S. 2008. Risk factors and milk yield losses associated with lameness in Holstein-Friesian dairy cattle. *Animal* 2, 1230-1237.
- Ouweltjes W, van der Werf JT, Frankena K, van Leeuwen JL. 2011. Effects of flooring and restricted freestall access on behavior and claw health of dairy heifers. *J Dairy Sci* 94, 705-715.
- Phillips C J, ChiyPC, BucktroutMJ, CollinsSM, GassonCJ, JenkinsAC, Paranhos da CostaMJ. 2000. Frictional properties of cattle hooves and their conformation after trimming. *Vet Rec*, 146, 607–609.
- Platz S, Ahrens F, Bendel J, Meyer HH, Erhard MH. 2008. What happens with cow behavior when replacing concrete slatted floor by rubber coating: a case study. *J Dairy Sci* 91, 999-1004.
- Raber M, Lischer C, Geyer H, Ossent P. 2004. The bovine digital cushion—a descriptive anatomical study. *Vet J* 167, 258-264.
- Raber M, Scheeder MR, Ossent P, Lischer C, Geyer H. 2006. The content and composition of lipids in the digital cushion of the bovine claw with respect to age and location—a preliminary report. *Vet J* 172, 173-177.
- Rastani RR, Andrew SM, Zinn SA, Sniffen CJ. 2001. Body composition and estimated tissue energy balance in Jersey and Holstein cows during early lactation. *J Dairy Sci* 84, 1201-1209.
- Rathore AK. 1982. Order of cow entry at milking and its relationships with milk yield and consistency of the order. *Applied Animal Ethology* 8, 45-52.
- Russell AM, Rowlands GJ, Shaw SR, Weaver AD. 1982. Survey of lameness in British dairy cattle. *Vet Rec* 111, 155-160.
- Sanders AH, Shearer JK, De Vries A. 2009. Seasonal incidence of lameness and risk factors associated with thin soles, white line disease, ulcers, and sole punctures in dairy cattle. *J Dairy Sci* 92, 3165-3174.
- Shearer JK, van Amstel SR. 2001. Functional and corrective claw trimming. *Vet. Clin. N. Am. Food Anim. Pract*, 17, 53–72.
- Smits M, Frankena K, Metz J, Noordhuizen J. 1992. Prevalence of digital disorders in zero-grazing cows. *Livest Prod Sci*, 32, 231–244.
- Sprecher DJ, Hostetler DE, Kaneene JB. 1997. A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology* 47, 1179-1187.
- Swalve HH, Alkholder H, Pijl R. 2008. Estimates of breeding values for sires based on diagnoses recorded at hoof trimming: Relationships with EBV for conformation traits. *Interbull Bull*. 38:87–90.
- Tarlton JF, Holah DE, Evans KM, Jones S, Pearson GR, Webster AJ. 2002. Biomechanical and histopathological changes in the support structures of bovine hooves around the time of first calving. *Vet J* 163, 196-204.
- Toussaint Raven E., Haalstra R.T., Peterse D.J., 1985. *Cattle footcare and claw trimming*. Farming Press: Ipswich, Suffolk.
- Tucker CB, Weary DM, de Passille AM, Campbell B, Rushen J. 2006. Flooring in front of the feed bunk affects feeding behavior and use of freestalls by dairy cows. *J Dairy Sci* 89, 2065-2071.
- Tucker CB, Weary DM, Fraser D. 2003. Effects of Three Types of Free-Stall Surfaces on Preferences and Stall Usage by Dairy Cows. *J Dairy Sci* 86, 521-529.
- Uggla E, Jakobsen JH, Bergsten C, Eriksson JA, Strandberg E. 2008. Genetic correlations between claw health and feet and leg conformation traits in Swedish dairy cows. *Interbull Bull*. 38:91–95.
- Van der Tol PPJ, Metz JHM, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA. 2002. The pressure distribution under the bovine claw during square standing on a flat substrate. *J Dairy Sci*, 85, 1476–1481.
- Van der Tol PPJ, Metz JHM, Noordhuizen-Stassen EN, Back W, Braam CR, Weijs WA. 2003. The vertical ground reaction force and the pressure distribution on the claws of dairy cows while walking on a flat substrate. *J. Dairy Sci*. 86:2875–2883.
- Van der Linde C, de Jong G, Koenen EP, Eding H. 2010. Claw health index for Dutch dairy cattle based on claw trimming and conformation data. *J Dairy Sci* 93, 4883-4891.
- Van der Waaij EH, Holzhauser M, Ellen E, Kamphuis C, de Jong G. 2005. Genetic parameters for claw disorders in Dutch dairy cattle and correlations with conformation traits. *J Dairy Sci* 88, 3672-3678.
- Van Dorp TE, Dekkers JC, Martin SW, Noordhuizen JP. 1998. Genetic parameters of health disorders, and relationships with 305-day milk yield and conformation



traits of registered Holstein cows. *J Dairy Sci* 81, 2264-2270.

- Vanegas J, Overton M, Berry SL, Sisco WM. 2006. Effect of rubber flooring on claw health in lactating dairy cows housed in free-stall barns. *J Dairy Sci* 89, 4251-4258.
- Veerkamp RF, Beerda B. 2007. Genetics and genomics to improve fertility in high producing dairy cows. *Theriogenology* 68 Suppl 1, S266-73.
- Vermunt JJ. 2007. One step closer to unravelling the pathophysiology of claw horn disruption: for the sake of the cows' welfare. *Vet J* 174, 219-220.
- Vermunt JJ, Greenough PR. 1996. Sole haemorrhages in dairy heifers managed under different underfoot and environmental conditions. *Br Vet J* 152, 57-73.
- Vokey FJ, Guard CL, Erb HN, Galton DM. 2001. Effects of alley and stall surfaces on indices of claw and leg health in dairy cattle housed in a free-stall barn. *J Dairy Sci* 84, 2686-2699.
- Wagner-Storch AM, Palmer RW, Kammel DW. 2003. Factors Affecting Stall Use for Different Freestall Bases. *J Dairy Sci* 86, 2253-2266.
- Webster AJF. 2001. Effects of Housing and Two Forage Diets on the Development of Claw Horn Lesions in Dairy Cows at First Calving and in First Lactation. *Vet J* 162, 56-65.
- Wells SJ, Garber LP, Wagner BA. 1999. Papillomatous digital dermatitis and associated risk factors in US dairy herds. *Prev Vet Med* 38, 11-24.
- Westerfeld I, Mulling CKW, Budras KD. 2000. Suspensory apparatus of the distal phalanx (Ph III) in the bovine hoof. XI International Symposium on Disorders of the Ruminant Digit and III International Conference on Bovine Lameness, Parma, Italy.
- Whay HR, Main DC, Green LE, Webster AJ. 2003. Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. *Vet Rec* 153, 197-202.
- Wiggans GR, Vanraden PM, Cooper TA. 2011. The genomic evaluation system in the United States: past, present, future. *J Dairy Sci* 94, 3202-3211.
- Zwald NR, Weigel KA, Chang YM, Welper RD, Clay JS. 2004. Genetic selection for health traits using producer-recorded data. I. Incidence rates, heritability estimates, and sire breeding values. *J Dairy Sci* 87, 4287-4294.