

젖소의 분만 후 난소 주기의 재개와 혈장 요소태 질소(PUN)와의 관계

박수봉[†] · 손준규 · 박성재 · 백광수 · 전병순 · 안병석 · 김현섭 · 박춘근¹
농촌진흥청 축산연구소 낙농과

Relationship between Resumption of Postpartum Ovarian Cyclicity and Plasma Urea Nitrogen (PUN) in Holstein Cows

S. B. Park[†], J. K. Son, S. J. Park, K. S. Baek, B. S. Jeon, B. S. Ahn,
H. S. Kim and C. K. Park¹

Dairy Cattle Research Division, National Livestock Research Institute, RDA

SUMMARY

The objective of this study was to investigate the resumption of postpartum ovarian cyclicity, and to determine the relationship between concentrations of plasma urea nitrogen (PUN) and resumption of ovarian cyclicity in Holstein cows. The cows were considered to have resumed ovarian cyclicity on the day of ovulation, if followed by regular ovarian cycles. 58.8 percentage of the cows (114/194) had normal resumption of ovarian cyclicity (resumption within 40days after calving), and 41.2% (80/194) had delayed resumption (resumption did not occur until > 40days after calving). Delayed resumption Type I (one or more ovarian cycles with luteal phase > 20days, i.e. prolonged luteal phase; 17.5%) and delayed resumption Type II (first ovulation did not occur until \geq 40days after calving, i.e. delayed first ovulation 22.7%) were the most common types of delayed resumption. 18 percentage of the cows (35/194) did not resume their ovarian cyclicity until 60days postpartum. Prolonged luteal phase and delayed first ovulation were two important ovarian dysfunctions that delayed postpartum resumption of cyclicity in dairy cows. Cows with PUN of <15, 15~19.9 and \geq 20 mg/dl had the likelihood ratios of normal ovarian cyclicity of 0.9, 1.74 and 0.55, respectively. Thus, PUN concentration of 15~19.9 mg/dl had a favorable association with postpartum resumption of cyclicity, whereas lower or higher PUN had a negative association with postpartum resumption of cyclicity.

(Key words : Holstein cows, ovarian cyclicity, postpartum)

서 론

지난 40여년간 젖소의 산유 능력과 관리 기술의 개선에 의해 두당 산유량은 급격히 증가해 왔지만 번식효율은 지속적으로 저하되었다(Lucy, 2001; Roche 등, 2000). 그 결과로서 낙농가는 생애 우유

생산성의 감소와 비임신에 기인하는 도태우의 교체 비용에 따르는 경제적 손실을 감수해야 한다. 경제적으로 이상적인 12개월의 분만 간격을 얻기 위해서는 높은 발정 발견율, 합리적인 분만 후 첫 수정일수의 유지와 높은 수태율이 전제되어야 한다(Pelssier, 1976). 그러나 더 많은 우유를 생산하

¹ 강원대학교 동물생명과학대학(College of Animal Life Sciences, Kangwon National University)

[†] Correspondence : E-mail : pbs292@rda.go.kr

기 위해 요구되는 생리 대사는 분만 후 번식 기능에 부정적인 영향을 미친다(Beam과 Butler, 1999). 즉, 젖소의 고능력화에 동반하여 분만 후 발정 재귀의 지연, 발정 발현의 이상, 수태율의 지속적 저하 등이 일반적 현상으로 등장하고 있다(Wiltbank 등, 2006). 이러한 상황에서 젖소의 분만 후 발정 재귀가 어떻게 일어나며 어떤 요인에 의해 영향을 받는지 구명하는 것은 아주 중요하다.

분만 후 난소 주기의 재개에 대한 최근의 보고(Shrestha 등, 2004; Opsomer 등, 1998)에 의하면 고능력우에서 분만 후 첫 배란 시기가 지연될 뿐만 아니라 배란 후 황체기가 연장되는 경우가 다발성으로 발생된다. 그러나 이러한 난소 기능 이상의 증가가 제한된 지역에서 연구 보고되었던 바, 환경적인 요인에 크게 영향을 받을 가능성도 배제할 수 없기 때문에 다양한 지역적 연구 검토가 필요하다. 또한 분만 후 첫 배란의 지연은 비유 초기 동안의 에너지 부족에 기인한다고 보고되고 있다(Butler, 2001). 그러나 사육중 에너지의 부족 상태를 파악한다는 것은 용이한 일이 아니다. 혈장 내 요소태 질소는 간장에서 NH_4 비독화 과정에서 생성되는 산물로서 혈장 내의 요소태 질소 수준은 섭취한 단백질의 양과 분해성, 단백질과 에너지의 균형성 등을 반영해 준다(Ferguson 등, 1993). 그러므로 영양 관리의 적정성을 판정하는 지표로서 활용되어 왔고, 특히 젖소의 수태율과 관련한 보고(Park 등, 1997; Butler 등, 1996; Ferguson 등, 1993)들이 있었다. 이와 같이 혈장 내 요소태 질소 수준에 의해 분만 후 난소 기능의 재개와 관련한 영양 관리의 평가 가능성을 검토하는 것도 큰 의미가 있다고 사료된다.

본 연구는 국내 환경에서 사육된 젖소의 분만 후 난소 주기의 재개에 대한 조사를 수행하고 난소 기능의 재개와 혈장 내 요소태 질소 수준과의 관계를 구명하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

1. 공시우

본 연구의 자료는 축산연구소 축산자원개발부 낙농과에서 2004~2005년에 분만한 젖소에서 얻

어졌다. 모든 공시 젖소는 분만 후 100일까지는 후리스톨에서 사육되어졌다. 실험 전기간 동안 한국 표준사양관리 방법에 준하여 TMR 사료를 급여하여 사육하였다. 공시된 젖소들은 매일 2회(06, 17h) 착유하였다.

2. 채혈 및 호르몬 분석

Progesterone(P_4) 농도 측정을 위해 젖소 분만후 194두를 공시하여 분만 후 2주째부터 7일 간격으로 12주간 채혈하여 호르몬을 분석하였다. 채혈 방법은 오전 10~11시 사이 heparin 처리된 15 ml vacutainer를 사용하여 경정맥에서 약 10 ml를 채혈하여 곧바로 실험실로 운반하였고, 6시간 이내에 3,000 rpm에서 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 냉동 보존(-20°C)하였다. 혈중 P_4 농도는 Progesterone kit(DELFA Progesterone kit, Inc, USA)를 이용하여 호르몬 분석기(WALLAC DELFIA FLUOROMETER)로 측정하였다. 혈장 요소태 질소의 수준 검정을 위해 분만 후 40~70일 사이에 채혈된 혈액만 활용하였고 분석은 자동혈액분석기(Ciba Corning)를 이용하였다.

3. 발정 발견과 인공 수정

공시우들은 매일 두 번 착유 전후에 발정 상황을 관찰하였다. 대상우는 Kamar heatmount detector(Kamar Inc., Steamboat Springs, Co)를 미근부에 부착하고 발색의 상태에 의해 승가 허용 여부를 판정하고 질 점액의 유출, 질부의 팽윤 등의 이차 증상을 동반하는 승가 행위를 보이면 발정이라 판정하였다. 분만 후 40일의 잠정적 수정 대기 기간(voluntary waiting period)을 지나 발정을 보이는 개체는 인공 수정을 실시하였다. 수정 후 60일이 경과하면 직장 검사법에 의해 임신 여부를 판정하였다. 공시우들은 시험 전 기간 동안 호르몬 처리에 의한 치료를 하지 않았다.

4. 정의

적어도 2번의 연속적으로 채혈된 혈액에서 프로그스테론의 수준이 $\geq 1 \text{ ng/ml}$ 일 경우에 황체 활성을 가지고 있다고 간주하였다. 배란은 프로그스테론 수준이 $\geq 1 \text{ ng/ml}$ 로 증가되기 5일전에 일어

난 것으로 분류하였다(Shrestha 등, 2004). 난소 주기의 재개는 약 2주의 황체기와 약 1주의 난포기를 보여주는 정상적인 주기가 따르면 배란으로 정의하였다. 프로게스테론의 수준 변화 특성에 따라 다음과 같이 분류하였다.

- 1) 정상적인 난소 주기의 재개(Normal resumption of ovarian cyclicity): 분만 후 40일 이전에 배란이 일어나고 정상적 난소 주기가 나타난다.
- 2) 난소 주기의 재개 지연(Delayed resumption of ovarian cyclicity): 정상적인 난소 주기를 가진 배란이 분만 후 40일까지 일어나지 않는다. 난소 주기의 재개 지연은 난소 기능을 근거로 하여 다음과 같이 세분하였다.
 - 가) 난소 주기의 재개 지연 I형(Delayed resumption Type I): 20일 이상의 황체기를 가진 난소 주기를 보여준다.
 - 나) 난소 주기의 재개 지연 II형(Delayed resumption Type II): 분만 후 40일 이전에 첫 배란이 나타나지 않는다.
 - 다) 난소 주기의 재개 지연 III형(Delayed resumption Type III): 첫번째 황체기와 두번째 황체기의 사이에 최소한 14일의 황체기가 나타나지 않는다.

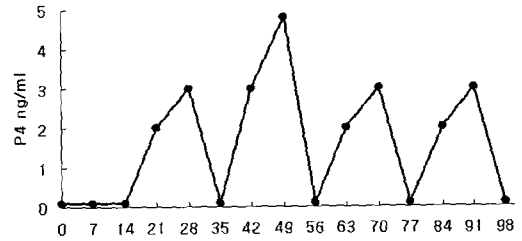
5. 통계 분석

혈장 요소태 질소와 분만 후 난소 주기 재개 이상과의 관계를 결정하기 위해 Ferguson 등(1993)과 같이 likelihood ratios를 계산하였다. Likelihood ratios는 각 우군에서 정상적인 난소 주기가 재개될 가능성을 나타내므로 높은 수치의 우군은 상대적으로 정상적인 난소 주기가 재개될 가능성이 높다는 것을 의미한다.

결 과

Fig. 1에 분만 후 난소 주기 재개의 몇 가지 형을 프로게스테론의 수준 변화로 나타내었다. 총 194두의 젖소 중 114두(58.8%)만이 정상적인 난소 주기 재개를 보여주었고 나머지 젖소(41.2%)들은 난소 주기 재개의 지연을 보여주었다(Fig. 2). 후자

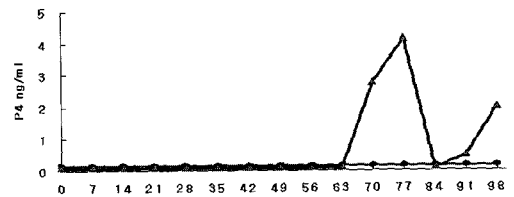
1. Normal resumption of ovarian cyclicity



2. Delayed resumption Type I (prolonged luteal phase)



3. Delayed resumption Type II (delayed first ovulation)



4. Delayed resumption Type III (cessation of cyclicity)

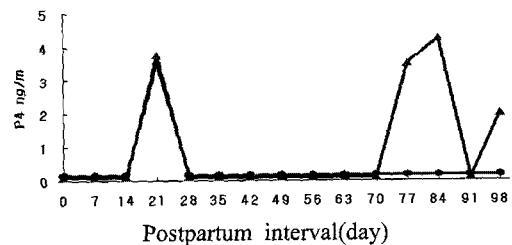


Fig. 1. Different types of resumption of postpartum ovarian cyclicity in Holstein cows with representative progesterone profiles.

의 소들에서 34두(17.5%)는 황체기의 연장을 보여주는 난소 주기 재개 지연 I형, 44두(22.7%)는 첫 배란이 지연되는 난소 주기 재개 지연 II형, 2두

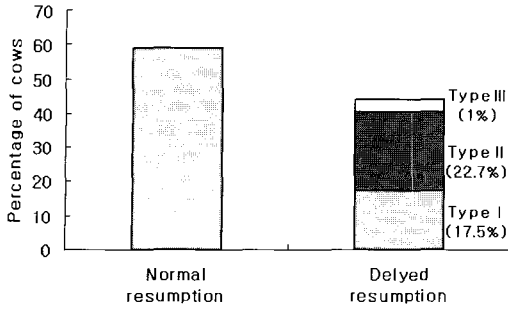


Fig. 2. Normal and delayed (with different type) resumption of postpartum ovarian cyclicity in Holstein cows.

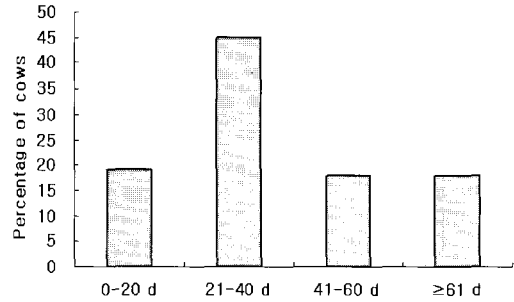


Fig. 3. Percentage of cows that resumed ovarian cyclicity postpartum at different postpartum intervals.

(1%)는 난소 주기가 없어지는 난소 주기의 재개 지연 III형이었다.

총 194두의 젖소 중 37두(19.1%)는 분만 후 20일 이내에 난소 주기가 재개(첫배란)되었지만 35두(18%)는 분만 후 60일까지도 난소 주기가 재개되지 않았다. 단지 44.9%와 18%의 젖소가 분만 후 21과 40일 사이 및 41일에서 60일 사이에 난소 주기가 각각 재개되었다(Fig. 3).

분만 후 비유 초기에 혈장 내 요소태 질소 수준은 몇 주까지 상승하다가 적정 수준을 유지하는 것이 일반적이다(Park 등, 1997; Canfield 등, 1990; Ferguson 등 1988; Carroll 등, 1988). 그러므로 사양관리의 적정성을 판단하기 위한 지표로서 혈장 내 요소태 질소의 수준을 이용하기 위해서는 안정된 시기의 선택이 중요하다. 본 연구에서는 이러한 조건의 부합을 위해 분만 후 40~70일 사이에 얻어진 혈액의 평균값으로 혈장 내 요소태 질소의

수준을 결정하였다. 혈장 내 요소태 질소의 수준을 <15, 15~19.9와 ≥20 mg/dl로 나누어 정상적 난소 주기 발생에 대한 likelihood ratio를 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 혈장 내 요소태 질소의 수준이 <15, 15~19.9와 ≥20 mg/dl인 시험구에서 각각 likelihood ratio는 0.9, 1.74와 0.55이었다. 즉, 혈장 내 요소태 질소의 수준이 15~19.9 mg/dl보다 낮거나 높은 경우 정상적 난소 주기의 발생율이 낮아진다는 것을 알 수 있었다

고 찰

약 40%의 젖소가 분만 후 난소 주기의 재개가 지연됨을 보여주었고 그 지연의 정도는 젖소의 고능력화에 동반한 지연의 사례를 보고한 초기 연구 결과(Opsomer 등, 1998; Lamming과 Darwash, 1997)보다는 더 심했으나 최근의 Shrestha 등(2004

Table 1. Likelihood ratio of normal ovarian cyclicity rate(NOCR) for cows categorized by plasma urea nitrogen(PUN) concentration

PUN category (mg/dl)	Cows (n)	NOCR (%)	Percentage ^a		Likelihood ratio ^b
			Normal cycle	Abnormal cycle	
< 15	130	56.2	65.18	72.15	0.9
15~19.9	140	71.1	28.57	16.46	1.74
20≤	16	43.8	6.25	11.39	0.55

^a Percentage of total cows within each PUN category.

^b Percentage of normal cows divided by the percentage of abnormal.

의 연구 결과보다는 적었다. 특히 황체가 연장되는 난소 주기의 재개 지연 I형(Delayed resumption Type I)의 발생이 심화되는 경향을 보여주었다. 그러나 분만 후 첫 배란이 지연되는 난소 주기의 재개 지연 II형(Delayed resumption Type II)은 기존 보고의 결과와 비슷한 수준이었다. 본 연구와 다른 연구(Shrestha 등, 2004; Opsomer 등, 1998)에서는 난소 주기가 정지하는 난소 주기의 재개 지연 III형(Delayed resumption Type III)의 발생율이 5% 이하에 불과하지만 Lamming과 Darwash(1998)은 10% 이상으로 빈도가 높다고 보고하였다. 본 연구와 Shrestha 등(2004)의 연구는 후리스톨에서 사사관리를 한 반면에 다른 연구(Opsomer 등, 1998; Lamming과 Darwash, 1998)는 초지에 방사 관리에 의해 연구가 수행되었고, 사사 관리의 경우, 방사에 비해 비정상적인 난소 기능의 발생의 위험이 높다는 것은 일반적이다(Opsomer 등, 2000). 난소 주기 재개의 이상율이 높은 Shrestha 등(2004)의 연구는 고능력우만을 대상으로 연구한 결과이다. 이러한 환경적 요인과 산유 능력의 차이에 의해 상기 연구 결과들의 이상성 발생의 변화 및 차를 부분적으로 설명할 수 있다고 사료된다.

분만 후 비유가 개시되면 에너지의 요구가 급격히 증가하게 되며 산유량의 증가에 동반하여 에너지 부족은 점점 커진다. 에너지 부족에 의해 분만 후 첫 배란이 지연됨을 보고하고 있다(Butler, 2001; Beam과 Butler, 1999). 분만 후 첫 배란은 임신 말기의 호르몬 상태에서 회복되어 난포의 발육이 재개되고 완성된다는 것을 의미한다. 분만 후 난포파는 에너지 부족과 관계없이 혈장 내 FSH의 농도 증가에 동반하여 분만 후 5~7일경에 출현한다(Butler, 2003). 비유 초기중 출현한 난포파에 의해 성장한 우세난포의 배란은 LH 분비 기능의 확립에 달려 있다. 그러나 에너지 부족의 생리적 상태에 놓인 젖소는 LH의 분비가 되지 않아 배란은 일어나지 않는다(Jolly 등, 1995). 또한 지속적으로 성장하여 배란하는 우세 난포에 비해 배란까지 성장하지 못하는 난포를 가진 분만 후 첫 난포파의 LH 방출의 빈도는 훨씬 적다(Butler, 2001; Beam과 Butler, 1999). 이와 같이 분만 후 발정 주기의 재개를 결정하는 에너지 부족의 수준과 기간에 대한 젖소

개체차는 비유 초기 동안의 건물 섭취량의 변이에 달려 있다(Staples 등, 1990; Villa-Godoy 등, 1988). 혈장 내 요소태 질소 수준은 섭취한 단백질의 양과 분해성, 단백질과 에너지의 균형성 등을 반영해 준다(Ferguson 등, 1993). 그러므로 영양 관리의 적정성을 판정하는 지표로서 활용되어 왔고 특히 젖소의 수태율과 관련하여 수많은 보고(Park 등, 1997; Butler 등, 1996; Ferguson 등, 1993)들이 있었다. 혈장 내 요소태 질소의 수준이 기준치보다 낮을 경우는 대부분 사료 섭취량의 부족한 것으로 판정을 하고 높을 경우는 사료내 에너지의 부족에 기인한다고 해석을 하는 것이 일반적이다. 그러므로 혈장 내 요소태 질소의 수준을 파악함으로써 현재의 에너지 수준 상태를 유추해 낼 수 있다. 본 연구 결과 혈장 내 요소태 질소의 수준이 15~19.9 mg/dl보다 낮거나 높은 경우 정상적 난소 주기의 발생율이 낮아진다는 것을 알 수 있었다. 어느 쪽이든 젖소의 영양 상태는 에너지 부족의 상태에 놓이기 쉬움을 알 수 있다. 이러한 결과에 의해 분만 후 40~70일에서 혈장 내 요소태 질소 수준을 파악하게 되면 발정 발견의 어려움에 기인한 난소 주기 재개의 파악의 문제인지 영양 상태의 불량에 기인한 생리적 이상 현상인지 평가를 할 수 있다고 사료된다.

적 요

본 연구는 젖소의 분만 후 난소 주기의 재개, 난소 주기 재개와 PUN과의 관계를 구명하기 위해 수행하였다. 정상적인 난소 주기가 진행이 되면 배란된 날에 난소 주기가 재개된 것으로 간주하였다. 공시우의 58.8%(114/194)가 정상적인 난소 주기의 재개를 하였고 41.2%의 소에서 난소 주기의 재개가 지연되었다. 배란 후 황체가 20일 이상 유지되는 난소 주기의 재개지연 I형(17.5%)과 분만 후 40일 이전에 첫 배란이 나타나지 않는 난소 주기의 재개 지연 II형(22.7%)이 난소 주기 재개 지연의 일반적인 형태였다. 공시우의 18%(35/194)는 분만 후 60일이 경과되어도 난소 주기가 재개되지 않았다. 황체의 연장과 첫 배란의 지연이 분만 후 난소 주기 재개를 지연시키는 대표적인 난소 이

상이다. PUN의 농도가 <15, 15~19.9와 ≥20 mg/dl인 소들의 정상적 난소 주기 재개의 likelihood ratios는 각각 0.9, 1.74와 0.55이었다. 15~19.9 mg/dl의 PUN 농도가 난소 주기의 재개에 가장 좋았고, 높거나 낮은 PUN 농도는 난소 주기의 재개에 나쁜 관계가 있음을 보여주었다.

참고문헌

- Beam SW and Butler WR. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 54:411-424.
- Butler WR, Calaman JJ and BEAM AW. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 74:858-865.
- Butler WR. 2001. Nutritional effect on resumption of ovarian cyclicity and conception rate in postpartum dairy cows. *Anim. Sci.*, 26:133-145.
- Butler WR. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, 83: 211-218.
- Canfield RW, Sniffen CJ and Butler WR. 1990. Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 73:2342-2349.
- Carroll DJ, Barten GW, Anderson GW and Smith RD. 1988. Influence of protein intake and feeding strategy on reproductive performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 71:3470-3478.
- Darwash AO, Lamming GE and Woolliams JA. 1997. The phenotypic association between the interval to postpartum ovulation and traditional measures of fertility in dairy cattle. *J. Anim. Sci.*, 65:9-16.
- Ferguson JD, Blanchard T, Galligan DT, Hoshall DC and Chalupa W. 1988. Infertility in dairy cattle fed a high percentage of protein degradable in the rumen. *JAVMA*, 192: 659-665.
- Ferguson JD, Galligan DT, Blanchard T and Reeves N. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate : The usefulness of test information. *J. Dairy Sci.*, 76:3742-3746.
- Jolly PD, McDougall S, Fitzpatrick LA, MacMillan KL and Entwistle KW. 1995. Physiological effects of undernutrition on postpartum anestrus in cows. *J. Reprod. Fertil. Suppl.*, 49:477-492.
- Lamming GE and Darwash AO. 1998. The use of milk progesterone profiles to characterize components of sub-fertility in milked dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 52:175-190.
- Lucy MC. 2001. Reproductive loss in high producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.*, 84:1277-1293.
- Opsomer G, Coryn M and de Kruif A. 1998. An analysis of ovarian dysfunction in high yielding dairy cows after calving based on progesterone profiles. *Reprod. Dom. Anim.*, 33:193-204.
- Opsomer G, Grohn YT, Hertl J, Coryn M, Deluyker H and Kruif A. 2000. Risk factors for postpartum ovarian dysfunctions in high producing dairy cows in Belgium: A field study. *Theriogenology*, 53:841-857.
- Park SB, Kim HS, Kim CK, Chung YC, Lee JW and Kim CH. 1997. Relation of conception rate and plasma urea nitrogen in dairy cattle. *Korean J. Anim. Reprod.*, 21:185-189.
- Pelssier CL. 1976. Dairy cattle breeding problems and their consequences. *Theriogenology*, 6:575-583.
- Roche JF, Mackey D and Diskin MD. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 60:703-712.
- Shrestha HK, Nakao T, Higaki T, Suzuki T and Akita M. 2004. Resumption of postpartum ovarian cyclicity in high-producing Holstein cows. *Theriogenology*, 61:637-649.
- Staples CR, Thatcher WW and Clark JH. 1990. Relationship between ovarian activity and energy balance during the early postpartum period of

high producing dairy cows. J. Dairy Sci., 73: 938-947.

Villa-Godoy A, Hughues TL, Emery RS, Chapin LT and Fogwell RL. 1988. Association between energy balance and luteal function in lactating dairy cows. J. Dairy Sci., 71:1063-1072.

Wiltbank M, Lopes H, Sartori R, Sangsritavong S

and Gumen A. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. Theriogenology, 65: 17-29.

(접수일: 2006. 8. 29 / 채택일: 2006. 9. 21)