

초음파검사 및 호르몬검사에 의한 젖소 번식검진과 발정유도 III. PGF₂α 제제에 의한 발정유도

오기석 · 박상국 · 김방실 · 고진성 · 신종봉* · 백종환** · 홍기강*** · 문광식**** · 임원호***** ·
문진산***** · 박인철***** · 김영홍***** · 손창호¹

전남대학교 수의과대학, *양동동물병원, **한일동물병원,
현대동물병원, *별교동물병원, *****청수동물병원,
*****국립수의과학검역원, *****강원대학교, *****경북대학교

Reproductive Monitoring and Estrus Induction Using Ultrasonography and Hormone Assay in Dairy Cows III. Estrus Induction Using PGF₂α

Ki-Seok Oh, Sang-Guk Park, Bang-Sil Kim, Jin-Sung Ko, Jong-Bong Shin*,
Jong-Hwan Baek**, Ki-Gang Hong***, Kwang-Sik Moon****, Won-Ho Lim*****,
Jin-San Moon*****, In-Chul Park*****, Young-Hong Kim***** and Chang-Ho Son¹

Abstract : To establish the method of estrus induction using the injection of PGF₂α, the 60 dairy cows treated by PGF₂α at 6, 8, 10, 12, 14, and 16 day of estrous cycle, respectively. The plasma progesterone concentrations at day of injection of PGF₂α were 1.5±1.3 (mean±SD) ng/ml at 6 days of estrous cycle, 3.7±1.4 ng/ml at 8 days, 6.5±1.8 ng/ml at 10 days, 7.9±2.0 ng/ml at 12 days, 6.5±2.5 ng/ml at 14 days, and 2.5±1.2 ng/ml at 16 days, respectively. The percentages of induction of estrus after PGF₂α treatment were 52.8% at 3th day after treatment, 21.7% at 4th day, 8.3% within 2th day, and 17.2% after 5th day, respectively. The percentages of cows conceived at first service after induction of estrus were 73.3% on 16 days of estrous cycle at treatment, 66.7% on 10 and 14 days, 63.3% on 8 and 12 days, and 53.3% on 6 day, respectively. The percentages of cows conceived on first service were 70.5% at 3th day after induction, 66.7% at 4th day and 65% at 5th day, respectively. These results suggest that the PGF₂α treatment at regressing stage of corpus luteum showed high induction of estrus and pregnancy rate, and there were high induction of estrus and pregnancy rate at 3th and 4th day after PGF₂α treatment.

Key words : ultrasonography, progesterone, estrus induction, dairy cow.

서 론

소에서 발정주기의 조절은 번식을 위한 발정동기화에 이용되고 있다^{6,13,16}. 번식관리의 목적은 다수의 암소를 개체적 또는 집단적으로 발정을 유도시킴으로서 번식효율을 향상시키는데 있으며^{7,8,10}, 발정유도나 발정동기화는 여러 마리의 소가 발정이 동시에 발현되기 때문에 발정관찰률과 수태율을 향상시켜주며 이때의 발정기간은 일반적으로 길고 승가의 횟수도 증가된다^{11,17}.

발정동기화 또는 발정을 유도시키는데 사용되는 대부분의 방법들은 황체의 기능을 연장시키거나 또는 퇴행시키는 것이다^{16,20}. 황체의 기능연장에 사용되는 방법은 우선 발정주기를 정확히 판정하여 주로 progesterone 제제를 사용하는 것

이다^{2,9,18}. 생식기 검사에 의한 난소내 황체의 확인이나 발정증상의 관찰은 발정주기를 확인하는데 중요한 기준이 된다^{4,21}.

황체의 기능을 퇴행시키는 방법으로 대부분이 PGF₂α 제제를 사용하는데 황체기 동안에 외인성 PGF₂α 제제나 PGF₂α 유도제의 주사는 황체의 기능을 퇴행시켜서 혈중 progesterone 농도를 저하시킨다^{19,23}. 이후 시상하부에서 성선 자극호르몬의 방출을 증가시켜서 난소에서는 새로운 난포가 발육하여 발정증상을 나타내며 이어서 LH surge와 함께 배란이 일어난다. 한편 PGF₂α 제제의 투여방법은 다음과 같다^{3,6,14}. 첫째, 직장검사로 황체의 존재를 확인한 다음, PGF₂α 제제를 주사하면 3-5일 후에 발정이 발현된다. 이 방법은 직장검사를 해야한다는 것과 직장검사의 정확성에 따라 결과가 달라진다. 둘째, 7일 동안 모든 소들의 발정을 관찰하여 발정우에 대해서는 수정을 실시하고 나머지 소들은 PGF₂α 제제를 주사한 다음 발정발현시나 또는 3-5일 후에 수정을 시켜준다. 이 방법은 7일 동안 발정을 관찰해야 한다는 단점이 있다. 셋째, 소위 "two plus two" 방법으로서 11

¹Corresponding author.

E-mail : chson@chonnam.ac.kr

본 연구는 농림부 농림기술개발사업(과제번호 101043-2)의 지원에 의해 이루어졌음

일 간격으로 2회 주사한 다음 2번째 주사 후 3일과 4일에 각각 수정시켜주는 방법이다. 이 방법은 주사와 수정을 2회 실시해야 한다는 단점이 있다. 넷째, 소위 “1½ method”로서 현재 가장 널리 응용되는 방법인데 PGF₂α 제제를 주사한 다음 발정발현우에 대해서만 수정을 실시하고 나머지 발정이 발현되지 않은 소에 대해서는 11일 후에 다시 주사하여 발정발현이나 또는 3-5일 후에 수정을 실시하는 것이다. 발정발현 및 수태성적이 가장 우수할 뿐만 아니라 주사횟수 및 수정횟수를 절약할 수 있다는 장점이 있다.

한편 PGF₂α 제제를 사용한 발정유도시 주사시기는 발정 후 7-16일로서 이 기간 이외에는 효과가 없으며 발정발현은 주사시 발정주기의 상태에 따라서 다양하게 나타난다²³. 즉 발정주기에 따라서 주사 후 발정발현까지의 기간이 서로 다르다고 보고된 바 있다^{6,11,15}. 그러나 현재까지 PGF₂α 제제 주사시 발정종료후 일수별에 따른 발정발현률과 수태율에 대한 보고는 드문 실정이다.

따라서 본 연구는 PGF₂α 제제를 사용하여 발정을 유도하고자 할 때 가장 최적의 주사시기를 확인하기 위하여 정상적인 발정주기를 보인 소를 대상으로 발정종료후 6일, 8일, 10일, 12일, 14일, 16일의 소 각각 60두씩 총 360두를 대상으로 하였다. 모든 소를 대상으로 초음파검사를 실시하여 황체가 존재한 경우 PGF₂α 제제를 주사하였으며 또한 동시에 혈중 progesterone 농도를 측정하여 발정유기효과를 검토하였다.

재료 및 방법

실험동물

“제1보. 정기적인 번식검진 및 번식장애 치료” 연구의 대상동물 중 발정발견의 잘못 또는 둔성발정우중에서 번식기록이 정확하고 생식기관에 이상이 없는 360두를 대상으로 하였다.

발정관찰 및 직장검사

발정의 확인은 목부 및 관리자로 하여금 매일 2회(08:00, 18:00)씩 임상적 발정증상을 육안적으로 관찰하여 인공수정을 실시하였다. 직장검사는 초음파검사 전에 실시하였다. 즉 난소의 검사는 황체, 난포 그리고 낭종의 존재유무를 판정하였으며 자궁의 검사는 자궁의 형태, 탄력, 수축력, 공동감, 비후감 등을 검사하여 이상유무를 판정하였다.

초음파검사

직장검사후 초음파진단장치(EUREKA SA-600, Medison Co, Korea)에 부착된 5.0 MHz 직장용 탐촉자로 난소의 구조물을 관찰하였다. 먼저 직장으로부터 분변을 제거한 후 난소 및 자궁의 위치를 확인한 다음 탐촉자를 삽입하였다. 난소의 검사는 탐촉자로 난소를 여러 방향으로 scanning하여 난소의 구조물, 특히 황체의 존재유무를 정확히 관찰하였다.

혈장 progesterone 농도측정

초음파검사 직후 미정맥에서 채취한 혈액 3 ml를 4°C에서 3,000g로 10분 동안 원심하여 혈장을 분리한 후, progesterone 농도를 분석할 때까지 -20°C에 보관하였다. 혈장 progesterone 농도측정은 progesterone kit (Direct progesterone, ICN Biochemical Inc, USA)를 이용하여 Gamma counter (CRYSTAL™ II, PACKARD Co, USA)로 측정하였다.

발정유도

이전 분만기록이 있고 생식기관에 이상이 없는 개체를 대상으로 초음파검사 소견상 황체가 존재하였던 소 중에서 발정종료후 6, 8, 10, 12, 14, 16일째의 젖소 각각 60두씩 총 360두를 선발하여 PGF₂α인 cloprostenol (OESTROPHAN®, LECIVA, Czech Republic) 500 µg을 주사하였다. 주사 후 발정발현시 인공수정을 실시하였으며 수정 후 30일에 초음파검사로 조기 임신진단을 실시하였다.

결 과

발정유도시 혈중 progesterone 농도

이전 번식기록이 정확한 개체우를 대상으로 발정을 유도시키기 위해 발정종료후 6, 8, 10, 12, 14 및 16일째에 각각 PGF₂α 제제를 투여하였으며 이때의 혈중 progesterone 농도는 Table 1과 같다.

발정 후 6일째에 1.5±1.3(Mean±SD) ng/ml, 8일째에 3.7±1.4 ng/ml, 10일째에 6.5±1.8 ng/ml, 12일째에 7.9±2.0 ng/ml, 14일째에 6.5±2.5 ng/ml, 16일째에 2.5±1.2 ng/ml로서 정상 발정주기의 수준을 보였다.

PGF₂α 주사 후 발정발현율

PGF₂α 투여시 발정주기별로 구분하여 주사 후 경과일수에 따른 발정발현율을 나타낸 결과는 Table 2와 같다.

발정종료후 6일째에 주사한 경우는 주사 후 3일에 44두(73.3%), 4일에 6두(10%), 2일 이전에 6두(10%), 5일 이후에는 4두(6.7%)가 발정이 발현되었다. 발정종료후 8일째에

Table 1. Plasma progesterone concentrations on day of PGF injection in 360 dairy cows

Days from estrus to PGF injection*	No. of cow	Progesterone concentrations (ng/ml; mean±SD,
6	60	1.5±1.3
8	60	3.7±1.4
10	60	6.5±1.8
12	60	7.9±2.0
14	60	6.5±2.5
16	60	2.5±1.2

*Lapsed days since estrus

주사한 경우는 주사 후 3일에 34두(56.7%), 2일에 14두(23.3%), 4일에 6두(10%), 5일 이후에는 4두(6.7%)가 발정이 발현되었다. 발정종료후 10일째에는 주사 후 3일에 20두(33.3%), 4일에 16두(26.7%), 5일에 14두(23.3%)가 발정이 발현되었다. 발정종료후 12일째에는 주사 후 3일에 24두(40%), 4일에 20두(33.3%), 5일에 10두(16.6%), 6일에는 6두(10%)가 발정이 발현되었다. 발정종료후 14일째에는 주사 후 3일에 24두(40%), 4일에 22두(36.7%), 5일에 10두(16.6%), 6일에 4두(6.7%)가 발정이 발현되었다. 발정종료후 16일째에는 주사 후 3일에 44두(73.3%), 4일에 8두(13.3%), 2일에 4두(6.7%), 5일 이후에는 4두(6.7%)가 발정이 발현되었다.

한편 PGF₂α 투여시의 발정주기에 관계없이 실험두수 360두 모두에서 경과일수별 발정발현율은 주사 후 3일에 190두(52.8%), 4일에 78두(21.7%)로서 전체 74.4%가 주사 후 3일과 4일에 발정이 발현되었다. 그리고 발정주기가 8일 이내 즉 황체발육기에는 주사 후 곧바로 발정이 발현되었으며 황체개화기인 발정종료후 10일-14일에는 주사 후 3일 이후에 발정이 발현되었다.

발정유도후 초회 수정시 수태율

PGF₂α 투여 후 발정발현시 초회 수정 때의 임신율을 발

정개시일수별로 나타낸 결과는 Table 3과 같다.

발정종료후 6일째에 주사한 경우는 60두 중 32두가 임신이 되어 53.3%의 임신율, 발정종료후 8일째에는 60두 중 38가 임신되어 63.3%, 발정종료후 10일째에는 60두 중 40두가 임신되어 66.7%, 발정종료후 12일째에는 60두 중 38두가 임신되어 63.3%, 발정종료후 14일째에는 60두 중 40두가 임신되어 66.7% 그리고 발정종료후 16일째에는 60두 중 44두가 임신되어 73.3%의 임신율을 나타냈다.

한편 PGF₂α 투여시의 발정주기에 관계없이 실험두수 360두 모두에서 경과일수별 임신율은 주사 후 1일에 2/4두(50%), 2일 12/26두(46.2%), 3일 134/190두(70.5%), 4일 52/78두(66.7%), 5일 26/40두(65%), 6일에 6/22두(27.3%)로 전체 임신율은 360두 232두가 임신되어서 64.4%의 임신율을 보였다.

고 찰

PGF₂α제제를 사용하여 발정을 유도시킬 때 황체가 퇴행되면서 발정이 발현하는 현상은 정상 발정주기 중에 일어나는 발정현상과 차이가 없다²². 즉 자연발정 또는 인공적 발정유도시 발정발현과 관련된 내분비 상황이나 번식생리학적인 상태는 서로 차이가 없어서 인공적인 발정유도시에도 자연발

Table 2. Proportions of cows showing estrus on days after PGF injection and the relationship to stage of cycle at injection

Days from estrus to PGF injection*	Days from PGF injection to heat (%)						Total
	1	2	3	4	5	6+	
6	2(3.3)	4(6.7)	44(73.3)	6(10)	2(3.3)	2(3.3)	60(100)
8	2(3.3)	14(23.3)	34(56.7)	6(10)	2(3.3)	2(3.3)	60(100)
10	0	4(6.7)	20(33.3)	16(26.7)	14(23.3)	6(10)	60(100)
12	0	0	24(40)	20(33.3)	10(16.6)	6(10)	60(100)
14	0	0	24(40)	22(36.7)	10(16.6)	4(6.7)	60(100)
16	0	4(6.7)	44(73.3)	8(13.3)	2(3.3)	2(3.3)	60(100)
Total	4(1.1)	26(7.2)	190(52.8)	78(21.7)	40(11.1)	22(6.1)	360(100)

*Lapsed days since estrus

Table 3. Proportions of pregnant cows after PGF injection and the relationship to stage of cycle at injection

Days from estrus to PGF injection*	Days from PGF injection (Pregnancy/Inseminated)						Total
	1	2	3	4	5	6+	
6	0/2	0/4	26/44	4/6	2/2	0/2	32/60(53.3)**
8	2/2	8/14	22/34	4/6	2/2	0/2	38/60(63.3)
10	0	2/4	16/20	12/16	8/14	2/6	40/60(66.7)
12	0	0	18/24	12/20	6/10	2/6	38/60(63.3)
14	0	0	18/24	14/22	6/10	2/4	40/60(66.7)
16	0	2/4	34/44	6/8	2/2	0/2	44/60(73.3)
Total	2/4(50)	12/26(46.2)	134/190(70.5)	52/78(66.7)	26/40(65)	6/22(27.3)	232/360(64.4)

*Lapsed days since estrus

**Parenthesis indicate the percentage

정과 동일한 수태성적을 얻을 수가 있다^{22,23}.

한편 현재 가장 많이 사용되고 있는 PGF₂α 제제로는 첫째, 천연 PGF 제인 dinoprost가 있는데 이의 투여용량은 일반적으로 두당 25 mg을 사용하며, 둘째, PGF 유도체인 cloprostenol은 500 μg 그리고 셋째, PGF 합성유도체인 fenprostalene은 1 mg을 사용한다^{7,14,22}. 이들 약제들 사이에는 발정발현율이나 발정증상에는 약간의 차이가 있는 것으로 보고되고 있다^{7,14,22,23}.

본 연구에서는 정상적인 발정주기를 보인 소에서 초음파 검사를 실시하여 난소에 황체가 존재한 개체를 대상으로 cloprostenol 500 μg를 사용하여 발정을 유도시켰다. 발정발현률은 발정종료후 6일째에 주사한 경우 주사 후 3일에 44두(73.3%), 4일에 6두(10%), 발정종료후 8일째에 주사한 경우는 주사 후 3일에 34두(56.7%), 2일에 14두(23.3%), 발정종료후 10일째에는 주사 후 3일에 20두(33.3%), 4일에 16두(26.7%), 발정종료후 12일째에는 주사 후 3일에 24두(40%), 4일에 20두(33.3%), 발정종료후 14일째에는 주사 후 3일에 24두(40%), 4일에 22두(36.7%), 발정종료후 16일째에는 주사 후 3일에 44두(73.3%), 4일에 8두(13.3%)가 발정이 발현되었다. 이는 Younis²³가 PGF 제제를 사용하여 실험한 결과, 발정종료후 6일에 주사한 경우는 주사 후 3일에 63%, 발정종료후 8일째에 주사한 경우는 주사 후 3일에 48%, 발정종료후 10일째에는 주사 후 3일에 28%, 발정종료후 12일째에는 주사 후 3, 4, 5일에 각각 23%, 37%, 30% 그리고 발정종료후 16일째에 주사한 경우는 주사 후 3일에 79%가 발정이 발현되었다는 보고와 비슷한 결과를 보였다. 또한 PGF 투여시의 발정주기에 관계없이 실험두수 360두 모두에서 경과일수별 발정발현률은 주사 후 3일에 190두(52.8%), 4일에 78두(21.7%)로서 전체 74.4%가 주사 후 3일과 4일에 발정이 발현되었다. 이는 PGF 제제로 발정을 유도시킬 때 발정이 3-5일 후에 발현된다는 보고들^{7,10,15,22,23}과 동일한 결과를 보였다.

한편 PGF 제제를 사용하여 발정을 유도시킬 때 발정의 발현은 주사시 발정주기의 상태에 따라 다양하게 나타나고 하였다^{7,14,22}. 본 연구에서는 황체발육기인 발정종료후 6과 8일에 발정을 유도시켰을 때에는 대부분이 주사 후 1일째부터 6일째까지 여러 기간동안 발정이 발현되었지만, 발정종료후 10-14일에는 주사 후 3일 이후에 발정이 발현되었다. 또한 발정유도시 혈중 progesterone 농도는 발정종료후 6일째에는 1.5 ng/ml 이었지만 10일 이후에는 6.0 ng/ml 이상으로 높은 수준을 나타내었다. 이는 PGF 는 황체세포와 결합한 후 기능을 나타내기 때문에 황체가 존재할 때, 즉 발정종료후 10-16일 사이에 효과적인 기능을 나타내며, 황체발육기에는 발정발현시기가 다양하다는 Younis²³의 지적을 뒷받침 해주는 결과라고 생각된다. 또한 젓소에서는 비유스트레스 때문에 PGF 투여 후 3일 이후에 2/3의 소에서 발정이 발현된다는 보고들과 동일한 결과를 보였다^{15,22,23}.

PGF 투여 후 발정발현시 초회 인공수정의 수태율을 살펴 보면 발정종료후 6일째에 주사한 경우는 53.3%의 임신율,

발정종료후 8일째에는 63.3%, 발정종료후 10일째에는 66.7%, 발정종료후 12일째에는 63.3%, 발정종료후 14일째에는 66.7% 그리고 발정종료후 16일째에는 73.3%의 임신율을 나타내어 황체퇴행기인 16일째에 주사한 경우가 수태율이 가장 높았으며 황체발육기인 6일째가 가장 낮은 수태율을 보였다. 한편 소에서 발정주기중 난포의 성장주기 즉 "Two follicle wave"는 발정종료후 10일과 16일쯤에 그리고 "Three follicle wave"는 발정종료후 3일, 10일, 16일쯤에 난포가 성장하며^{1,5,11} 또한 이때에 발정유기효과가 좋다고 Younis²³가 지적한 바 있다. 따라서 발정종료후 16일째에 가장 높은 수태율을 보였던 이유가 새로운 난포가 성장하는 시기였기 때문인 것으로 생각된다.

그리고 PGF 투여시의 발정주기에 관계없이 실험두수 360두 모두에서 경과일수별 임신율은 주사 후 1일에 50%, 2일에 46.2%, 3일에 70.5%, 4일에 66.7%, 5일에 65%, 6일에 27.3%로 나타나 주사 후 3-5일째에 60% 이상의 높은 수태율을 보였다. Bo 등¹이 PGF 투여 후 새로운 난포의 발육과 배란은 약 3일 정도 소요되기 때문에 투여 후 3-5일 사이에 수정을 실시할 때 가장 높은 수태율을 보이며 또한 Noakes¹² 및 Larson과 Ball¹⁰은 주사 후 3일과 4일에 수정을 실시 가장 높은 수태율을 보였다는 보고와 동일한 결과를 보여주었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 PGF 제제를 사용하여 발정을 유도시킬때는 주사시 발정주기의 상태가 황체퇴행기인 발정종료후 16일이 73.3%로 가장 높은 임신율을 보였고 황체개화기인 발정종료후 8-14일에도 63% 이상의 수태율을 보였다. 또한 주사 후 가장 높은 발정발현율과 수태율을 보였던 시기는 주사 후 3일과 4일 이었다. 따라서 소에서 PGF 를 사용하여 발정을 유도시킬 때에서 발정종료후 10-16일 사이에 실시하며 수정은 주사 후 3-5일 사이에 실시하는 것이 가장 높은 수태율을 얻을 것으로 사료된다.

결 론

PGF 제제를 사용하여 발정을 유도하고자 할 때 발정종료후 최적의 주사시기를 확인하기 위하여 초음파검사를 실시한 후, 황체가 존재한 경우 PGF 제제를 주사하였으며 동시에 혈중 progesterone 농도를 측정하였다. PGF 제제 투여시 발정주기는 발정종료후 6, 8, 10, 12, 14, 16일로서 각각 60두씩 총 360두를 대상으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

PGF 제제 투여시 혈중 progesterone 농도는 발정 후 6일에 1.5±1.3 ng/ml, 8일에 3.7±1.4 ng/ml, 10일에 6.5±1.8 ng/ml, 12일에 7.9±2.0 ng/ml, 14일에 6.5±2.5 ng/ml, 16일에 2.5±1.2 ng/ml 이었다.

PGF 제제 투여 후 발정발현률은 주사 후 3일과 4일에 각각 52.8%와 21.7%가 발현되어 전체 74.4%가 발현되었으며 나머지는 2일 이전에 8.3% 그리고 5일 이후에 17.2%가 발현되었다. 한편 황체발육기인 발정종료후 6일과 8일에는 주사 후 곧바로 발정이 발현되었지만 황체개화기인 발정종료

후 12-14일에는 주사 후 3일 이후에 발정이 발현되었다.

발정발현후 초회 수정시의 임신율은 발정종료후 16일째에 주사한 경우가 73.3%로 가장 높은 수태율을 보였다. 발정종료후 10일과 14일째가 각각 66.7%, 발정종료후 8일과 12일째는 각각 63.3% 그리고 발정종료후 6일째에는 53.3%로 임신율이 가장 낮았다. 한편 PGF 투여시의 발정주기에 관계 없이 실험두수 360두 모두에서 경과일수별 임신율은 주사 후 3일, 4일, 5일에 수정한 경우가 각각 70.5%, 66.7%, 65%로 높은 수태율을 보였다.

이상의 결과를 종합하여 보면 PGF 제제를 사용하여 발정을 유도시켰을 때, 주사시 발정주기의 상태가 황체퇴행기인 발정종료후 16일에 73.3%로 가장 높은 임신율을 보였고 황체개회기인 발정종료후 8-14일에도 63% 이상의 수태율을 보여 황체개회기때 발정을 유도시키는 것이 높은 수태율을 얻을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Bo GA, Adams GP, Pierson RA, Mapletoft RJ. Endogenous control of follicular wave emergence in cattle. *Theriogenology* 1995; 43: 31-40.
- Brink JT, Kiracofe GH. Effect of estrous cycle stage at synchro-Mat B treatment on conception and time to estrus in cattle. *Theriogenology* 1988; 29: 513.
- Cliff SC, Morris GR, Hook IS, Macmillan KL. Calving patterns in dairy heifers following single "set time" inseminations and re-synchrony preceding second insemination. *Proc. N.Z. Soc. of Animal Prod* 1995; 55: 70-71.
- Dunn TG, Moss GE. Effects of nutrient deficiencies and excesses on reproductive efficiency of livestock. *J Anim Sci* 1992; 70: 1580-1593.
- Gordon I. Artificial control of oestrus and ovulation. Controlled reproduction in cattle and buffaloes. Gordon I ed, 2nd ed. Cab Interanational Willingford. 1996: 133-166.
- Kastelic JP, McCartney DH, Olson WO, Barth AD, Garcia A, Mapletoft RJ. Estrus synchronization in cattle using estradiol, melengestrol acetate and PGF. *Theriogenology* 1996; 46: 1295-1304.
- Kesler DJ, Favero RJ. Needle-less implant delivery of gonadotropin releasing hormone enhances the calving rate of beef cows synchronized with norgestomet and estradiol valerate. *Drug Dev Ind Pharm* 1997; 23: 607-610.
- Kiracofe G. Estrus synchronization in beef cattle. *Compend Contin Educ Pract Vet* 1988; 10: 57.
- Kojima N, Stumpf TT, Cupp AS, Werth LA, Roberson MS, Wolfe MW, Kittok RJ, Kinder JE. Exogenous progesterone and progestins as used in estrous synchrony regimens do not mimic the corpus luteum in regulation of luteinizing hormone and 17 beta-estradiol in circulation of cows. *Biol Reprod* 1992; 47: 1009-1017.
- Larson LC, Ball PJH. Regulation of oestrous in dairy cattle. *Theriogenology* 1992; 38: 255-267.
- Martinez MF, Bergfelt DR, Adams GP, Kastelic JP, Mapletoft RJ. Synchronization of follicular wave emergence and its use in an estrus synchronization program. *Theriogenology* 1997; 47: 146-146.
- Noakes DE. Normal non-pregnant animal. Fertility and obstetrics in cattle. Noakes DE ed, 2nd ed. Blackwell science. 1997; 1-27.
- Odde KG. A review of syndronization of estrus in postpartum cattle. *J Anim Sci* 1990; 68: 817-830.
- Peters AR, Ball PJH. Pharmacological control of the oestrous cycle. *Reproduction in cattle*. 2nd ed. Blackwell Science Ltd. London. 1995: 89-105.
- Roy GL, Twagiramungu H. Relationship between onset of estrus, time of GnRH administration and time of AI after prostaglandin-induced luteolysis in cattle. *Theriogenology* 1997; 47: 150-150.
- Sanchez T, Wehrman ME, Bergfeld EG, Peters KE, Kojima FN, Cupp AS, Mariscal V, Kittok RJ, Rasby RJ, Kinder JE. Pregnancy rate is greater when the corpus luteum is present during the period of progestin treatment to synchronize time of estrus in cows and heifers. *Biol Reprod* 1993; 49: 1102-1107.
- Seguin BE, Momont H, Baumann I. Cloprosenol and dinoprost tromethamine in experimental and field trials treating unobserved estrus in dairy cows. *Bov Pract* 1985; 20: 85.
- Tregakis LD, Broadbent PJ, Dolman DF, Grimmer SP, Franklin MF. Evaluation of crestar, a synthetic progestogen regime, for synchronising oestrus in maiden heifers used as recipients of embryo transfers. *Vet Rec* 1994; 134: 92-94.
- Twagiramungu H, Guilbault LA, Proulx J. Effects of Syncro-Mate B and prostaglandin-F on estrus syndronization and fertility in beef cattle. *Can J Anim Sci* 1992; 72: 31.
- Van Cleeth J, MacMillan KL, Drost M, Lucy MC, Thatcher WW. Effect of administering progesterone at selected intervals after insemination of synchronised heifers on pregnancy rates and resynchronisation of returns to service. *Theriogenology* 1996; 46: 1117-1130.
- Wehrman ME, Roberson MS, Cupp AS, Kojima FN, Stumpf TT, Werth LA, Wolfe MW, Kittok RJ, Kinder JE. Increasing exogenous progesterone during synchronisation of oestrous decreases endogenous 17 β -Estradiol and increases conception in cows. *Biol of Reprod* 1993; 49: 214-220.
- Wenzel JGW. Estrous cycle synchronization. Current therapy in large animal theriogenology. Younquist RS ed. WB Saunders company, Philadelphia. 1997: 290-294
- Younis PJ. Synchronising programmes for dairy cattle. Dairy medicine proceedings 290. Sydney University. 1997: 23-32.