

## EFEITO DA NUTRIÇÃO E DA AMAMENTAÇÃO NO ANESTRO

G. Cliff Lamb

University of Florida North, Florida Research e Education Center

### INTRODUÇÃO

A reprodução é um importante fator limitante da eficiência produtiva de bovinos de corte. Como a duração da prenhez limita os bovinos a uma estação de parição anual, a vaca não concebendo durante a estação de monta leva a perdas reprodutivas (Wiltbank et al., 1961). Os fatores que contribuem para reduzir as perdas econômicas são encurtar o anestro pós-parto, aumentar a taxa de concepção no primeiro serviço, diminuir a perda embrionária e diminuir doenças (Call e Stevenson, 1985; Short et al., 1990; Jolly et al., 1995). A duração do anestro pós-parto determina em grande parte se as vacas vão emprenhar durante a estação de monta e parir novamente no ano seguinte, de forma a manter um intervalo anual entre os partos.

Os produtores sabem que há um período de anovulação ou anestro no pós-parto. Estudos anteriores (antes de 1970) baseavam-se apenas na expressão do estro para determinar o início dos ciclos estrais pós-parto. O desenvolvimento e o uso de dosagens hormonais para determinar as concentrações de progesterona no sangue ou no leite permitiram a identificação precisa do início da função lútea após o parto. A detecção da função lútea, independente da expressão do estro, nos permite medir os períodos de anovulação. Estudos mais recentes (depois de 1970) tendem a usar a ovulação ao invés da expressão comportamental como indicador do reinício dos ciclos estrais pós-parto.

Os padrões endócrinos durante os períodos de aciclicidade após o parto e próximo da primeira ovulação pós-parto tendem a simular os padrões observados na transição do anestro sazonal e da puberdade para estabelecer os ciclos estrais. A transição do anestro pós-parto para ciclos estrais normais é caracterizada por: 1) recuperação do trato reprodutivo depois do estado de prenhez; 2) ondas recorrentes de desenvolvimento e maturação folicular; 3) aumento na liberação pulsátil de GnRH e LH; 4) ovulação com elevação de progesterona com curta duração; 5) ovulação seguida por ciclos estrais de duração normal.

A amamentação e a nutrição são dois fatores críticos que afetam a duração e o início dos ciclos estrais pós-parto. A presente revisão vai focar ambos, amamentação e nutrição, enfatizando seus efeitos sobre a aciclicidade pós-parto. Além disso, uma rápida revisão irá incluir os métodos não hormonais e hormonais utilizados para induzir a ovulação em bovinos após o parto. Finalmente, o efeito da estação, da raça, do genótipo e da involução uterina sobre a anovulação pós-parto serão revisados.

### AMAMENTAÇÃO E INTERAÇÕES VACA-BEZERRO

#### *Amamentação*

Um elo vaca-bezerro é estabelecido logo após o parto através de sinais visuais, sensoriais e olfativos, e é mantido durante todo o período de amamentação (Fabre-Nys et al., 1993). O efeito negativo da amamentação sobre o anestro pós-parto aumenta com a maior frequência ou duração da amamentação (Wettemann et al., 1978). A amamentação uma vez por dia encurtou o intervalo até a primeira ovulação (Odde et al., 1981; Browning et al., 1994). Randel (1981) determinou que vacas Brahman × Hereford primíparas, que amamentavam seus bezerros uma vez por dia, tinham um intervalo médio do parto até o primeiro estro de 69 dias, enquanto que nas vacas do grupo controle, em que a amamentação era ad libitum, o intervalo foi de 168 dias. Por outro

lado, a amamentação duas vezes por dia prolongou a anovulação pós-parto que ficou similar a das vacas em que a amamentação era ad libitum (LaVoie et al., 1981), e quando as vacas amamentavam dois bezerros ad libitum, logo depois do parto, o intervalo até a primeira ovulação foi prolongado (Wettemann et al., 1978). Amamentar um bezerro não aparentado pode encurtar (Wettemann et al., 1978; Silveira et al., 1993) ou não ter efeito (Lamb et al., 1997) sobre a anovulação pós-parto.

O início dos ciclos estrais após o parto pode depender do horário da amamentação, uma vez que as vacas que amamentavam durante as horas em que está escuro retornavam ao estro 67 dias após o parto, um período mais longo do que as vacas que amamentavam durante as horas de luz ou apenas uma vez por dia (42,2 e 45,7 dias, respectivamente; Stewart et al., 1995). Na maioria das espécies de mamíferos, a secreção de melatonina aumenta durante as horas de escuridão (Deveson et al., 1992) e uma maior exposição a elevadas concentrações de melatonina poderia, possivelmente, aumentar a influência inibitória da amamentação durante a noite sobre a secreção de LH (Stewart et al., 1995). Por outro lado, Gazal et al. (1995) demonstraram recentemente que o horário da amamentação não alterou a duração do período anovulatório porque os intervalos até o primeiro aumento da progesterona foram, em média, 32, 32 e 31 dias para vacas que amamentavam durante o dia, durante a noite ou ad libitum, respectivamente. Assim sendo, com estes resultados conflitantes, não é possível determinar o exato papel da amamentação durante o dia ou durante a noite sobre a anovulação pós-parto.

### ***Restrição do Bezerro.***

Macmillan (1983) relatou que a presença do bezerro que não é amamentado (está com focinheira) atrasou o primeiro estro pós-parto (58 dias) em comparação com vacas cujos bezerros foram removidos 72 horas após o nascimento (35 dias). Além disso, nas vacas cujos bezerros receberam placas nasais, para prevenir que mamassem 30 dias após o parto, o intervalo médio até o primeiro estro foi de 72 dias, que pode ser comparado com 81 dias nas vacas que amamentavam ou 43 dias nas vacas cujos bezerros eram desmamados 30 dias após o parto (Mukasa-Mugerwa et al., 1991).

Hoffman et al. (1996) sugeriram que a manutenção do reconhecimento vaca-bezerro na ausência da amamentação é uma parte essencial do mecanismo de amamentação que prolonga o anestro. Nas vacas cujos bezerros estavam presentes continuamente mas não podiam mamar, os intervalos até a primeira ovulação após o parto foram aproximadamente 1 semana mais longos do que nas vacas cujos bezerros eram desmamados 7 dias após o parto. Assim, bloquear o reconhecimento do bezerro por sua mãe pode diminuir ainda mais o intervalo do parto até a primeira ovulação em vacas que amamentavam.

### ***Denervação do Úbere.***

Nas vacas em que foi feita a ablação dos nervos sensoriais das glândulas mamárias durante a primeira semana após o parto, o intervalo do parto até o primeiro estro foi similar ao de vacas intactas, que amamentavam seus próprios bezerros (81 x 76 dias respectivamente; Short et al., 1976). Além disso, um terceiro tratamento de vacas cujos bezerros foram desmamados com 3 a 7 dias resultou em intervalo médio do parto até o primeiro estro de 28 dias. A estimulação elétrica e térmica leve do teto não conseguiu simular o efeito da amamentação (Cutshaw et al., 1990a,b). Vacas com úbere denervado, com bezerro ao pé, tinham padrões de liberação de LH e intervalos médios do parto até a primeira atividade lútea semelhantes aos de vacas com úbere intacto e com bezerro ao pé (Williams et al., 1990). Estes dados indicam que a presença do bezerro estava influenciando o intervalo até o primeiro estro de sua mãe por meio de outros estímulos que não a manipulação do teto.

### ***Mastectomia.***

Quando as glândulas mamárias foram removidas e as vacas mantidas sem seus próprios bezerros, o

intervalo até o primeiro estro foi menor do que em vacas intactas sem bezerro ao pé vacas (Short et al., 1972). Estas observações levaram à conclusão que a mastectomia acentua os efeitos da não amamentação porque remove todos os efeitos inibitórios da lactação e da amamentação. Pesquisas posteriores de Grass e Hauser (1981) mostraram que a mastectomia reduziu o intervalo entre o parto e a primeira ovulação quando comparado com controles intactos, durante três anos consecutivos (primeiro ano: 32 x 52 dias; segundo ano: 21 x 59 dias; terceiro ano: 20 x 46 dias). Um descuido nestes últimos estudos é que o efeito dos bezerros mantidos com suas mães mastectomizadas não foi examinado. Posteriormente, Viker et al. (1989) demonstraram que a manutenção dos bezerros com suas mães mastectomizadas prolongava a anovulação pós-parto. Além disso, as vacas mastectomizadas e as vacas com úbere intacto mantidas com seus próprios bezerros ao pé tinham intervalos similares até a primeira ovulação após o parto (Viker et al., 1993; Stevenson et al., 1994). Estes resultados indicam que a associação vaca-bezerro, com o bezerro tentando mamar, foi parcialmente responsável por intervalos prolongados até a primeira ovulação após o parto, mesmo sem uma glândula mamária intacta. Além disso, cortisol, ocitocina e prolactina aumentaram com a reunião vaca-bezerro, indicando que as vacas mastectomizadas que “amamentavam” tinham respostas hormonais similares aos períodos normais de amamentação em vacas com úbere intacto (Stevenson et al., 1994).

Quando o desmame era feito ao nascimento, as vacas mastectomizadas ovulavam aproximadamente 2 semanas mais tarde (Short et al., 1972; Viker et al., 1989; Viker et al., 1993; Stevenson et al., 1994). Dois dos três experimentos determinaram o efeito da presença de um bezerro que não mamava (Viker et al., 1993; Stevenson et al., 1994). Vacas mastectomizadas eram colocadas em baias com seus próprios bezerros, mas o bezerro ficava restrito a uma pequena baia dentro de uma baia maior, onde ficava sua mãe. Só havia contato da cabeça e do pescoço entre a vaca e o bezerro, sem contato inguinal. Os intervalos desde o parto até a primeira ovulação em vacas cujos bezerros estavam restritos e em vacas com bezerro desmamado foram similares, mas mais curtos do que o intervalo em vacas com o bezerro presente, vacas mastectomizadas ou vacas com o úbere intacto. Estes resultados indicam que o contato inguinal do bezerro era essencial para prolongar a anovulação, quer a vaca seja mastectomizada ou tenha o úbere intacto.

### ***Ordenha Mecânica.***

Ordenhar vacas de corte 8x por dia, com a presença ou ausência de seu próprio bezerro com focinheira, não simulou os efeitos da amamentação sobre a liberação de LH (Williams et al., 1987). Aumentar a frequência da ordenha de 2x para 4x por dia (Clapp, 1937) prolongou o intervalo até o primeiro estro em 23 dias, enquanto que em outro estudo (Amos et al., 1985) o mesmo aumento da frequência da ordenha prolongou os intervalos até o primeiro estro apenas em cerca de 6 dias. De maneira similar, ordenhar as vacas 4 x por dia prolongou a anovulação em apenas 6 dias quando comparado com as vacas ordenhadas 2x por dia (Carruthers e Hafs, 1980).

Stevenson et al. (1997b) revisaram dois estudos em que os intervalos até a primeira ovulação foram estudados em vacas de leite ordenhadas três vezes por dia; ou seis vezes por dia, durante 3 semanas e depois passando para 3 vezes por dia; ou seis vezes por dia, durante 6 semanas e depois passando para 3 vezes por dia; ou ordenhadas três vezes mais três amamentações durante 6 semanas, e depois voltando a três ordenhas por dia. Os intervalos médios até a primeira ovulação foram 22, 30, 39 e 48 dias, respectivamente. O aumento da frequência de remoção do leite por ordenha, em vacas de leite, prolongou o intervalo até a primeira ovulação, sendo que a amamentação mais a ordenha tiveram o maior efeito (Stevenson et al., 1997).

Nós (Lamb et al., 1999) demonstramos que ordenhar uma vaca de corte duas ou cinco vezes por dia, na presença ou ausência contínua de seu próprio bezerro, não prolonga a anovulação, enquanto que seu bezerro mamando pelo menos duas vezes por dia prolonga a anovulação. A ordenha não prolongou a anovulação porque, aparentemente, não simula a percepção da amamentação, mesmo quando o próprio bezerro da vaca está presente para reforçar a ligação vaca-bezerro. Ainda que o reconhecimento de seu bezerro (ligação

materna) seja um elo necessário para prolongar a anovulação temporariamente, um prolongamento da inibição ocorre apenas quando a amamentação mas não a ordenha (até cinco vezes por dia) ocorre depois do reconhecimento vaca-bezerro.

## EFEITOS DA NUTRIÇÃO

### *Nutrição Pré-parto*

Diversos estudos relataram a relação entre o status nutricional e o desempenho reprodutivo em bovinos. A crença geral é que as vacas mantidas em nível nutricional crescente antes do parto têm intervalo entre o parto e a primeira ovulação mais curto do que as vacas que estão em um nível de nutrição decrescente. A restrição energética durante o período pré-parto resultou em condição corporal magra ao parto, anestro pós-parto prolongado e menor porcentagem de vacas apresentando estro durante a estação de monta (Wiltbank et al., 1962, 1964; Dunn et al., 1969; Whitman, 1975; Bellows e Short, 1978; Dunn e Kaltenbach, 1980; Dziuk e Bellows, 1983; Richards et al., 1986; Houghton et al., 1990; Spitzer et al., 1995; Lalman et al., 1997). As taxas de prenhez (Dunn et al., 1969; Bellows e Short, 1978) e intervalos do parto à prenhez (Dunn et al., 1969) também foram afetados pelo nível de energia antes do parto. Contudo, há um relato (Selk et al., 1988) indicando que a nutrição no período pré-parto não afetou a anovulação pós-parto ou as taxas de concepção.

Alguns pesquisadores sugeriram que, quando a restrição de nutrientes no pré-parto é seguida por maior consumo de nutrientes no pós-parto, o efeito negativo da restrição anterior ao parto pode ser parcialmente superado (Wiltbank et al., 1962; Dunn et al., 1969; Houghton et al., 1990). Contudo, a eficácia do consumo elevado de nutrientes no pós-parto pode depender da gravidade da restrição de nutrientes no pré-parto (Lalman et al., 1997). Esta conclusão está de acordo com a de Perry et al. (1991), em cujo estudo a restrição de nutrientes no pré-parto resultou na perda de 1,8 unidades no ECC durante o período de 90 dias antes do parto. Um aumento do nível de energia na dieta após o parto reduziu, mas não eliminou por completo, os efeitos negativos da restrição energética durante o período anterior ao parto sobre a anovulação pós-parto.

### *Nutrição Pós-parto*

Numerosos estudos documentam que aumentar os níveis nutricionais após o parto aumentou as taxas de concepção e prenhez em vacas de corte (Wiltbank et al., 1962, 1964; Dunn et al., 1969; Whitman, 1975; Dziuk e Bellows, 1983; Richards et al., 1986) e em vacas de leite (King, 1968; Butler et al., 1981). Aumentar a densidade energética da dieta aumentou o peso e o escore de condição corporal cerca de 90 dias após o parto, com diminuição no intervalo entre o parto e o primeiro estro (Lalman et al., 1997). Neste estudo, entretanto, apenas 3 das 17 vacas alimentadas com a dieta mais rica em energia retomaram os ciclos estrais normais 90 dias após o parto. De maneira similar, vacas de corte primíparas, com o bezerro ao pé, tiveram ganho superior a 1 kg/dia enquanto consumiam uma dieta com 85% de concentrado, e não retomaram a atividade cíclica ovariana antes de 70 dias após o parto (Aldrich et al., 1995).

Aumentar os níveis nutricionais após o parto teve efeitos positivos sobre os intervalos entre o parto e a ovulação (Menge et al., 1962; Dunn et al., 1969; Terqui et al., 1982; Randel, 1990; Perry et al., 1991; Lalman et al., 1997) e aumentou a porcentagem de fêmeas apresentando estro (Wiltbank et al., 1962, 1964). Além disso, Rutter e Randel (1984) relataram que o aumento do consumo energético no pós-parto diminuiu o intervalo entre o parto e a primeira ovulação, mas as vacas e as novilhas deste estudo pariram com ECC de 7,3 e 5,8, respectivamente. Quando vacas primíparas e múltíparas estavam em nível nutricional negativo antes e depois do parto, a anovulação pós-parto foi prolongada ou a porcentagem das que estavam ciclando

no início da estação de monta foi reduzida (Dunn et al., 1969; Houghton et al., 1990; Perry et al., 1991; Lalman et al., 1997). Por isto, a eficácia do elevado consumo de nutrientes após o parto depende da gravidade da restrição nutricional antes do parto.

### ***Peso e Condição Corporal***

Um sistema visual de escore de condição corporal (ECC) desenvolvido para bovinos de corte utiliza uma escala de 1 a 9, com 1 representando animais emaciados e 9 animais obesos (Whitman, 1975). Burskirk et al. (1992) relataram uma relação linear entre as alterações no peso corporal e no escore de condição corporal (usando escala de 1 a 9), em que uma mudança de peso de aproximadamente 40 kg está associada a cada unidade de mudança no ECC. Wagner et al. (1988) relataram que 38 kg de peso estavam associados a cada unidade de alteração na condição corporal, enquanto que o NRC (1996) adota uma média de 44 kg de peso associada a cada unidade ECC.

O peso vivo no momento da parição não teve nenhum efeito sobre o desempenho reprodutivo (Osoro e Wright, 1992), enquanto que o escore de condição ao parto foi melhor indicador da duração da anovulação pós-parto do que a mudança no peso ou no escore de condição no período pré-parto (Dunn et al., 1969; Whitman, 1975; Dunn e Kaltenbach, 1980; Richards et al., 1986; DeRouen et al., 1994; Lalman et al., 1997). Achados similares foram relatados para ovelhas (Gunn e Doney, 1975) e éguas (Kubiak et al., 1987). Além disso, a condição corporal na cobertura teve correlação positiva com as taxas de ovulação em ovelhas (Gunn et al., 1972; Gunn e Doney, 1975), e o desempenho reprodutivo foi menor em porcas com condição corporal magra (Reese et al., 1984; King e Dunkin, 1986).

Quando as vacas estavam magras no momento da parição (Dunn e Kaltenbach, 1980) ou tinham um ECC igual ou menor do que 4 (Richards et al., 1986), o aumento do nível de energia no período pós-parto elevou a porcentagem de fêmeas apresentando estro durante a estação de monta. Da mesma forma, novilhas que pariram com um ECC igual a 4 e foram alimentadas para manter o peso depois do parto, tiveram a atividade ovariana reduzida e menores taxas de prenhez do que novilhas que pariram com condição corporal similar e ganharam peso depois da parição (Wetteman et al., 1986). Selk et al. (1988) concluíram que o ECC ao parto e à cobertura foram os fatores dominantes, influenciando o sucesso da prenhez, ainda que as alterações no peso corporal durante o período final da gestação modulassem este efeito. Richards et al. (1986) concluíram que a condição corporal ao parto era o fator determinante relacionado com o reinício dos ciclos estrais no pós-parto da vaca de corte.

### ***Balanço Energético***

O balanço energético é definido como a energia líquida que é consumida menos a energia líquida necessária para a manutenção e produção. A ingestão insuficiente de energia, proteína, vitaminas e minerais (macro e micro minerais) tem sido associada a desempenho reprodutivo subótimo. Entre estes efeitos nutricionais sobre a reprodução, o balanço energético provavelmente seja o fator nutricional isolado mais importante, relacionado a função reprodutiva baixa em vacas durante o período periparto. Durante as primeiras 4 a 10 semanas após o parto, pelo menos 92% das vacas de leite passam por um período de balanço energético negativo (Coppock et al., 1974; Canfield e Butler, 1991; Zurek et al., 1995). Este estado nutricional ocorre porque as vacas não são capazes de consumir matéria seca em quantidade adequada para obter os nutrientes suficientes para manutenção, lactação e funções reprodutivas (Bell, 1995). Short e Adams (1988) priorizaram o uso metabólico da energia disponível em ruminantes, classificando cada estado fisiológico por ordem de importância, como segue: 1) metabolismo basal; 2) atividade; 3) crescimento; 4) reservas de energia; 5) gestação; 6) lactação; 7) reservas de energia adicionais; 8) ciclos estrais e início da gestação; 9) reservas de excesso de energia. Com base nesta lista de prioridades metabólicas para energia, a função reprodutiva fica comprometida durante o período de balanço energético negativo porque a energia disponível é direcionada

para atender as reservas mínimas de energia e produção de leite.

A maioria das vacas leiteiras apresenta balanço energético negativo que alcança seu ponto mais baixo dentro das 2 primeiras semanas após o parto (Butler e Smith, 1989; Zurek et al., 1995), com a ovulação geralmente ocorrendo cerca de 10 a 15 dias depois deste ponto (Canfield e Butler, 1990; Zurek et al., 1995). O número de dias até a primeira ovulação está correlacionado com o ponto mais baixo do balanço energético (Canfield e Butler, 1990). Além disso, a porcentagem de gordura no leite é elevada durante a primeira e a segunda semanas depois do parto e diminui gradativamente, simultaneamente com a diminuição do balanço energético negativo (Zurek et al., 1995). A porcentagem de gordura no leite tem correlação positiva ( $r = 0,61$ ) com a queda do déficit energético, e pode ser um indicador do grau deste déficit (Zurek et al., 1995). O balanço energético negativo também tem sido envolvido como causa de amenorreia em mulheres atléticas (Warren, 1980).

## RESUMO

A anovulação pós-parto e (ou) anestro são afetados por muitos fatores, dos quais a amamentação e nutrição são os dois fatores dominantes. A maioria dos estudos indica que a duração do anestro pós-parto é prolongada por causa de aumento mais tardio na amplitude e frequência dos pulsos de secreção de LH, que é controlado pelo “gerador de pulsos” de GnRH localizado no hipotálamo. Com a retomada da liberação de FSH, o padrão de desenvolvimento folicular em ondas ocorre dentro de 1 a 2 semanas depois do parto. Os folículos dominantes destas ondas têm o potencial de ovular em resposta a LH exógeno. Por isso, o FSH endógeno não é um fator limitante para a retomada da ciclicidade ovulatória após o parto.

O teor de GnRH hipotalâmico em vacas no pós-parto é maior do que em vacas que estão ciclando e não muda durante o período pós-parto. As reservas de hormônio luteinizante na hipófise anterior se acumulam e aumentam gradativamente, alcançando as concentrações observadas em vacas ciclando antes do dia 30 após o parto. A percepção inguinal do bezerro durante a amamentação parece estimular a liberação de neuropeptídeos no cérebro. Estes peptídeos suprimem o “gerador de pulsos” de GnRH e inibem as descargas de GnRH. Na medida em que aumenta o intervalo após o parto, o “gerador de pulsos” de GnRH torna-se menos sensível ao efeito de feedback negativo do  $E_2$  ovariano, resultando em maior frequência de descargas de GnRH e pulsos de LH.

Vacas submetidas a desafio nutricional, e que apresentam déficits de nutrientes no pós-parto, apresentam alterações acentuadas nos hormônios metabólicos ou metabólitos que provavelmente atuam sobre o eixo hipotálamo-hipófise para inibir o reinício da liberação pulsátil de LH. Maiores concentrações de  $E_2$  reduzem a amplitude do pulso de LH, e aumenta a sua frequência. O aumento das concentrações de  $E_2$  exerce efeito de feedback positivo sobre a liberação de LH que resulta no pico pré-ovulatório de LH e subsequente ovulação. A primeira ovulação após o parto geralmente não está associada com expressão comportamental de estro. A segunda ovulação, é seguida pela formação de um CL que não tem vida curta, e que persiste como em qualquer ciclo estral normal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldrich, S. L., L. L. Berger, B. A. Reiling, D. J. Kesler, and T. G. Nash. 1995. Parturition and periparturient reproductive and metabolic hormone concentrations in prenatally androgenized beef heifers. *J. Anim. Sci.* 73:3712-3718.
- Amos, H. E., T. E. Kiser, and M. Lowenstein. 1985. Influence of milking frequency in productive and reproductive efficiencies of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 68:732-739.

- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804-2819.
- Bellows, R. A., and R. E. Short. 1978. Effects of precalving feed level on birth weight, calving difficulty and subsequent fertility. *J. Anim. Sci.* 46:1522-1528.
- Browning, R., Jr., B. S. Robert, A. W. Lewis, D. A. Neuendorff, and R. D. Randel. 1994. Effects of postpartum nutrition and once-daily suckling on reproductive efficiency and preweaning calf performance in fall-calving Brahman (*Bos indicus*) cows. *J. Anim. Sci.* 72:984-989.
- Burskirk, D. D., R. P. Lemenager, and L. A. Horstman. 1992. Estimation of net energy requirements ( $NE_m$  and  $NE_D$ ) of lactating beef cows. *J. Anim. Sci.* 70:3867-3876.
- Butler, W. R., R. W. Everett, and C. E. Coppock. 1981. The relationship between energy balance, milk production and ovulation in postpartum Holstein cows. *J. Anim. Sci.* 53:742-749.
- Butler, W. R., and R. D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
- Call, E. P., and J. S. Stevenson. 1985. Current challenges in reproductive management. *J. Dairy Sci.* 68:2799-2805.
- Canfield, R. W., and W. R. Butler. 1990. Energy balance and pulsatile luteinizing hormone secretion in early postpartum dairy cows. *Domest. Anim. Endocrinol.* 7:323-330.
- Canfield, R. W., and W. R. Butler. 1991. Energy balance, first ovulation and the effects of naloxone on LH secretion in early postpartum dairy cows. *J. Anim. Sci.* 69:740-746.
- Carruthers, T. D., and H. D. Hafs. 1980. Suckling and four-times daily milking: influence on ovulation, estrus and serum luteinizing hormone, glucocorticoids and prolactin in postpartum Holsteins. *J. Anim. Sci.* 50:919-925.
- Clapp, H. 1937. A factor in breeding efficiency of dairy cattle. *Proc. Am. Soc. Anim. Prod.* 30:259-265.
- Coppock, C. E., C. H. Noller, and S. A. Wolfe. 1974. Effect of forage-concentrate ratio in complete feeds fed ad libitum on energy intake in relation to requirements by dairy cows. *J. Dairy Sci.* 57:1371-1380.
- Cutshaw, J. L., J. F. Hunter, and G. L. Williams. 1990a. Transcutaneous electrical nerve stimulation of the teat does not activate neuronal pathways that suppress gonadotropin release in cows. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl. 1):176 (Abstr.).
- Cutshaw, J. L., J. F. Hunter, and G. L. Williams. 1990b. Role of transcutaneous thermal stimulation of the teat in mediating suckling-induced inhibition of gonadotropin release in cows. *J. Anim. Sci.* 68(Suppl. 1):423 (Abstr.).
- DeRouen, S. M., D. E. Franke, D. G. Morrison, W. E. Wyatt, D. F. Coombs, T. W. White, P. E. Humes, and B. B. Greene. 1994. Prepartum body condition and weight influences on reproductive performance of first-calf beef cows. *J. Anim. Sci.* 72:1119-1125.
- Deveson, S. L., J. Arendt, and I. A. Forsyth. 1992. The influence of the pineal gland and melatonin on the reproductive performance of domesticated ungulates. *Anim. Reprod. Sci.* 30:113-134.
- Dunn, T. G., J. E. Ingalls, D. R. Zimmerman, and J. N. Wiltbank. 1969. Reproductive performance of 2-year-old Hereford and Angus heifers as influenced by pre- and post-calving energy intake. *J. Anim. Sci.* 29:719-726.
- Dunn, T. G., and C. C. Kaltenbach. 1980. Nutrition and the postpartum interval of the ewe, sow and cow. *J. Anim. Sci.* 51(Suppl. 2):29-39.

- Dziuk, P. J., and R. A. Bellows. 1983. Management of reproduction of beef, sheep and pigs. *J. Anim. Sci.* 57(Suppl. 2):355-379.
- Fabre-Nys, C., P. Poindron, and J.-P. Signoret. 1993. Reproductive behavior. In: G. J. King. (Ed.) *Reproduction in Domesticated Animals*. p 147. Elsevier, Amsterdam.
- Garverick, H. A., J. R. Parfet, C. N. Lee, J. P. Copelin, R. S. Youngquist, and M. F. Smith. 1988. Relationship of pre- and post-ovulatory gonadotropin concentrations to subnormal luteal function in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 66:104-111.
- Gazal, O. S., G. A. Guzman Vega, and G. L. Williams. 1995. Duration of postpartum anestrus in beef cows is not dependent upon the time of suckling. *J. Anim. Sci.* 73(Suppl. 1):241 (Abstr.).
- Grass, J., and E. R. Hauser. 1981. The influence of early age mastectomy and unilateral ovariectomy on reproductive performance of the bovine. *J. Anim. Sci.* 53:171-176.
- Gunn, R. G., and J. M. Doney. 1975. The interaction of nutrition and body condition at mating on ovulation rate and early embryo mortality in Scottish Blackface ewes. *J. Agric. Sci.* 85:465-470.
- Gunn, R. G., J. M. Doney, and A. J. F. Russel. 1972. Embryo mortality in Scottish Blackface ewes as influenced by body condition at mating and by post-mating nutrition. *J. Agric. Sci.* 79:19-25.
- Hoffman, D. P., J. S. Stevenson, and J. E. Minton. 1996. Restricting calf presence without suckling compared with weaning prolongs postpartum anovulation in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 74:190-198.
- Houghton, P. L., R. P. Lemenager, L. A. Horstman, K. S. Hendrix, and G. E. Moss. 1990. Effects of body composition, pre-and postpartum energy level and early weaning on reproductive performance of beef cows and preweaning gain. *J. Anim. Sci.* 68:1438-1440.
- Jolly, P. D., S. McDougall, L. A. Fitzpatrick, K. L. Macmillan, and K. W. Entwistle. 1995. Physiological effects of undernutrition on postpartum anestrus in cows. *J. Reprod. Fertil.* 49(Suppl.):477-492.
- King, J. O. L. 1968. The relationship between the conception rate and changes in bodyweight, yield and SNF content of milk in dairy cows. *Vet. Rec.* 83:492-501.
- King, R. H., and A. C. Dunkin. 1986. The effect of nutrition on the reproductive performance of first-litter sows. 3. The response by graded increases in food intake during lactation. *Anim. Prod.* 42:119-125.
- Kubiak, J. R., B. H. Crawford, E. L. Squires, R. H. Wrigley, and G. M. Ward. 1987. The influence of energy intake and percentage of body fat on the reproductive performance of nonpregnant mares. *Theriogenology* 28:587-598.
- Lalman, D. L., D. H. Keisler, J. E. Williams, E. J. Scholljegerdes, and D. M. Mallet. 1997. Influence of postpartum weight and body condition change on duration of anestrus by undernourished suckled beef heifers. *J. Anim. Sci.* 75:2003-2008.
- Lamb, G. C., J. M. Lynch, D. M. Grieger, J. E. Minton, and J. S. Stevenson. 1997. Ad libitum suckling by an unrelated calf in the presence or absence of a cow's own calf prolongs postpartum anovulation. *J. Anim. Sci.* 75:2762-2769.
- Lamb, G.C., B.L. Miller, J.M. Lynch, D.M. Grieger, and J.S. Stevenson. 1999. Suckling twice daily, but not milking twice daily in the presence of a cow's own calf, prolongs postpartum anovulation. *J. Anim. Sci.* 77:2207-2218.
- LaVoie, V., D. K. Kan, D. B. Foster, and E. L. Moody. 1981. Suckling effect on estrus and blood plasma progesterone in postpartum beef cows. *J. Anim. Sci.* 52:802-812.

- Macmillan, K. L. 1983. Post-partum interval to oestrus in monozygous twin cows and possible effects of maternal bonding. *N. Z. J. Agric. Res.* 26:451-454.
- Menge, A. C., S. E. Mares, W. J. Tyler, and L. E. Casida. 1962. Variation and association among postpartum reproduction and production characteristics in Holstein-Friesian cattle. *J. Dairy Sci.* 45:233-241.
- Mukasa-Mugerwa, E., A. Tegegne, and R. Franceschini. 1991. Influence of suckling and continuous cow-calf association on the resumption of post-partum ovarian function in *Bos indicus* cows monitored by plasma progesterone profiles. *Reprod. Fertil. Dev.* 71:241-247.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle (7th Ed.)*. National Academy Press, Washington, DC.
- Odde, K. G., G. H. Kiracofe, and R. R. Schalles. 1981. Effect of limited suckling on reproductive performance and milk production of cows and weight gains and suckling behavior of calves. *J. Anim. Sci.* 53(Suppl.1):353(Abstr).
- Osoro, K., and I. A. Wright. 1992. The effect of body condition, live weight, breed, age, calf performance, and calving date on reproductive performance of spring-calving beef cows. *J. Anim. Sci.* 70:1661-1666.
- Perry, R. C., L. R. Corah, R. C. Cochran, W. E. Beal, J. S. Stevenson, J. E. Minton, D. D. Simms, and J. R. Brethour. 1991. Influence of dietary energy on follicular development, serum gonadotropins, and first postpartum ovulation in suckled beef cows. *J. Anim. Sci.* 69:3762-3773.
- Randel, R. D. 1981. Effect of once-daily suckling on postpartum interval and cow-calf performance of first-calf Brahman  $\times$  Hereford heifers. *J. Anim. Sci.* 53:755-757.
- Randel, R. D. 1990. Nutrition and postpartum rebreeding in cattle. *J. Anim. Sci.* 68:853-862.
- Reese, D. E., E. R. Peo, Jr., and A. J. Lewis. 1984. Relationship of lactation energy intake and occurrence of postweaning estrus to body and backfat composition in sows. *J. Anim. Sci.* 58:1236-1244.
- Richards, M. W., J. C. Spitzer, and M. B. Warner. 1986. Effect of varying levels of postpartum nutrition and body condition at calving on subsequent reproductive performance in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 62:300-306.
- Rutter, L. M., and R. D. Randel. 1984. Postpartum nutrient intake and body condition: effect on pituitary function and onset of estrus in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 58:265-274.
- Selk, G. E., R. P. Wetteman, K. S. Lusby, J. W. Oltjen, S. L. Mobley, R. J. Rasby, and J. C. Garmendia. 1988. Relationships among weight change, body condition and reproductive performance of range beef cows. *J. Anim. Sci.* 66:3153-3159.
- Short, R. E., and D. C. Adams. 1988. Nutritional and hormonal interrelationships in beef cattle reproduction. *Can. J. Anim. Sci.* 68:29-39.
- Short, R. E., R. A. Bellows, E. L. Moody, and B. E. Howland. 1972. Effects of suckling and mastectomy on bovine postpartum reproduction. *J. Anim. Sci.* 34:70-74.
- Short, R. E., R. A. Bellows, R. B. Staigmiller, J. G. Berardinelli, and E. E. Custer. 1990. Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. *J. Anim. Sci.* 68:799-816.
- Short, R. E., R. B. Staigmiller, J. K. Baber, J. B. Carr, and R. A. Bellows. 1976. Effects of mammary denervation in postpartum cows. *J. Anim. Sci.* 43:304 (Abstr.).
- Silveira, P. A., R. A. Spoon, D. P. Ryan, and G. L. Williams. 1993. Evidence for the maternal behavior as a requisite link in suckling mediated anovulation in cows. *Biol. Reprod.* 49:1338-1346.
- Spitzer, J. C., D. G. Morrison, R. P. Wetteman, and L. C. Faulkner. 1995. Reproductive responses and calf birth and weaning weights as affected by body condition and parturition and post-partum weight gain in primiparous beef cows. *J. Anim. Sci.* 73:1251-1257.

- Stevenson, J. S., E. L. Knoppel, J. E. Minton, B. E. Salfen, and H. A. Garverick. 1994. Estrus, ovulation, luteinizing hormone, and suckling-induced hormones in mastectomized cows with and without unrestricted presence of the calf. *J. Anim. Sci.* 72:690-699.
- Stevenson, J. S., G. C. Lamb, D. P. Hoffman, and J. E. Minton. 1997b. Review: Interrelationships of lactation and postpartum anovulation in suckled and milked cows. *Livest. Prod. Sci.* 50:57-74.
- Stewart, I. B., B. P. Louw, A. W. Lishman, and P. G. Stewart. 1995. Late-night suckling inhibits onset of postpartum oestrous activity in beef cows. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 25:26-29.
- Terqui, M, D. Chupin, D. Gauthier, N. Perez, J. Pelot, and P. Mauléon. 1982. Influence of management and nutrition on postpartum endocrine function and ovarian activity in cows. In: H. Karg, and E. Schallenberger (Ed.). *Factors Influencing Fertility in the Postpartum Cow. Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science.* Vol. 20, pp 384-408. Martinus Nijhoff, The Hague.
- Viker, S. D., R. L. Larson, G. H. Kiracofe, R. E. Stewart, and J. S. Stevenson. 1993. Prolonged postpartum anovulation in mastectomized cows requires tactile stimulation by the calf. *J. Anim. Sci.* 71:999-1003.
- Viker, S. D., W. J. McGuire, J. M. Wright, K. B. Beeman, and G. H. Kiracofe. 1989. Cow-calf association delays postpartum ovulation in mastectomized cows. *Theriogenology* 32:467-474.
- Wagner, J. J., K. S. Lusby, J. W. Oltejen, J. Rakestraw, R. P. Wetteman, and L. E. Walters. 1988. Carcass composition in mature Hereford cows: estimation and effect on daily metabolizable energy requirement during winter. *J. Anim. Sci.* 66:603-612.
- Warren, M. P. 1980. The effects of exercise on pubertal progression and reproductive function in girls. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 51:1150-1157.
- Wetteman, R. P., K. S. Lusby, J. C. Garmendia, M. W. Richards, G. E. Selk, and R. J. Rasby. 1986. Nutrition, body condition and reproductive performance of first calf heifers. *J. Anim. Sci.* 63(Suppl. 1):61(Abstr.).
- Wettemann, R. P., E. J. Turman, R. D. Wyatt, and R. Totusek. 1978. Influence of suckling intensity on reproductive performance of range cows. *J. Anim. Sci.* 47:342-346.
- Whitman, R. W. 1975. Weight change, body condition and beef-cow reproduction. Ph.D. Dissertation. Colorado State Univ., Fort Collins.
- Williams, G. L., M. Kozirowski, R. G. Osborn, J. D. Kirsch, and W. D. Slinger. 1987. The postweaning rise of tonic luteinizing hormone secretion in anestrus cows is not prevented by chronic milking or the physical presence of the calf. *Biol. Reprod.* 36:1079-1084.
- Williams, G. L., W. R. McVey, J. L. Cutshaw, R. A. Spoon, J. F. Hunter, M. J. Shively. 1990. Neural disconnection of the bovine udder does not prevent suckling-induced anestrus in pluriparous females. *Biol. Reprod.* 42(Suppl. 1):129 (Abstr.).
- Wiltbank, J. N., W. W. Rowden, J. E. Ingalls, K. E. Gregory, and R. M. Koch. 1962. Effect of energy level on reproductive phenomena of mature Hereford cows. *J. Anim. Sci.* 21:219-225.
- Wiltbank, J. N., W. W. Rowden, J. E. Ingalls, and D. R. Zimmerman. 1964. Influence of post-partum energy levels on reproductive performance of Hereford cows restricted in energy intake prior to calving. *J. Anim. Sci.* 23:1049-1053.
- Wiltbank, J. N., E. J. Warwick, E. H. Vernon, and B. M. Priode. 1961. Factors affecting net calf crop in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 20:409-415.
- Zurek, E., G. R. Foxcroft, and J. J. Kennelly. 1995. Metabolic status and interval to first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:1909-1920.