DETECCION DE CELO EN VACAS LECHERAS: COMO VENCER AL TORO.

Frank J.C.M. van Eerdenburg

Farm Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine,
University of Utrecht, Yalelaan 7, 3584 CL Utrecht, the Netherlands
F.J.C.M.vanEerdenburg@uu.nl

Resumen

Durante años, se ha acusado a los productores de no dedicar tiempo suficiente en la búsqueda de signos apropiados de celo durante la detección del mismo. Sin embargo, hemos demostrado en varios estudios que alrededor del 50% de las vacas no muestran comportamiento de quietud en el celo. Siendo este el factor que define al estro, esto implicaría que el 50% de las vacas no estarían en celo. Debido a que estos animales ovulan y pueden ser inseminados satisfactoriamente, se necesita otra manera de predecir el momento de la ovulación. En base a la frecuencia de signos de celo durante el estro y el diestro hemos desarrollado un sistema de detección visual que ha sido validado y ofrece oportunidades de para una mayor investigación (van Eerdenburg et al., 1996). Con este sistema, la intensidad de comportamiento de celo puede ser expresada numéricamente en vacas individuales a nivel de rodeo. Otra forma de detectar vacas en celo, es medir la actividad con podómetros. Normalmente, éstos son leídos durante el ordeño. Se puede ajustar las pautas para detectar más vacas. Sin embargo, la disminución de los umbrales de detección también incrementa el número de falsos positivos. Además, debido a que los podómetros son leídos en la sala de ordeñe, existe un lapso de tiempo (de aproximadamente 8 horas) entre el momento de actividad máxima y su registro. Por lo tanto existe una dificultad para inseminar al momento correcto. Recientemente hemos llevado a cabo un experimento con podómetros que registran la actividad en un período de 2 horas. De esta manera se pueden mejorar las tasas de detección y la precisión. Además, de esta forma se puede determinar el momento de máxima actividad. Combinando los datos del podómetro con la historia de la vaca, se puede mejorar aún más la precisión en la detección de celo. Finalmente, para un servicio exitoso no sólo es importante detectar vacas en celo correctamente, sino que también es crucial el intervalo entre la inseminación y la ovulación. Por tanto, la detección de celo significa "detección del momento de la ovulación".

Introducción

El celo es el período en el cual una vaca puede ser servida exitosamente por un toro o por IA (Sturman et al., 2000; Waldmann et al., 2001) y se lo define como el período en el cual una vaca se queda quiete cuando es montada por un toro o por otra vaca. La detección del celo es uno de los componentes clave el manejo de los tambos con respecto a la fertilidad. Generalmente se carece de, la disponibilidad de tiempo para dedicar a la detección y el conocimiento adecuado de los signos de celo. Esto da como resultado una baja tasa de detección e índices de fertilidad pobres (Barkawi et al., 1998; Bruyas et al., 1993; Heres et al., 2000; Holtz y Meinhardt, 1993; Lafi y Kaneene 1988; O'Farrell, 1978; Opsomer et al., 1996; Reimers et al., 1985; Webster et al., 1997). Estudios nuestros recientes revelaron que las tasas de detección de celo en las vacas lecheras no solamente son bajas (< 50%) debido a los dos factores mencionados anteriormente, sino también por el hecho de que las vacas no muestran los signos comportamentales apropiados (Heres et al., 2000; Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996). La mayoría de los estudios viejos reportan una duración promedio del celo de aproximadamente 18 horas. Sin embargo, para la vaca de tambo, los reportes recientes mencionan períodos más cortos de alrededor de 13 horas pero casos individuales son incluso tan cortos como 4 horas (Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996) (figura 1).

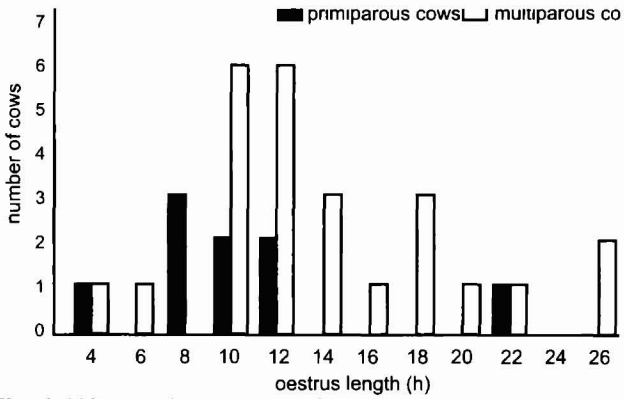

Fig. 1. Número de vacas primíparas y multíparas agrupadas por categoría de duración de celo. (After Van Vliet y Van Eerdenburg, 1996)

La duración del ciclo para las vacas lecheras es de 18-24 días, aunque en más del 20% es mayór a 25 días (c.f. Trimberger, 1956). Para un tambo, tasas pobres de detección dan como resultado pérdidas financieras sustanciales debido a 1) potencial no explotado de producción de leche y terneros, causado por intervalos interparto prolongados, 2) gastos en excesivos remplazos de vaquillonas e inseminaciones infértiles, y 3) reducción en la tasa de progreso genético (Dijkhuizen et al., 1991; Lehrer et al., 1992; Senger, 1994).

Características Comportamentales

Las vacas pueden ser detectadas en celo debido a que muestran un comportamiento específico. La mayoría de los sistemas y ayudas de detección utilizan estas características comportamentales:

- La descarga vaginal mucosa, aunque es utilizada comúnmente por los tamberos, no es confiable como indicador de celo. Cuando un hilo largo (> 50 cm) de mucus claro y viscoso cuelga de la vagina, la vaca puede ser considerada en celo. Como signo clave para la inseminación

es de bajo valor ya que puede ser visto por varios días en ciertos animales. Además, estas marcadas descargas vaginales son vistas raramente en vacas que se encuentran en sistemas de estabulación libre. (Loeffler et al., 1999; Van Eerdenburg et al., 1996). Para una revisión más extensa de este síntoma ver Holtz y Meinhardt (1993)

- El flehmen, a pesar de que es también es observado comúnmente durante el diestro, tiene una alta frecuencia durante el estro. Por lo tanto es un síntoma relevante. Ya que el flehmen es difícil de diferenciarlo de otros tipos de comportamiento que no están relacionados con el estro (p. ej. inhalar aire fresco en las entradas de aire) puede ser considerado de menor importancia para determinar si una vaca se encuentra o no en celo (Van Eerdenburg et al., 1996)
- El mugir, a veces de forma continua, puede ser un síntoma de celo. Sin embargo, en una vaca de tambo, sólo unos pocos animales muestran ese signo y si lo hacen, también muestran otros síntomas de la misma manera con alta intensidad. Por lo tanto el potencial selectivo para la vaca lechera es bajo. Normalmente es más visto como una molestia por tamberos y la gente que vive en la vecindad de un tambo. Las vacas con ovarios quísticos también pueden mostrar este tipo de comportamiento.
- La falta de descanso es un signo muy subjetivo. Sin embargo, un observador capacitado que conoce a sus vacas, será capaz de puntuar signos de cansancio, tales como movimiento de orejas y mugidos. Si les es posible, las vacas se alejarán un poco del rodeo cuando están en celo. Además caminarán más. Debido a que las vacas pueden fatigarse por otras varias razones, y mostrarán esto, en muchos casos, varias veces durante un período particular de observación, este síntoma es de relativamente baja importancia selectiva (Holtz y Meinhardt, 1993; Van Eerdenburg et al., 1996).
- El olfateo de la vulva de otra vaca se da durante el celo, al igual que durante períodos entre estros. Generalmente es seguido por el flehmen.
- El descanso con la barbilla sobre otra vaca ocurre durante el estro así como durante el diestro. Sin embargo la frecuencia durante el celo es sustancialmente mayor y por lo tanto es un buen indicador de celo (Holtz y Meinhardt, 1993; Van Eerdenburg et al., 1996). Generalmente es seguido por un intento de montar a la otra vaca.
- La monta o el intento de montar otra vaca es uno de los signos externos de celo más preciso en las vacas de tambo (Holtz y Meinhardt, 1993). Sin embargo, la monta también se produce en el diestro. Esslemont y Bryant (1976) consideraron a una vaca en celo cuando esta montaba a otra vaca al menos 6 veces al día. Con el sistema descrito más adelante, una vaca puede ser considerada en celo cunado monta otra vaca dos veces en 24 horas. De acuerdo a Roelofs y col (2005), el comienzo del comportamiento de monta es el mejor predictor del momento de la ovulación.
- El ser montada, pero no quedarse quieta, es un signo que se da con vacas durante y entre períodos estrales. Las vacas cercanas al celo son más atractivas para vacas en celo, dando como resultado una mayor frecuencia en ser montada. Por lo tanto, puede servir como una indicación de (pro) estro (Holtz y Meinhardt, 1993; Van Eerdenburg et al., 1996).
- Cuando una vaca es montada, los pelos en la región pélvica quedan revueltos. Aunque uno no vea a la vaca siendo montada, los pelos revueltos darán la indicación de que el animal fue montado. Incluso a veces la piel puede estar dañada y haber un poco de sangre.
- La monta de lado de la cabeza de otra vaca es, según nuestros resultados, altamente discriminativo de que una vaca está en celo (Van Eerdenburg y col., 1996).
- El comportamiento de quietud siempre ha sido el signo más discriminativo de celo (Holtz y Meinhardt, 1993). Sin embargo, reportes recientes indicaron bajos números de comportamiento de quietud. Incluso tan bajos como el 37% de las vacas en celo (con 12 observaciones de 30 minutos durante 24 horas por día) (Heres et al., 2000; Lyimo et al., 2000; Van Eerdenburg et al., 1996). El tipo de suelo influye en la ocurrencia de comportamiento de monta. Pisos resbaladizos, húmedos, de concreto (de rejillas) no incitan a las vacas a montarse unas a otras). Son preferibles pisos de tierra (especialmente en corrales exteriores) o una cama de paja espesa (Britt et al., 1986; Dozier-Vales y Britt, 1990).

El hecho de que las vacas montan preferiblemente a otras vacas en celo es importante para la performance del comportamiento de monta. Por lo tanto se requiere un mínimo de dos vacas en o cerca del celo. Por lo tanto el tamaño del rodeo y el manejo de los partos son de gran influencia. Cuando los problemas se dan en un rodeo pequeño, una solución podrían ser los protocolos de sincronización.

Otras características

Muchos productores usan la reducción en la ingesta y en la producción de leche durante el celo cono un determinante en su protocolo de detección (Britt et al., 1986; Holtz y Meinhardt, 1993; King, 1977; Phillips et al., 1991; Stevenson y Britt, 1979; Van Asseldonk et al., 1998). Sin embargo, la caída en la producción de leche muchas veces es posterior a la reducción en la ingesta (concentrados) y no es patente en todos los animales (Holtz y Meinhardt, 1993). Pueden ser factores importantes si se los combina con otros (De Mol y Woldt, 2001).

Estación

A pesar de que la vaca doméstica no es considerada como un animal de reproducción estacional, debido a que ovula durante todo el año, se pueden observar ciertas influencias de la estación. Generalmente, la eficiencia reproductiva es menor en invierno en las zonas de latitud norte, mientras que en latitudes cercanas al ecuador la eficiencia reproductiva es menor en verano. Variaciones estacionales en temperatura ambiente, fotoperíodo, humedad y suministro de comida contribuyen a variaciones estacionales en la eficiencia reproductiva. El estrés por calor alarga el ciclo estral y disminuye la duración e intensidad del celo (Moore et al., 1992; Orr et al., 1993; Tucker, 1982).

Detección de celo

- Detección por observación

La observación visual es la forma más común de detectar vacas en celo (Rae et al., 1999). Si embargo, como se describe abajo, reportes recientes indican que la intensidad de los síntomas mostrados por los animales no es tan alta como la reportada en estudios más viejos. Un problema serio es especialmente la falta de eventos de quietud, ya que es el signo clave para definir a una vaca en celo. Sin embargo, hemos desarrollado un sistema validado que también incluye otras características comportamentales de celo (Heres et al., 2000; Van Eerdenburg et al., 1996). Dentro de este sistema, en base a la frecuencia de estos comportamientos durante el estro y el diestro, una vaca suma puntos por cada signo comportamental que despliegue (ver tabla 1). Los puntos se suman durante un período de 24 horas. Si un productor observa a sus vacas dos o tres veces al día durante 30 minutos por cada período de observación, el umbral de determinación de una vaca en celo es de 50 puntos.

Tabla 1. Escala de puntos para el comportamiento estral

COMPORTAMIENTO	PUNTOS
descarga vaginal mucosa	3
flehmen	3
fatiga	5
ser montada pero no quedarse quieta	10
olfateo de la vulva de otra vaca	10
descansar con la barbilla sobre otra vaca	15
monta (o intento) a otras vacas	35
montar de lado la cabeza de otras vacas	45
celo con quietud	100

Debido a que los signos de celo son menos patentes, los productores tienen que prestar más atención a su protocolo de detección e incluir también otros signos de celo (Cowen et al., 1989; Stevenson et al., 1983). Son importantes la frecuencia, duración y tiempo de observación (ver adelante). Además la forma de observar también tiene influencia sobre la tasa de detección. La observación no debería formar parte de otra tarea como la alimentación o la limpieza, sino que se debe dedicar solamente a observar las vacas. El observador tampoco debería caminar a través del rodeo sino quedarse quieto fuera del área de las vacas. De esta manera los animales mostrarán la mayor cantidad de signos de celo (resultados no publicados). Muchas indicaciones falso positivas son obtenidas cuando las vacas son detectadas al ser juntadas antes del ordeñe (Williamson et al., 1972). Por último, pero no por ello menos importante, el observador debe estar bien entrenado y conocer a los animales y su comportamiento.

- Observaciones largas y frecuentes

Las vacas no muestran su comportamiento de celo en un momento específico del día y a veces los períodos son muy cortos. Por lo tanto es importante observar a las vacas de manera frecuente y por un período sustancial. En la tabla 2 se presentan los resultados de observaciones frecuentes (el ordeño fue a las 07:00 y a las 16:30 y demoró aproximadamente una hora). Es evidente que el momento del día y la duración de las observaciones son los factores más importantes para lograr una alta de detección. Un número mayor de observaciones por día, incluso cuando de cómo resultado una gran cantidad de tiempo, son de importancia menor (p. ej.: comparar 2 observaciones de 30 minutos a las 10:00 y a las 20:00, con 4 observaciones de 20 minutos a las 6:00, 10:00, 16:00 y 20:00). Las vacas pueden ser observadas mejor luego del ordeñe y alimentación en la mañana, temprano en la tarde y en la noche (alrededor de las 20:00 hs). Para ser efectivos, los períodos de observación deberían durar más de 20 minutos.

-Ayudas en la detección

Slenning y Farver (1990) indicaron que los procedimientos actuales para la detección de celo, observación visual de monta y quietud, pueden ser inapropiadas como un test de rutina para la detección de celo. Se han desarrollado una gran variedad de ayudas, a veces con resultados exitosos (locales) o pobres debido a un gran número de falsos positivos. Aparentemente, la ayuda de detección ideal no ha sido inventada todavía. La ayuda ideal debería: proveer vigilancia continua (24 hs/día) de las vacas, identi-

Tabla 2: Efecto del número, momento y duración de las observaciones sobre la tasa de detección de celo

N° de observaciones	Momento de la observación	Tasa de detección (%)		
		30min	20 min	10 min
2	06:00 20:00	62.9	37.1	14.3
2	06:00 22:00	48.6	31.4	8.6
2	10:00 20:00	74.3	48.6	25.7
2	10:00 22:00	62.9	42.9	22.9
3	06:00 12:00 22:00	62.9	48.6	17.1
3	10:00 12:00 20:00	77.1	54.3	22.9
4	06:00 12:00 16:00 22:00	74.3	57.1	31.4
4	06:00 10:00 16:00 20:00	82.9	57.1	34.3
5	06:00 10:00 14:00 18:00 22:00	85.7	62.9	37.1

ficación automática y precisa de las vacas en celo, operar durante la vida productiva de la vaca, haber minimizado los requerimientos laborales y tener una alta precisión en la identificación apropiada de los eventos fisiológicos y comportamentales que tienen una alta correlación con la ovulación (Senger, 1994). Muchas de las ayudas en uso tienen varios de los aspectos mencionados pero ninguna los tiene todos.

Animales marcadores

Por supuesto que un toro, o un macho vasectomizado, es el mejor detector. Estos pueden estar equipados con un dispositivo de marca en la barbilla para marcar las vacas o búfalas en celo (Hill et al 1992; Lang et al., 1968; Zicarelli et al., 1997). Se necesita precaución para interpretar las marcas en una vaca ya que los toros muchas veces "prueban" una vaca poniendo su barbilla sobre la región pélvica. Por tanto, sólo vacas con marcas en la región de los hombros fueron realmente montadas por el toro. Cuando los toros son capaces de introducir su pene en la vagina de la vaca, existe el riesgo de transmitir enfermedades de transmisión sexual. Para prevenir esto, se han diseñado varios procedimientos quirúrgicos (Donaldson, 1968; Foote, 1975). Sin embargo, estos no deben, o no se permite, realizarse por razones éticas y legales. La relación entre toros y vacas en celo no debería ser mayor a 1:30-40 (Foote, 1975; Varner, 1986). El mantener a un toro se acompaña de peligros y costos. Los toros con una buena libido generalmente son agresivos. Para reducir los costos, un tambero puede escoger a un toro de raza de carne. Sin embargo, esto puede ser un problema para las vaquillonas por su tamaño. Por lo tanto es mejor una raza más pequeña (Holtz y Meinhardt, 1993).
Además se pueden utilizar vacas en celo o preñadas como marcadoras (Dijkhuizen y Van Eerdenburg, 1998; Esslemont y Bryant,1976; Thomas y Dobson, 1989). El tamaño y composición del rodeo pueden ser relevantes en este aspecto. Las vacas con COF o las vacas tratadas con hormonas también son una posibilidad (Kiser et al., 77; Mortimer et al., 1990; Signoret, 1975). Si embargo, estas vacas pueden ser muy activas, provocando mucha fatiga en el rodeo.
La presencia de un toro también puede ser estimulante para que las vacas muestren su estado estral de manera más patente. El estímulo del apareamiento dado por un toro estéril puede mejorar las tasas de preñez (Rodriguez y Rivera, 1999; Zicarelli et al., 1997). Sin embargo, cuando se introduce un toro en un rodeo lechero se puede extender el período para la reactivación ovárica postparto sin efectos a largo plazo sobre la performance reproductiva. (Shipka y Ellis, 1999).

Pintada de cola/detectores de monta por celo

Una ayuda barata y efectiva en un protocolo de detección de celo puede ser la pintura en la cola (Macmillan y Curnow, 1977; Slenning y Farver, 1990; Xu et al., 1998). La región pélvica de la columna de las vacas que pueden estar en celo se pinta con pintura fácil de remover, como la tiza. Cuando la vaca es montada por otra vaca o por un toro marcador, la pintura se encuentra revuelta o batida. Con dos observaciones diarias (p. ej.: cuando caminan hacia el tambo) es posible realizar una detección rápida. El método tiene algunos problemas. En establos de estabulación libre, donde existen cepillos para que las vacas se limpien a si mismas, los animales pueden quitarse la pintura. En países húmedos, la pintura necesita ser a prueba de agua. En rodeos grandes o en rodeos sincronizados, cuando existe una posibilidad real de tener más de una vaca en celo el mismo día, este método puede ser satisfactorio. Sin embargo, en rodeos más pequeños es más probable que una vaca esté en celo y que no sea montada. Además, como se estableció en **CARACTERÍSTICAS COMPORTAMENTALES**, muchas vacas ya no muestran los signos típicos de celo con quietud y se perderán. También existe el riesgo de falsos positivos ya que las vacas que no están en celo también son montadas por vacas en celo. Las primeras no se quedarán quietas pero la pintura en la cola no discrimina esto.
Algunos de estos problemas pueden solucionarse utilizando detectores de monta por celo (p. ej.: detector de monta por celo Kamar®). Este consiste en un tubo (plástico) relleno de pintura que puede ser pegado a la región pélvica de una vaca. Cuando es montado por otro animal, el color del tubo cambia o el tubo con pintura se rompe. De esta forma las vacas pueden ser detectadas desde lejos. Los problemas con estos detectores son la pérdida, falsos positivos por rascado y la falta de monta de otras vacas (Foote, 1975; Holtz y Meinhardt, 1993).

Dispositivos electrónicos

Los podómetros son dispositivos electrónicos, adheridos a la pata de la vaca, los cuales cuentan el número de pasos que efectúa el animal. Durante el celo, las hembras tienden a caminar más, y esto es registrado por el podómetro. El podómetro puede ser leído por una computadora, la cual calcula el incremento en la actividad en comparación con el (los) día(s) anterior(es). Se han desarrollado un gran número de algoritmos (Hurnik et al., 1975; Kiddy, 1977; Lehrer et al., 1992; Liu y Spahr, 1993; Peter y Bosu, 1986). Sin embargo, ninguno de ellos provee la combinación ideal de un gran número de registros y un bajo número de falsos positivos (Moore y Spahr, 1991). Recientemente, las lecturas de los podómetros han sido combinadas con otros parámetros de celo, dando como resultado en mejoras en las tasas de detección (Maatje et al., 1997; De Mol y Woldt, 2001). Un factor importante para obtener una alta tasa de preñez es el momento de la inseminación. (Roelofs et al., 2005a). Con una leída del podómetro al ordeñe, lo cual se da comúnmente, puede producirse un intervalo considerable entre el nivel máximo de comportamiento (el cual está altamente relacionado con el nivel de estradiol) y el registro por el podómetro (Lyimo et al., 2000). Una lectura frecuente del podómetro podría indicar en que momento comenzó un celo y se podría determinar con mayor precisión el momento de la inseminación. Esto da como resultado altas tasas de preñez (Maatje et al., 1997; Roelofs et al., 2005b).
El sistema Heatwatch es un dispositivo electrónico sensible a la presión que está diseñado para la región pélvica de

la vaca. También se encuentra disponible un dispositivo para implante subcutáneo (SQUID). Tanto el Heatwatch como el SQUID están equipados con un reloj y un chip de memoria. A través de radiotelemetría se puede registrar el momento de la primera y de la última monta en una vaca y por lo tanto el momento del comienzo del celo. De esta forma se puede obtener de manera precisa el momento de la inseminación (Rae et al., 1999; Senger 1994; Walker et al., 1996; Xu et al., 1998). La resistencia eléctrica del mucus vaginal y de la mucosa cambia durante el celo (Aboul Ela et al., 1983; Canfield y Butler, 1989; Edwards y Levin, 1974; Feldman et al., 1978; Kitwood et al., 1993; Leidl y Stolla, 1976; Phillips et al., 1991; Schams et al., 1977; Smith et al., 1989). La menor resistencia coincide con el pico máximo preovulatorio de LH y por consiguiente puede ser un predictor excelente para la ovulación. Sin embargo, la eficiencia y precisión varían entre diferentes estudios y no siempre son del 100%. Los electrodos fueron implantados para ser leídos por radiotelemetría, pero no eran prácticos (Lehrer et al., 1991; Senger 1994). El Ovatec , una sonda disponible comercialmente, mide la conductividad del mucus vaginal. Se afirma que esta sonda también puede ser usada para determinar el sexo de la cría (Wehner et al., 1997). Sin embargo, Rorie et al. (1999) no pudieron repetir este efecto del momento de inseminación. La detección de cambios sistemáticos en la transformación Fourier del espectro infrarrojo (FT-IR) en la leche puede ser una forma de detectar vacas en celo pero todavía no se encuentran resultados disponibles para la práctica (Norup et al., 2000).

Cámara de video

Las cámaras de video también pueden ser utilizadas para detectar vacas en celo. Sin embargo, para rodeos grandes se necesitan más cámaras debido a la resolución del equipo. A veces, el reconocimiento de las vacas puede causar algunos problemas (observaciones propias), principalmente en rodeos de razas de un solo color). El sistema puede estar equipado con un VCR con toma a intervalos, reduciendo así el tiempo invertido en la detección. Otra opción es la de conectar el VCR a un rayo láser que se encuentre dirigido sobre la zona por donde caminan las vacas. Cuando el rayo se ve interrumpido por el comportamiento de monta de una vaca, el VCR comienza a funcionar. De esta forma, se minimiza la cantidad de tiempo necesaria para revisar la cinta de video (Boyd, 1984; Hurnik y King, 1987).

Nariz eléctrica

Las vacas excretan feromonas durante el celo, las cuales serán detectadas por el toro (Chenoweth, 1983; Dehnard y Claus, 1996; Kiddy 1984; Paleologou, 1977). Se puede entrenar perros para detectar estas feromonas (Jezierski, 1991). Recientemente se ha desarrollado un método artificial (la "nariz electrónica") para detectar las feromonas estrales (Lane y Wathes, 1998). A pesar de que los resultados son promisorios, todavía no se han reportado aplicaciones prácticas.

- Medición de temperatura corporal/leche

Se puede utilizar los incrementos en la temperatura corporal (0.3 - 0.9 °C) durante el celo para detectar lo (Ball et al., 1978). Se puede medir la temperatura vaginal/rectal/ de la oreja, incluso con dispositivos radio-telemétricos (Kyle et al., 1998; Redden et al., 1993). La temperatura de la leche tiene una correlación alta con la temperatura rectal y puede ser medida en línea durante el ordeño (Fordham et al., 1987; Maatje y Rossing, 1976). Las tasas de detección pueden estar a un nivel aceptable. Sin embargo, existe un gran número de falsos positivos (Fordham et al., 1988).

Monitorización de la actividad ovárica

Existen tres maneras de monitorear la actividad ovárica:

- palpación rectal

Una acción llevada cabo comúnmente por el veterinario es la palpación rectal. Es una buena vía para obtener información sobre el estado de los órganos reproductivos de la hembra bovina. Las palpaciones regulares pueden confirmar la ciclicidad o la preñez de una vaca, predecir un celo futuro, etc. La palpación del útero al momento de la inseminación por parte del inseminador puede predecir el éxito de esa inseminación (Loefler et al., 1999; Sturman et al., 2000)

- imagen de ultrasonido

Con la ultrasonografía transrectal se pueden obtener imágenes del útero y ovarios. Un escaneo regular revelará información detallada sobre el estado reproductivo de los animales. De esta manera es posible obtener un diagnóstico preciso de preñez y quistes foliculares (Henao et al., 2000; Kamimura et al., 1993; Pierson y Ginther, 1984; Pieterse et al., 1990; Reeves et al., 1984; Sirois y Fortune, 1988). Exámenes ultrasónicos rectales no interfieren con el ciclo estral o con el momento de la ovulación (Roelofs et al., 2004).

- muestras regulares de leche o sangre

En muestreos regulares (p. ej.: 3 veces por semana) de leche o sangre (o incluso saliva) se puede determinar niveles hormonales para poder monitorear el ciclo de una vaca. Generalmente, la progesterona se utiliza en estudios científicos, pero también puede tener valor en la práctica diaria. Se han desarrollado muchos kits para testeo de progesterona en leche y se encuentran disponibles a nivel comercial (Brandes et al., 1988; Eldon, 1991; Elmore, 1989; Gao, 1988; Nebel et al., 1989; Rajamahendran et al., 1993; Ruiz et al., 1989; Schallenberger, 1990; Williams y Mc Leod, 1992). Claycomb y Delwiche (1998) desarrollaron un sistema para medir en línea niveles de progesterona durante el ordeñe. No todos los kits para usar en el momento al lado de la vaca son muy confiables, y muchos de ellos son muy caros para ser usados a gran escala.

Comportamiento de celo durante la preñez

A veces, las vacas preñadas muestran comportamiento de celo, incluso actitud de quietud (Chauhan et al. 1976; Dijkhuizen y Van Eerdenburg, 1998; Donald 1943; Erb y Morrison 1985; Kaikini y Fasihuddin, 1984; Thomas y

Dobson, 1989). Esto bien puede ser con un intervalo regular de alrededor de 21 días. En muchos casos las vacas son reinseminadas ya que los tamberos suponen que la vaca no estaba preñada. Alrededor de 4% de los terneros en Holanda son resultado de una inseminación previa a la última, 0.16% es el resultado de dos inseminaciones antes de la última (Dijkhuizen y Van Eerdenburg, 1998). Ya que algunas vacas preñadas muestran signos de celo, también pueden interactuar con animales en celo y ayudar al tambero con la detección de celo (Dijkhuizen y Van Eerdenburg, 1998; Thomas y Dobson, 1989).

Momento de la ovulación

Actualmente, la detección de celo es la determinación del momento correcto para la inseminación. Recientemente, Roefols et al. (2005a) investigaron la relación entre el celo y el momento de la ovulación. Reportaron que la ovulación ocurrió 30.0 ± 5.1 hs luego del comienzo del celo (variando entre 18.5 y 48.5 hs) y 18.8 ± 4.4 hs luego del final del celo (variando entre 9.5 y 33.5 h). Aunque sirve de información, estas predicciones son altamente variables entre individuos y el método usado para determinar el comienzo y el final del celo, p.ej. observaciones visuales frecuentes, consume tiempo. Por lo tanto, esto limita su uso como un predictor práctico de la ovulación.

El comienzo de la monta fue el mejor predictor para el momento de la ovulación (ocurriendo 28.7 ± 5.5 hs antes de la ovulación), y se presentó en el 90% de los períodos estrales en su estudio. En otro estudio Roelofs et al. (2005b) investigaron la relación entre lecturas de podómetro y el momento de la ovulación. La ovulación ocurrió 29.3 ± 3.9 hs después del comienzo del incremento del número de pasos (variando entre 39 y 22 hs) y 19.4 ± 4.4 hs luego del final del incremento del número de pasos (variando entre 35 y 12 hs). Ya que los podómetros pueden proveer un registro automático, una lectura frecuente puede ayudar a inseminar las vacas a tiempo.

Causas posibles para la disminución en la expresión de comportamiento estral

Estamos investigando varias causas posibles para el bajo nivel de expresión de comportamiento de celo.

- Generalmente la producción de leche de la vaca es mencionada como una causa para la baja fertilidad. Sin embargo, en nuestros estudios no hemos podido encontrar una correlación entre producción láctea y expresión de celo.
- También se investiga la relación entre balance energético (negativo) y expresión de celo. Se alimentó 16 vacas de tambo con una ración alta en energía durante el período seco, otras 16 vacas recibieron una ración estándar (baja energía). El grupo de ración de alta energía desarrolló un mayor déficit en el balance energético en comparación con el grupo de ración de baja energía, sin embargo, mantuvieron un alto score de condición corporal. De manera inesperada, durante el celo, el grupo de alta energía mostró más signos de celo que el grupo de baja energía. Las vacas reunieron un mayor puntaje durante el segundo versus el tercer celo. Los resultados confirmaron las quejas de los productores sobre baja expresión de celo al momento que querían comenzar con la inseminación artificial.
- El origen genético de una vaca también puede tener influencia, tal y como hemos demostrado en un estudio, en el cual tuvimos incluidas suficientes vacas hijas de dos toros padres.
- El tamaño del folículo preovulatorio tampoco está correlacionado con el nivel de expresión.
- Generalmente se asocia a la claudicación con bajas tasas de detección de celo en la vaca de tambo. Sin embargo, no se conoce el efecto de la renguera subclínica, no observada por el tambero. Los resultados de nuestro estudio no mostraron correlación entre renguera subclínica e intensidad en la expresión de celo.
- La cría de ganado joven no ha sido correlacionado con resultados de fertilidad en la adultez. En 188 tambos, se llevó a cabo un extenso cuestionario al tambero y se midió un número de parámetros productivos y de manejo. Se computaron parámetros que determinaron confort y estrés, incluyendo tipo de estabulación, número de veces que se movió y reagrupó a los animales, interacciones sociales y posible estrés. Aparentemente las condiciones de estabulación y estrés cerca de la pubertad están correlacionadas con los índices de fertilidad de las vacas adultas.
- El nivel de progesterona en el diestro no tuvo efecto en la ocurrencia de actitud de quietud. Sin embargo, la intensidad del celo se relacionó positivamente con el nivel de progesterona diestral ($p < 0.05$).
- El manejo, la estación, la composición del rodeo y el número de vacas en celo al mismo momento, también son importantes en la intensidad de comportamiento de celo.
- La GnRH es un neuropéptido clave en el control de las funciones reproductivas. Se ha sugerido que, en roedores, la GnRH también podría jugar un rol importante en la regulación del comportamiento receptivo por parte de la hembra.

A pesar de que se ha propuesto un rol para la GnRh en la regulación fisiológica del comportamiento de celo en la oveja, hasta el momento se carece de la información sobre este rol en la vaca. Hasta ahora se asume que el estradiol (E2) es el factor regulador del celo más importante en la vaca. Sin embargo, hay muchas inconsistencias reportadas con respecto a este rol del E2. El estradiol se encuentra a niveles > 80 % del nivel máximo 15 a 24 horas antes del comienzo del comportamiento de celo y no existe una relación dosis-respuesta clara. Aquí se reportan y discuten los resultados de dos experimentos en los cuales se investigó la relación entre la LH y la intensidad de comportamiento de celo. La hormona luteinizante es utilizada como un estimativo para la actividad de la GnRh ya que es imposible, hasta el momento, medir la actividad de la GnRH en vacas en movimiento libre. Las correlaciones de Spearman entre el nivel máximo durante el pico preovulatorio de LH y la intensidad del estro fue, en los dos experimentos, de 0.67 ($p= 0.000$) y 0.53 ($p= 0.014$) respectivamente. Estas correlaciones indican que la GnRH puede estar involucrada directamente en la regulación del comportamiento de celo en la vaca de tambo.

Referencias

Archbald LF, Sumrall DP, Tran T, Klapstein E, Risco C, Chavatte P, 1993. Comparison of pregnancy rates of repeat-breeder dairy cows given gonadotropin releasing hormone at or prior to the time of insemination. Theriogenology 39: 1081-1091.

Ball PJ, Morant SV, Cant EJ, 1978. Measurement of milk temperatures as an aid to oestrus detection in dairy cattle. Journal of Agricultural Science 91: 593-597

Boyd HW, 1984. Aids to oestrus detection - a review. In: Eddy RG, Ducker MJ, eds. Dairy cow fertility. Proceedings of the joint vetrinary association and British society for animal production conference Bristol UK, 28-29 june 1984. British Veterinary Association Editorial Services, London UK, 60-67.

Brandes K, Ellendorff F, Elsaesser F, 1988. Recent developments in rapid on-farm diagnosis of fertility and pregnancy in cattle by means of progesterone tests. Tierärztliche Umschau 43(9): 568-576.

Burke JM, De la Sota RL, Risco CA, Staples CR, Schmitt EJP, Thatcher WW, 1996. Evaluation of timed insemination using a gonadotropin releasing hormone agonist in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 79: 1385-1393.

Britt JH, Scott RG, Armstrong JD, Whitacre MD, 1986. Determinants of estrous behavior in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science 69: 2195-2202.

Britt JS, Gaska J, 1998. Comparison of two estrus synchronization programs in a large, confinement-housed dairy herd. Journal of the American Veterinary Medical Association 212(2): 210-212.

Bruyas JF, Fieni F, Tainturier D, 1993. Le syndrome "repeat-breeding": Analyse bibliographique 1ere partie: Etiologie. Revue Medicine Veterinaire 144(5): 385-398.

Canfield RW, Butler WR, 1989. Accuracy of predicting the LH surge and optimal insemination time in Holstein heifers using a vaginal resistance probe. Theriogenology 31: 835-842.

Chenoweth PJ, 1983. Sexual behavior of the bull: a review. Journal of Dairy Science 66(1): 173-179.

Claycomb RW, Delwiche MJ, 1998. Biosensor for on-line measurement of bovine progesterone during milking. Biosensors & Bioelectronics 13: 1173-1180.

Cook DL, Smith CA, Parfet JR, Youngquist RS, Brown EM, Garverick HA, 1990. Fate and turnover of ovarian follicular cysts in dairy cattle. Journal of Reproduction and Fertility 90: 37-46.

Cowen P, Schwabe CW, Rosenberg HR, Bondurant RH, Franti CE, Goodger WJ. 1989. Reproductive management practices among Tulare, California, dairy herds. I. Census and descriptive aspects. Preventive Veterinary Medicine 7: 83 100.

Day ML, Burke CR, Taufa VK, Day AM, Macmillan KL, 2000. The strategic use of estradiol to enhance fertility and submission rates of progestin based estrus synchronization programs in dairy herds. Journal of Animal Science 78(3): 523-529.

De Mol RM, Woldt WE, 2001. Application of fuzzy logic in automated cow status monitoring. Journal of Dairy Science 84: 400-410.

Dehnard M, Claus R, 1996. Attempts to purify and characterize the estrus-signalling pheromone from cow urine. Theriogenology 46(1): 13-22.

De Silva M, Reeves JJ, 1988. Hypothalamic-pituitary function in chronically cystic and regularly cycling dairy cows. Biology of Reproduction 38: 264-269.

Dieleman SJ, Bevers MM, Van Tol HTM, Willemse AH, 1986. Peripheral plasma concentrations of oestradiol, progesterone, cortisol, LH and prolactin during the oestrous cycle in the cow, with emphasis on the perioestrous period. Animal Reproduction Science 10: 275-292.

Dijkhuizen AA, Huirne RBM, Stelwagen J, 1991. Practical economy for dairy and pig farming. Misset, Doetinchem, the Netherlands.

Dijkhuizen TJ, Van Eerdenburg FJCM, 1998. Behavioural signs of oestrus during pregnancy in lactating dairy cows. Veterinary Quarterly 119: 194-196.

Donald HP, 1943. Heta during pregnancy in dairy cows. The Veterinary Record 55: 297-298.

Donaldson LE, 1968. The efficiency of several methods for detecting estrus in cattle. Australian Veterinary Journal 44: 496-498.

Dozier-Vailes L, Britt JH, 1990. Influence of footing surface on mounting and other sexual behaviors of estrual Holstein cows. Journal of Animal Science 68: 2333-2339.

Edmonson AJ, Fissore RA, Pashen RL, Bondurant RH, 1986. The use of ultrasonography for the study of the bovine reproductive tract I Normal and pathological ovarian structures. Animal Reproduction Science 12: 157-165.

Edwards DF, Levin RJ, 1974. An electrical method of detecting the optimum time to inseminate cattle, sheep and pigs. Vetrinary Record 95: 416-420.

Eldon J, 1991. Post-partum and post-conceptional ovarian activity of dairy cows: evaluation based on progesterone profiles. Acta Veterinaria Scandinavica 32: 377-386.

Elmore RG, 1989. The use of rapid progesterone assay to improve pregnancy rates in beef cattle estrus synchronization programs. Agri-Practice 10(3): 32-34.

Erb HN, Smith RD, Oltenacu PA, Guard CL, Hillman RB, Powers PA, Smith MC, White ME, 1985. Path model of reproductive disorders and performance, milk fever, mastitis, milk yield and culling in Holstein cows. Journal of Dairy Science 68: 3337-3349.

Erb RE, Morrison AE, 1985. Estrus after conception in a herd of Holstein-Friesian cattle Journal of Dairy Science 41: 267-274.

Esslemont RJ, Bryant MJ, 1976. Oestrous behaviour in a herd of dairy cows. Veterinary Record 99: 472 475.

Farin PW, Estill ChT, 1993. Infertility due to abnormalities of the ovaries in cattle. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice 9(2): 291-305.

Feldman R, Aizinbud E, Schindler H, Brode H, 1978. The electrical conductivity inside the bovine vaginal wall. Animal Production 26: 61-65.

Foote RH, 1975. Estrus detection and estrus detection aids. Journal of Dairy Science 58: 248-255.

Fordham DP, McCarthy TT, Rowlinson P, 1987. An evaluation of milk temperature measurement for detecting oestrus in dairy cattle. II variations in body and milk temperature associated with oestrus. Veterinary Research Communication 11: 381-391.

Fordham DP, Rowlinson P, McCarthy TT, 1988. Oestrus detection in dairy cows by milk temperature measurement. Research in Veterinary Science 44: 366-374.

Gao Y, Short RV, Fletcher TP, 1988. Progesterone concentrations in plasma, saliva and milk of cows in different reproductive states. British Veterinary Journal 144(3): 262-268.

Garverick HA, Parfet JR, Lee CN, Coplin JP, Youngquist RS, Smith MF, 1988. Relationship of pre- and post ovulatory gonadotropin concentrations to subnormal luteal function in postpartum beef cattle. Journal of Animal Science 66: 104-111.

Hamilton SA, Garverick HA, Keisler DH, Xu ZZ, Loos K, Youngquist RS, Salfen BE, 1995. Characterization of ovarion follicular cysts and associated endocrine profiles in dairy cows. Biology of Reproduction 53: 890-898.

Henao G, Olivera-Angel M, Maldonado-Estrada JG, 2000. Follicular dynamics during postpartum anestrus and the first estrous cycle in suckled or non-suckled Brahman (Bos indicus) cows. Animal Reproduction Science 63: 127-136.

Heres L, Dieleman SJ, Van Eerdenburg FJCM, 2000. Validation of a new method of visual oestrus detection on the farm. Veterinary Quarterly 22(1): 50-55.

Holtz W, Meinhardt H, 1993. Determination of oestrus in cattle. Reproduction in Domestic Animals, 28: 315 341.

Hooijer GA, Lubber RBF, Ducro BJ, Van Arendonk JAM, Kaal-Lansbergen LMTE, Van der Lende T. 2001. Genetic parameters for cystic ovarian disease in Dutch black and white dairy cattle. Journal of Dairy Science 84: 286-291.

Hurnik JF, King GJ, 1987. Estrous behavior in confined beef cows. Journal of Animal Science 65: 431-438.

Hurnik JF, King GK, Robertson HA, 1975. Estrous and related behavior in post partum Holstein cows. Applied Animal Ethology 2: 55-68.

Jeffcoate IA, Aycliffe TR, 1995. An ultrasonographic study of bovine cystic ovarian disease and its treatment. Veterinary Record 136(16): 406-410.

Jeziersky T, 1991. The use of a trained dog for detection of oestrus-related odors in dairy cows. Proceedings of the VII th congress of the International Society for Animal Hygiene, Skara, Sweden: 719.

Jobst SM, Nebel RL, McGillard ML. Pelzer KD, 2000. Evaluation of reproductive performance in lactating dairy cows with prostaglandin F2 , gonadotropin-releasing hormone, and timed artificial insemination. Journal of Dairy Science 83: 2366-2372.

Johnson AD, Legates JE, Ulberg LC, 1966. Relatinship betwen follicular cysts and milk production in dairy cattle. Journal of Dairy Science 49: 865-868.

Kaikini AS, Fasihuddin M, 1984. Incidence of gestational oestrus in Sahiwal and Gir cows. Indian Journal of Animal Science 54: 886-887.

Kamimura S, Ohgi T, Takahashi M, Tsukamoto T, 1993. Turnover of dominant follicles prior to first ovulation and subsequent fertility in postpartum dairy cows. Reproduction in Domestic Animals 28: 85-90.

Keister ZO, DeNise SK, Armstrong DV, Ax RL, Brown MD, 1999. Pregnancy outcomes in two commercial dairy herds following hormonal scheduling programs. Theriogenology 51: 1587-1596.

Kesler DJ, Garverick HA, 1982. Ovarian cysts in dairy cattle: a review. Journal of Animal Science 55: 1147-1159.

Kesler DJ, Garverick HA, Caudle AB, Bierschwal CJ, Elmore RG, Younquist RS, 1979. Clinical and endocrine responses of dairy cows with ovarian cysts to GnRH and PG2 . Journal of Animal Science 46: 719-725.

Kesler DJ, Garverick HA, Caudle AB, Elmore RG, Younquist RS, Bierschwal CJ, 1980. Reproductive hormone and ovarian changes in cows with ovarian cysts. Journal of Dairy Science 63: 166-170.

Kiddy CA, 1977. Variation of physical activity as an indication of estrus in dairy cows. Journal of Dairy Science 60: 235-243.

Kiddy CA, 1984. Estrus-related odors in body fluids of dairy cows. Journal of Dairy Science 67(2): 388-391.

King JOL, 1977. The effect of oestrus on milk production in cows. Veterinary Record 101: 107-108.

Kiser TE, Britt JH, Ritchie HD, 1977. Testosterone treatment of cows for use in detection of estrus. Journal of Animal Science 44: 1030-1035.

Kitwood SE, Phillips CJC, Weise M, 1993. Use of a vaginal mucus impedance meter to detect estrus in the cow. Theriogenology 40: 559-569.

Kyle BL, Kennedy AD, Small JA, 1998. Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows. Theriogenology 49(8): 1437-1449.

Lafi SQ, Kaneene JB, 1988. Risk factors and associated economic effects of the repeat breeder syndrome in dairy cattle. Veterinary Bulletin 58: 900-903.

Lane AJ, Wathes DC, 1998. An electronic nose to detect changes in perineal odors associated with estrus in the cow. Journal of Dairy Science 81(8): 2145-2150.

Lang DR, Hight GK, Uljee AE, Young J, 1968. Amarking device for detecting oestrus activity in cattle. New Zealand Agricultural Research 11: 955.

LeBlanc SJ, Leslie KE, Ceelen HJ, Kelton DF, Keefe GP, 1998. Measures of estrus detection and pregnancy in dairy cows after administration of gonadotropin-releasing hormone within an estrus synchronization program based on prostaglandin F2 . Journal of Dairy Science 81: 375-381.

Lehrer AR, Lewis GS, Aizinbud E, 1991. Electrical resistance of genital tissues during reproductive events in cows, and its possible on-farm application: A review. Wiener Tieraerztlichen Monatsschrift 78: 317-322.

Lehrer AR, Lewis GS, Aizinbud E, 1992. Oestrus detection in cattle: recent developments. Animal Reproduction Science 28: 355-361.

Leidl W, Stolla R, 1976. Measurement of electric resistance of the vaginal mucus as an aid for heat detection. Theriogenology 6: 237-246.

Liu X, Spahr SL, 1993. Automated electronic activity measurement for the detection of estrus in dairy cattle. Journal of Dairy Science 76: 2906-2912.

Loeffler SH, De Vries MJ, Schukken YH, De Zeeuw AC, Dijkhuizen AA, De Graaf FM, Brand A, 1999. Use of technician scores for body condition, uterine tone and uterine discharge in a model with disease and milk production parameters to predict pregnancy risk at first AI in Holstein dairy cows. Theriogenology 51: 1267-1284.

Lyimo ZC, Nielen M, Ouweltjes W, Kruip TAM, Van Eerdenburg FJCM, 2000. Relationship among estradiol, cortisol and intensity of estrous behavior in dairy cattle.

Theriogenology 53(9): 1783-1795.
Maatje K, Loeffler SH, Engel B, 1997. Predicting optimal time of insemination in cows that show visual signs of estrus by estimating onset of estrus with pedometers. Journal of Dairy Science 80: 1098-1105.
Maatje K, Rossing W, 1976. Detecting oestrus by measuring milk temperatures of dairy cows during milking. Livestock Production Science 3: 85-89.
Macmillan KL, Curnow RJ, 1977. Tail painting - a simple form of oestrus detection in New Zealand dairy herds. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 5:357-361.
Macmillan KL, Peterson AJ, 1993. A new intravaginal progesterone releasing device for cattle (CIDR-B) fr oestrous synchronisation, increasing pregnancy rates and the treatment of post-partum anoestrus. Animal Reproduction Science 33: 1-25.
McDowell CM, Anderson LH, Kinder JE, Day ML, 1998. Duration of treatment with progesterone and regression of persistent ovarian follicles in cattle. Journal of Animal Science 76(3): 850-855.
Moffatt RJ, Zoller WG, Welshons WV, Kieborz KR, Garverick HA, Smith MF, 1993. Basis of Norgestomet action as a progestogen in cattle. Domestic Animal Endocrinology 10(1): 21-30.
Moore AS, Spahr SL, 1991. Activity montoring and an enzyme immuno assay for milk progesterone to aid in the detection of estrus. Journal of Dairy Science 74: 3857-3862.
Moore RB, Fuquay JW, Drapala WJ, 1992. Effects of late gestation heat stress on postpartum milk production and reproduction in dairy cattle. Journal of Dairy Science 75: 1877-1882.
Morgan WF, Lean IJ, 1993. Gonadotropin-releasing hormone treatment in cattle: a meta-analysis of the effects on conception at the time of insemination. Australian Veterinary Journal 70(6): 205-209.
Morrow, DA, Roberts SJ, McEntee K, Gray HG, 1966. Postpartum ovarian activity and uterine involution in dairy cattle. Journal of the American Veterinary Association 149 (12): 1596-1609.
Mortimer RG, Salman MD, Gutierrez M, Olson JD, 1990. Effects of androgenized dairy heifers with ear implants containing testosterone and estrogen on detection of estrus. Journal of Dairy Science 73: 1773-1778.
Nakao T, 1977. Effect of glucocorticoids and corticotropin on the peripheral blood levels of 11-hydroxycorticosteroids and progesterone and serum protein pattern in cows with cystic ovaries. Japanese Journal of Veterinary Science 39: 93-100.
Nanda AS, Ward WR, Dobson H, 1991. Lack of response to oestradiol treatment in cows with cystic ovarian disease and effect of progesterone treatment or manual rupture. Research in Veterinary Science 51(2): 180-184.
Nebel RL, Altemose DL, Munkrittick TW, Sprecher DJ, McGilliard ML, 1989. Comparisons of eight comercial on-farm milk progesterone tests. Theriogenology 31(4): 753-764.
Nebel RL, Jobst SM, 1998. Evaluation of systematic breeding programs for lactating dairy cows: a review. Journal of Dairy Science 81: 1169-1174.
Nessan GK, King GJ, 1981. Relationship of peripheral estrogens and testosterone concentrations to sexual behavior in normal and cystic cows. Canadian Veterinary Journal 22: 9-11.
Norup LR, Hansen PW, Ingvartsen KL, Friggens NC, 2001. An attempt to detect oestrus from changes in Fourier transform infrared spectra of milk from dairy heifers. Animal Reproduction Science 65: 43-50.
O'Farrell KJ, 1978. Heat detection-an observation problem. Farm and Food Research. 9:95-97.
Opsomer G, Mijten P, Coryn M, de Kruif A, 1996. Post-partum anoestrus in dairy cows: a review. Veterinary Quarterly 18: 68-75.
Orr WN, Cowan RT, Davison TM, 1993. Factors affecting pregnancy rate in Holstein-Friesian cattle mated during summer in a tropical upland environment. Australian Veterinary Journal 70(7): 251-256.
Paleologou AM, 1977. Detecting oestrus in cows by a method based on bovine sex pheromones. Veterinary Record 100(15): 319.
Peter AT, Bosu WTK, 1986. Post partum ovarian activity in dairy cows: correlation between behavioural estrus, pedometer mesurements and ovulations. Theriogenology 26: 111-115.
Pierson RA, Ginther OJ, 1984. Ultrasonography of the bovine ovary. Theriogenology 21: 495-504.
Pieterse MC, Taverne MAM, Kruip TAM, Willemse AH, 1990: Detection of corpora lutea and follicles in cows: a comparison of transvaginal ultrasonography and rectal palpation. The Veterinary Record 126: 552-554.
Phillips CJC, Schofield SA, Owens AR, 1991. Variation in the milk production, activity rate, and electrical impedance of cervical mucus over the oestrous period of dairy cows. Animal Reproduction Science 24: 231-248.
Pursley JR, Silcox RW, Wilbank MC, 1998. Effect of time of artificial insemination on pregnancy rates, calving rates, pregnancy loss, and gender ratio after synchronization of ovulation in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science 81: 2139-2144.
Rae DO, Chenoweth PJ, Giangreco MA, Dixon PW, Bennett FL, 1999. Assessment of estrus detection by visual observation and electronic detection methods and characterization of factors associated with estrus and pregnancy in beef heifers. Theriogenology 51: 1121-1132.
Rajamahendran R, Burton B, Shelford J, 1993. A field study on the usefulness of milk progesterone determination to confirm estrus and pregnancy of dairy cows in the Fraser valley area of British Columbia. Canadian Veterinary Journal 34: 349-352.
Redden KD, Kennedy AD, Ingalls JR, Gilson TL, 1993. Detection of estrus by radiotelemetric monitoring of vaginal and ear skin temperature and pedometer measurements of activity. Journal of Dairy Science 76: 713-721.
Reeves JJ, Rantanen NW, Hauser M, 1984. Transrectal real-time ultrasound scanning of the cow reproductive tract. Theriogenology 21: 485-494.
Reimers TJ, Smith RD, Newman SK, 1985. Management factors affecting reproductive performance of dairy cows in the northeastern United States. Journal of Dairy Science, 68: 963 972.
Rodriguez RO, Rivera MJ, 1999. Fertility of beef cattle females with mating stimuli around insemination. Animal Reproduction Science 54(4): 221-226.

Roelofs JB, Bouwman EG, Dieleman SJ, Van Eerdenburg FJCM, Kaal-Lansbergen LMTE, Soede NM, Kemp B, 2004. Influence of repeated rectal ultrasound examinations on hormone profiles and behaviour around oestrus and ovulation in dairy cattle. Theriogenology. 62(7):1337-1352.

Roelofs JB, Van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B, 2005a. Various behavioral signs of estrous and their relationship with time of ovulation in dairy cattle. Theriogenology. 63:1366-1377.

Roelofs JB, Van Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B, 2005b. Pedometer readings for estrous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. Theriogenology: in press

Rorie RW, Lester, TD, Lindsey BR, Mc New RW, 1999. Effect of timing of artificial insemination on gender ratio in beef cattle. Theriogenology 52 (6): 1035-1041.

Ruiz FJ, Oltenacu PA, Smith RD, 1989. Evaluation of on farm milk progesterone tests to determine nonpregnant cows and to prevent insemination errors. Journal of Dairy Science 72: 2718 2727.

Sawamukai Y, Saitoh M, Nakao T, Kawata K, 1991. Ovarian ultrasonographs, milk progesterone profiles, hCG treatmentand sexual behavior for better diagnosis of ovarian follicular cysts in cows. Japanese Journal of Animal Reproduction 37(3): 167-175.

Schallenberger E, 1990. Characterization of the secretion rhythm of gonadotropins and ovarian steroids during the oestrous cycle, pregnancy and post partum in cattle. Advances in Veterinary Medicine 40: 1-117.

Schams D, Schallenberger E, Hoffman B, Karg H, 1977. The oestrous cycle of the cow: Hormonal parameters and the time relationships concerning oestrus, ovulation, and electrical resistance of the vaginal mucus. Acta Endocrinologica 86: 180-192.

Schopper D, Claus R, 1986. Progesterone concentrations in milkfat around ovulation in the dairy cow: differences between observed and silent heat. Zuchthygiene 21: 237-240.

Senger PL, 1994. The estrus detection problem: new concepts, technologies, and possibilities. Journal of Dairy Science 77(9): 2745-2753.

Shipka MP, Ellis LC, 1999. Effects of bull exposure on postpartum ovarian activity of dairy cows. Animal Reproduction Science 54(4): 237-244.

Short RV, 1962. Steroid concentrations in normal follicular fluid and ovarian cyst fluid from cows. Journal of Reproduction and Fertility 4: 27-45.

Signoret JP, 1975. Nouvelle methode de detection de l'estrus chez les bovins. Annales de Zootechnique 24: 123-127.

Singh G, Singh GB, Sharma SS, Sharma RD, 1984. Studies on oestrus symptoms of buffalo heifers. Theriogenology 21: 849-858.

Sirois J, Fortune JE, 1988. Follicular dynamics during the oestrous cycle in heifers monitored by ultrasonography. Biology of Reproduction 39: 308-317.

Slenning BD, 1994. Financial analysis of a clinical trial comparing simple estrus detection with estrus detection after prostaglandin-based appointment breeding in a commercial herd in California, USA. Preventive Veterinary Medicine 18: 239-257.

Slenning BD, Farver TB, 1990. Estrus detection efficiency and the effects of using prostaglandin F2 in a commercial dairy herd. Preventive Veterinary Medicine 8: 269 282.

Smith JW, Spahr SL, Puckett HB, 1989. Eelctrical conductivity of reproductive tissue for detection of estrus in dairy cows. Journal of Dairy Science 72: 693-701.

Stevenson JS, Britt JH, 1979. Relationships among luteinizing hormone, estradiol, progesterone, glucocorticoids, milk yield, body weight and postpartum ovarian activity in holstein cows. Journal of Animal Science 48: 570-577.

Stevenson JS, Kobayashi Y, Thompson KE, 1999. Reproductive performance of dairy cows in various programmed breeding systems including Ovsynch and combinations of gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F2 . Journal of Dairy Science 82: 506-515.

Stevenson JS, Schmidt MK, Call EP, 1983. Estrous intensity and conception rates in Holsteins. Journal of Dairy Science 66: 275 280.

Stevenson JS, Smith JF, Hawkins DE, 2000. Reproductive outcomes for dairy heifers treated with combinations of prostaglandin F2 , Norgestomet, and gonadotropin-releasing hormone. Journal of Dairy Science 83: 2008-2015.

Strelow LW, 1993. A retrospective analysis of the effect of prostaglandin F2 on conception rates in commercial dairy herds. Theriogenology 40: 199-204.

Sturman H, Oltenacu EA, Foote RH, 2000. Importance of inseminating only cows in estrus. Theriogenology 53(8): 1657-1567.

Thomas I, Dobson H, 1989. Oestrus during pregnancy in the cow. The Veterinary Record 124: 387-390.

Tregaskes LD, Broadbent PJ, Dolman DF, Grimmer SP, Franklin MF, 1994. Evaluation of Crestar, a synthetic progestogen regime, for synchronising oestrus in maiden heifers used as recipients of embryo transfers. Veterinary Record 134(4): 92-94.

Trimberger GW, 1956. Ovarian functions, intervals between oestrus, and conception rates in dairy cattle. Journal of Dairy Science 39: 448 55.

Tucker A, 1982. Seasonality in cattle. Theriogenology 17(1): 53-59.

Uehlinger H, Binder H, Hauser B, Rusch P, Zerobin K, 1995. Comparison of vaginal devices CIDR and PRID in ovariectomized cows using hormone analysis. Schweizer Archiv fur Tierheilkunde 137(3): 81-86.

Van Asseldonk MAPM, Huirne RBM, Dijkhuizen AA, 1998. Quantifying characteristics of information-technology applications based on expert knowledge for detection of oestrus and mastitis in dairy cows. Preventive Veterinary Medicine 36: 273-286.

Van Eerdenburg FJCM, Loeffler HSH, Van Vliet JH, 1996. Detection of oestrus in dairy cows: a new approach to an old problem. Veterinary Quarterly 118: 52-54.

Van Eerdenburg FJCM, Daemen AJJM, van der Beek EM, van Leeuwen FW, 2000. Changes in estrogen- receptor immunoreactivity during the estrous cycle in lactating dairy cattle. Brain Research 880(1-2): 219-223.

Van Vliet JH, Van Eerdenburg FJCM, 1996. Sexual activities and oestrus detection in lactating Holstein cows. Aplied Animal Behaviour Science 50: 57-69.

Varner MA, 1986. Anestrus and estrous detection aids. Dairy Integrated Reproduction Management 7: 1-5.

Vasconcelos JLM, Silcox RW, Rosa GJM, Pursley JR, Wiltbank MC, 1999. Synchronization rate, size of the ovulatory follice, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrous cycle in lactatin dairy cows. Theriogenology 52:1067-1078.

Vos PLAM, Bevers MM, Willemse AH, Dieleman SJ, 1994. Effects of suppression by a progesterone-releasing intravaginal device and subsequent induction by GnRH of the preovulatory LH surge on follicular function in PMSG/PG-treated heifers. Journal of Reproduction and Fertility 101(1): 43-49.

Waldmann A, Reksen O, Landsverk K, Kommisrud E, Dahl E, Refsdal AO, Ropstad E, 2001. Progesterone concentrations in milk fat at first insemination - effects on non-return and repeat breeding. Animal Reproduction Science 65: 33-41.

Walker WL, Nebel RL, McGilliard ML, 1996. Time of ovulation relative to mounting activity in dairy cattle. Journal of Dairy Science 79(9): 1555-1561.

Webster FB, Lean IJ, Curtis MA, 1997. A case-control study to identify farm factors affecting fertility of dairy herds: multivariate description of factors. Australian Veterinary Journal 75: 262-265.

Wehner GR, Wood C, Tague A, Barker D, Hubert H, 1997. Efficiency of the Ovatec unit for estrus detection and calf sex control in beef cows. Animal Reproduction Science 46(1-2): 27-34.

Williams ME, McLeod BJ, 1992. Strategic milk progesterone testing for the detection of silent oestrus and ovulation in dairy cows. Journal of Agricultural Science 118: 237-244.

Williamson NB, Morris RS, Blood DC, Cannon CM, 1972. A study of oestrous behaviour and oestrus detection methods in a large commercial dairy herd. Veterinary Record 91: 50-58.

Williams WF, Osman AM, Shehata SHM, Gross TS, 1986. Pedometer detection of prostaglandin F2 -induced luteolysis and estrus in the Egyptian buffalo. Animal Reproduction Sciience 11: 237-241.

Xu ZZ, Burton LJ, 2000. Estrus synchronization of lactating dairy cows with GnRH, progesterone, and Prostaglandin F2 . Journal of Dairy Science 83: 471-476.

Xu ZZ, Burton LJ, McDougall S, Jolly PD, 2000. Treatment of noncyclic lactating dairy cows with progesterone and estradiol or with progesterone, GnRH, prostaglandin F2 , and estradiol. Journal of Dairy Science 83: 464-470.

Xu ZZ, McKnight DJ, Viswanath R, Pitt CJ, Burton LJ, 1998. Estrus detection using radiotelemetry or visual observation and tail painting for dairy cows on pasture. Journal of Dairy Science 81: 2890-2896.

Zaied AA, Garverick HA, Kesler DJ, Caudle AB, Bierschwal CJ, Elmore RG, Younquist RS, Luteinizing hormone response to estradiol benzoate in cows with ovarian cysts. Theriogenology 16: 349-358.