

젖소에서 PGF₂α 투여에 의한 발정 유도 후 수태율과 다른 인자와의 관계

박철호, 임원호, 서국현, 오기석, 손창호*
전남대학교 수의과대학

Relationship between the Conception Rate after Estrus Induction using PGF₂α and Other Parameters in Holstein Dairy Cows

Chul-Ho Park, Won-Ho Lim, Guk-Hyun Suh, Ki-Seok Oh and Chang-Ho Son*

College of Veterinary Medicine, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the relationship between conception rate and other parameters (body condition score; BCS, progesterone concentrations and follicle size) before estrus induction with PGF₂α. The conception rate in cows with (2.75, 2.75 to 3.25 and 3.25), BCS regardless of AI (artificial insemination) time was 47.5, 67.5% and 48.5% at PGF₂α injection, respectively. The conception rate regardless of BCS was 59.0% in cows inseminated based on detected estrus, and 46.2% in cows inseminated at 72 to 80 hours (timed artificial insemination, TAI) after PGF₂α injection. The conception rate regardless of AI time was 43.0% in cows with low progesterone concentrations (less than 1.0 ng/ml), and 67.5% in cows with high progesterone concentrations (more than 1.0 ng/ml) at PGF₂α injection. The conception rate regardless of progesterone concentrations was 59.9% in cows inseminated based on detected estrus, and 48.1% in cows of TAI after PGF₂α injection. The conception rate regardless of AI time was 36.0% in cows with small dominant follicles (less than 5 mm), 56.0% in cows between 5 mm to 10 mm of follicle size, and 65.5% in cows with large dominant follicles (more than 10 mm) at PGF₂α injection, respectively. The conception rate regardless of follicle size was 57.3% in cows inseminated based on detected estrus, and 47.6% in cows of TAI after PGF₂α injection. These results indicated that if the cows with BCS 2.75 to 3.25, active corpus luteum, and/or large dominant follicle (more than 10 mm) are used for estrus induction, the conception rate will be greater.

(Key words : BCS, estrus induction, follicle size, progesterone concentration, PGF₂α)

서론

젖소에서 번식 효율 저하는 낙농산업의 생산성 손실에 가장 중요한 원인이 되며, 경제성 있는 번식 상태를 유지하기 위해서는 젖소 번식 생리의 이해뿐만 아니라 산유량, 영양 상태, 사육환경, 수정 및 합리적인 경영 등이 종합적으로 연관성 있게 효율적으로 관리되어야 한다(Call과 Stevenson, 1985; Stevenson, 2005; Garcia-Ispierito 등, 2007; Silva 등, 2009). 이 중에서도 가장 중요한 것을 번식 생리에 대한 이해로서 정확한 발정 관찰에 의한 정확한 시기에 인공 수정을 실시해야만 1년에 1회를 분만함으로써 분만 간격을 365일로 유지할 수 있다. 그러나 최근에 산유량의 증가로 인해 영양상태 불균형이 초래됨으로써 발정 지속 시간의 감소와 미약 발정의 증가로 발정 증상의 확인이 점점 어려워지고 있다(Wiltbank 등, 2006; Senosy 등, 2009). 즉, 산유량이 높은 소에서 임신율, 발정증상의 발현 및 발정 관찰율 등이 떨어지며(Washburn 등, 2002;

Lopez 등, 2004; Wiltbank 등, 2006; Lopez-Gatius 등, 2008), 따라서 이러한 발정 관찰에 대한 문제점을 해결하기 위하여 여러 가지 발정 유도법들이 개발되고 있다(Vasconcelos 등, 1999; Moreira 등, 2001; Stevenson, 2005; Wiltbank 등, 2006; Lima 등, 2009; Rantala 등, 2009; Silvestre 등, 2009).

한편, 현재 응용되고 있는 계획 번식 방법에는 황체 기능을 단축시키는 방법(Chebel 등, 2007; Souza 등, 2008; Lima 등, 2009; Rantala 등, 2009)과 황체 기능을 연장시키는 방법(Walsh 등, 2007; Cavalieri 등, 2008; Stevenson 등, 2008; Bartolome 등, 2009; Leitman 등, 2009; Sa Filho 등, 2009)으로 크게 나눌 수 있는데, 이러한 방법들은 사육두수, 관리 인력 및 계획 번식의 수행 능력에 따라 여러 가지 방법들이 선택된다(Chebel 등, 2007).

이 중에서 황체 기능을 단축시켜서 번식을 인위적으로 조절하는 방법에는 Targeted breeding, Modified target breeding, Ovsynch, Presynch+Ovsynch 및 Double-Ovsynch 등이 있다(Ste-

* Correspondence : E-mail : chson@chonnam.ac.kr

venson, 2005; Souza 등, 2008). Targeted breeding(Beal, 1998; Nebel과 Jobst, 1998)은 PGF_{2a}를 14일 간격으로 2회 투여하는데, 2회째 투여 후 발정이 관찰된 개체에 대해서는 수정을 실시하고, 발정이 관찰되지 않은 개체에 대해서는 14일 후에 한번 더 PGF_{2a}를 투여한 다음, 72~80시간 후에 무조건 수정을 시키는 방법(timed artificial insemination, TAI)이다. Modified target breeding(Pursley 등, 1995; Vasconcelos 등, 1999)은 targeted breeding을 변형시킨 방법으로서 PGF_{2a} 투여 후 14일째에 GnRH 투여, 이후 3일에 PGF_{2a}를 투여한 다음, 무조건 TAI를 시키는 방법이다. Ovsynch(Stevenson, 2005)는 GnRH 투여 후 7일째에 PGF_{2a}를 투여, 이후 2일째에 GnRH를 투여한 다음, 0~24시간(PGF_{2a} 투여 후 72시간) 후에 무조건 수정을 시키는 방법이다. Presynch+Ovsynch(Moreira 등, 2000; Cartmill 등, 2001; El-Zarkouny 등, 2004; Portaluppi와 Stevenson, 2005)는 14일 간격으로 2회 PGF_{2a}를 투여한 다음, 12일 후에 Ovsynch를 실시하는 방법이다. 마지막으로 Double-Ovsynch(Souza 등, 2008)는 1차 Ovsynch을 실시한 후 수정을 시키지 않고 7일 후에 다시 Ovsynch을 실시하는 방법이다.

이상과 같이 발정 증상을 관찰하지 않고 수정(TAI)하면서 수태율을 향상시킬 수 있는 여러 가지 방법들이 개발되었지만 이러한 발정 유도법들은 발정 유도 기간이 길고, 여러 가지 호르몬제를 빈번히 사용해야 한다는 단점이 있다. 또한, 착유두수가 많은 대형 목장에서 수정 관리 및 분만 관리의 효율성을 위해 많은 소를 대상으로 일정한 간격으로 실시하거나, 특정한 젖소 1~3두를 대상으로 하는 방법이기 때문에 앞으로는 발정 유도를 받은 개체에 대한 연구뿐만 아니라 우리나라와 같이 착유두수 50두 전후의 목장에서 적용할 수 있는 방법들이 개발되어야 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구는 우리나라 목장에서 유용하게 응용할 수 있는 발정 유도법을 개발하기 위하여 목장을 정기적으로 방문, 초음파 검사로 번식 검진을 실시하면서, 난소와 자궁에 이상이 없는 정상적인 젖소를 대상으로 PGF_{2a}를 투여하여 발정을 유도하였다. 발정 유도 후 수태율은 발정을 유도했을 때 젖소의 상태, 즉 영양 상태, 황체의 기능 및 주석난포의 존재 유무 등에 따라 비교하였다.

재료 및 방법

1. 대상동물

전국 65개 시군에 소재하는 착유소 20두 이상 규모의 760개 목장을 대상으로 월 1~2회 정기적인 초음파 번식 검진을 실시하였는데, 이때 생식 기관의 검사, 번식 장애 감별 진단 및 임신 진단을 위해 검사를 의뢰한 젖소들 중 비임신이면서 난소와 자궁에 이상이 없는 소를 대상으로 하였다.

한편, 발정 유도 때 소의 건강 상태(Body Condition Score,

BCS)와 수태율과의 관계를 규명하기 위한 실험에서는 600두, 황체의 기능 상태와 수태율과의 관계를 규명하기 위한 실험에서는 400두, 그리고 난포의 크기와 수태율과의 관계를 규명하기 위한 실험에서는 600두 등, 전체 1,600두를 공시하였다.

2. BCS 평가

발정 유도 때 소의 건강상태와 수태율과의 관계를 규명하기 위하여 초음파 검사 시 난소에 황체가 존재하는 젖소 600두를 대상으로 이들의 BCS를 Edmonson 등(1989)의 기준에 준하여 5단계(1: 마름부터 5: 비만)로 0.25 단위씩 구분하여 평가하였다.

3. 발정 유도, 인공 수정 및 임신 진단

월 1회 또는 2회씩 정기적인 초음파 번식 검진을 실시하면서 비임신이면서 생식 기관에 이상이 없는 정상적인 소들을 대상으로 PGF_{2a}(Cloprostenol, OESTROPHAN[®], LECIVA, Czech Republic) 500 µg을 주사하여 발정을 유도하였다.

발정 유도 후 매일 발정 증상을 1일 2회씩(아침, 저녁 착유 때) 육안적으로 관찰하여, 72시간 이내에 발정이 관찰된 개체에 대해서는 am-pm rule에 따라 인공 수정을 실시하였고, 발정이 관찰되지 않은 모든 개체에 대해서는 PGF_{2a} 투여 후 72~80시간에 무조건 인공 수정을 실시하였다(TAI).

인공 수정을 시킨 모든 개체에 대해서는 수정 후 30~40일 사이에 초음파 검사로 임신 진단을 실시하였다.

4. 혈중 Progesterone 농도 측정

발정 유도 때 황체의 기능 상태와 수태율과의 관계를 규명하기 위하여 비임신이면서 발정이 발현되지 않은 400두를 무작위 선발, PGF_{2a} 투여 직전에 미정맥에서 채혈, 혈장을 분리한 후 혈중 progesterone 농도를 분석할 때까지 -20℃에서 보관하였다. 혈중 progesterone 농도 측정은 progesterone kit(Direct progesterone, ICN Biochemical, Inc., USA)를 이용하여 gamma counter(CRYSTAL[™] II, PACKARD Co., USA)로 측정하였으며, 혈 중 progesterone 농도 측정에 있어서 변이 계수(coefficient of variation)인 intra-assay는 5.7%, inter-assay는 8.5%이었다.

한편, 혈중 progesterone 농도가 1.0 ng/ml 이상인 경우를 기능 황체가 존재하는 것으로 판정하였다.

5. 직장 검사

직장 검사는 Zemjanis(1970)의 방법에 준하여 난소의 검사는 기능성 황체, 난포 그리고 기타 병적 구조물 등의 존재 유무를 판단하였으며, 자궁의 검사는 자궁의 형태, 탄력, 수축감, 공동감, 비후감 및 내용물의 성상 등을 검사하여 이상 유무를 판정하였다.

6. 초음파 검사 및 난포 크기 측정

직장 검사 후 초음파 진단 장치(EUREKA SA-600, Medison Co., Korea)에 부착된 5.0 MHz 또는 7.5 MHz 직장용 탐촉자로 난소 및 자궁을 관찰하였다. 초음파 검사 방법은 Edmondson 등(1986) 및 손 등(1995)의 방법에 준하여 직장으로부터 분변을 제거한 후 난소 및 자궁의 위치를 확인한 다음 탐촉자를 삽입하였다. 난소의 검사는 난소를 여러 방향으로 scanning하여 기능황체, 난포 그리고 기타 병적 구조물의 존재 유무를 판정하였으며, 자궁의 검사는 자궁내강의 구조물 존재 유무 및 자궁벽과 자궁 내막의 비후 정도를 판정하여 정상 유무 판정하였다.

한편, 발정 유도 때 난포의 크기와 수태율과의 관계를 규명하기 위하여 난소에 황체가 존재하는 젖소 600두를 대상으로 난포의 크기를 초음파로 측정 한 후, 직경이 5 mm 이하, 5~10 mm 그리고 10 mm 이상으로 구분하였다.

7. 통계분석

발정 유도 때 1) BCS 상태에 따른 수태율 비교는 SAS programm의 GLM(General Linear Model), 2) progesterone 농도에 따른 수태율 비교는 SAS programm의 Chi-square test, 그리고 3) 난포 크기에 따른 수태율 비교는 SAS의 GLM(General Linear Model)를 이용하여 분석하였다. 한편 각 항목별 발정 관찰 후 수정한 젖소와 TAI 후 수정한 젖소의 수태율 비교는 SAS programm의 Chi-square test를 이용하여 분석하였다.

결 과

1. 발정 유도 때 BCS에 따른 수태율 비교

발정을 유도하기 위해 PGF₂α 투여 때, BCS를 평가한 후 이들의 수태율을 비교한 결과는 Table 1과 같다.

BCS가 2.75 이하인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 52.7%, TAI 실시했을 때의 수태율은 38.3%이었고, BCS가 2.75~3.25인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 69.5%, TAI 실시했을 때의 수태율은 63.8%이었으며, BCS가 3.25 이상인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 54.9%, TAI을 실시했을 때의 수태율은 36.2%로, BCS가 2.75~3.25인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 가장 높았다($p<0.05$).

또한, BCS에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 59.0%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 46.2%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었다($p<0.05$).

한편, 인공 수정 시기와 관계없이 BCS가 2.75 이하인 우군에서 수태율은 47.5%, BCS가 2.75~3.25인 우군에서 수태율은 67.5%, 그리고 BCS가 3.25 이상인 우군에서 수태율은 48.5%로 BCS가 2.75~3.25인 우군에서 수태율이 높았으며

Table 1. The conception rate according to body condition score (BCS) on injection of PGF₂α in 600 lactating dairy cows

BCS	Conception rate (% No/No) ^a on		Overall
	AI ^b	TAI ^c	
<2.75	52.7(67/127) ^e	38.3(28/73)	47.5(95/200)
2.75~3.25	69.5(89/128) ^{de}	63.8(46/72) ^d	67.5(135/200) ^d
3.25<	54.9(72/131) ^e	36.2(25/69)	48.5(97/200)
Overall	59.0(228/386) ^e	46.2(99/214)	54.5(327/600)

^a Conception rate = number of pregnant cows divided by the number of cows inseminated.

^b If cows are detected in estrus within 72 hours after injection of PGF₂α, they are inseminated according to the ampm rule.

^c TAI (Timed Artificial Insemination) = inseminated at 72~80 hours after injection of PGF₂α.

^d Differences were significant within the same column ($p<0.05$).

^e Differences were significant between AI and TAI ($p<0.05$).

($p<0.05$), 발정을 유도했던 600두 전체의 수태율은 54.5%이었다.

2. 발정 유도 때 혈장 Progesterone 농도에 따른 수태율 비교
발정을 유도하기 위해 PGF₂α 투여 때, 혈장 progesterone 농도를 측정 한 후 이들의 수태율을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

혈장 progesterone 농도가 1.0 ng/ml 미만인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 48.2%, TAI 실시했을 때의 수태율은 36.0%이었고, 혈장 progesterone 농도가 1.0 ng/ml 이상인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 70.3%, TAI 실시했을 때의 수태율은 62.5%로, 혈장 progesterone 농도가 1.0 ng/ml 이상인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 높았다($p<0.05$).

또한, 혈장 progesterone 농도에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 59.9%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 48.1%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었다($p<0.05$).

한편, 인공 수정 시기에 관계없이 혈장 progesterone 농도 1.0 ng/ml 미만인 우군에서 수태율은 43.0%, 혈장 progesterone 농도 1.0 ng/ml 이상인 우군에서 수태율은 67.5%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었으며($p<0.05$), 발정을 유도했던 전체 400두의 수태율은 55.2%이었다.

3. 발정 유도 때 난포의 크기에 따른 수태율 비교

발정을 유도하기 위해 PGF₂α 투여 때, 난포의 크기를 평가

Table 2. The conception rate according to plasma progesterone concentrations on injection of PGF_{2α} in 400 lactating dairy cows

Progesterone concentrations (ng/ml)	Conception rate (% No/No) ^a on		Overall
	AI ^b	TAI ^c	
<1.0	48.2(55/114) ^e	36.0(31/86)	43.0(86/200)
1.0 ≤	70.3(90/128) ^{de}	62.5(45/72) ^d	67.5(135/200) ^d
Overall	59.9(145/242) ^e	48.1(76/158)	55.2(221/400)

^a Conception rate = number of pregnant cows divided by the number of cows inseminated.

^b If cows are detected in estrus within 72 hours after injection of PGF_{2α}, they are inseminated according to the am-pm rule.

^c TAI (Timed Artificial Insemination) = inseminated at 72~80 hours after injection of PGF_{2α}.

^d Differences were significant within the same column ($p < 0.05$).

^e Differences were significant between AI and TAI ($p < 0.05$).

한 후 이들의 수태율을 비교한 결과는 Table 3과 같다.

난포의 크기가 5 mm 이하인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 38.0%, TAI 실시했을 때의 수태율은 34.0%이었고, 난포의 크기가 5~10 mm인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 64.0%, TAI 실시했을 때의 수태율은 48.0%이었으며, 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 70.0%, TAI 실시했을 때의 수태율은 61.0%로써, 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 발정 관찰 후 인공 수정했을 때의 수태율이 가장 높았다($p < 0.05$).

또한, 난포의 크기에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 57.3%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 47.6%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었다($p < 0.05$).

한편, 인공 수정시기와 관계없이 난포의 크기가 5 mm 이하인 우군에서 수태율은 36.0%, 난포의 크기가 5~10 mm인 우군에서 수태율은 56.0%, 그리고 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 수태율은 65.5%로 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 수태율이 가장 높았으며($p < 0.05$), 발정을 유도했던 전체 600두의 수태율은 52.5%이었다.

고 찰

본 연구는 우리나라 현실에 유용한 발정 유도법을 개발하

Table 3. The conception rate according to diameter of dominant follicle on injection of PGF_{2α} in 600 lactating dairy cows

Diameter of dominant follicle (mm)	Conception rate (% No/No) ^a on		Overall
	AI ^b	TAI ^c	
<5	38.0(38/100) ^e	34.0(34/100)	36.0(72/200)
5~10	64.0(64/100) ^{de}	48.0(48/100) ^d	56.0(112/200) ^d
10<	70.0(70/100) ^e	61.0(61/100)	65.5(131/200)
Overall	57.3(172/300) ^e	47.6(143/300)	52.5(315/600)

^a Conception rate = number of pregnant cows divided by the number of cows inseminated.

^b If cows are detected in estrus within 72 hours after injection of PGF_{2α}, they are inseminated according to the am-pm rule.

^c TAI (Timed Artificial Insemination) = inseminated at 72~80 hours after injection of PGF_{2α}.

^d Differences were significant within the same column ($p < 0.05$), and row ($p < 0.05$), respectively.

^e Differences were significant within the same column ($p < 0.05$).

기 위하여 정기적인 초음파 번식 검진 때 비임신이면서 난소와 자궁이 정상인 젖소를 대상으로 PGF_{2α}를 투여하여 발정을 유도, 수정시킨 후 발정 유도 때의 소의 상태, 즉 BCS 상태, 황체의 기능 상태 그리고 주석난포의 존재 유무에 따라 이들의 수태율을 비교하였다.

발정 유도 때 젖소의 영양상태, 즉 BCS를 평가한 후 이들에 대한 수태율을 확인하였는데, 수정시기에 관계없이 BCS가 2.75이하인 우군에서 수태율은 47.5%, BCS가 2.75~3.25인 우군에서 수태율은 67.5% 그리고 BCS가 3.25 이상인 우군에서 수태율은 48.5%로 BCS가 2.75~3.25인 우군에서 수태율이 가장 높았다($p < 0.05$). 이는 에너지 섭취량이 부족하거나 BCS가 낮은 소에서는 음성적인 에너지 균형이 일어나 번식 효율을 떨어뜨린다는 Miura 등(2008)의 지적과 BCS가 낮으면 난소의 기능이 떨어져 progesterone 분비가 저하되고, 따라서 수태율이 저조하다는 Armstrong 등(2001)의 지적을 뒷받침해주는 결과라고 생각된다. 또한, 영양 상태가 적절한 소들이 수태율이 높았다는 보고들(Butler와 Smith, 1989; Ferguson와 Chalupa, 1989; Stevenson, 2005; Wiltbank 등, 2006)과 동일한 결과를 보여서, 앞으로는 BCS가 2.75~3.25인 소들을 대상으로 발정을 유도한다면 수태율을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 한편, 발정 유도 후 72시간 이내에 발정이 관찰된 개체를 대상으로 인공 수정을 실시한 우군에서 수태율은 59.0%로 발정 유도 후 72~80시간째에 TAI를 실시한 우군의 수태율 46.2%보다 높았다($p < 0.05$). 이는 Stevenson과 Phatak(2005)이

Presynch+Ovsynch를 실시한 다음, 발정 관찰 후 수정시킨 우군이 TAI를 시킨 우군보다 수태율이 높았다는 보고와도 동일하였으며, 또한 Tenhagen 등(2004)이 Ovsynch를 실시한 실험에서 발정 관찰 후 수정을 실시한 우군이 TAI를 실시한 우군보다 수태율이 높았다는 결과와도 일치하였다. 이러한 결과는 발정을 유도시킨 다음 발정 관찰 후 수정을 시키는 것이 수태율이 높지만 TAI 때에도 수태율이 46.2%이었기 때문에, 만일 72시간 이내에 발정이 관찰되지 않을 경우, TAI를 실시한다면 약 50%의 수태율을 기대할 것으로 사료된다.

발정을 유도하기 위해 PGF_{2a} 투여 때 혈장 progesterone 농도를 측정 후, 혈장 progesterone 농도 별 수태율을 비교한 결과, 혈장 progesterone 농도 1.0 ng/ml 미만인 우군에서 수태율은 43.0%, 혈장 progesterone 농도 1.0 ng/ml 이상인 우군에서 수태율은 67.5%로서 두 우군에서 수태율에 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 이는 Souza 등(2008)이 Double-Ovsynch 실시 후 progesterone 농도가 3.0 ng/ml일 때 수태율이 높았다는 결과와 일치하였다. 이러한 이유는 발정을 유도시킬 때 기능 황체나 새로운 황체가 존재할 경우 PGF_{2a}가 황체에 작용하여 황체 퇴행, 즉 progesterone 농도를 저하시킨 후 새로운 난포를 성숙시켰기 때문인 것으로 생각된다. 또한, Stevenson(2005)이 PGF_{2a} 투여로 발정을 유도시킬 경우, 황체가 존재할 때 반응이 좋다는 지적과 Armstrong 등(2001)이 progesterone 농도가 낮으면 수태율도 낮다는 지적을 뒷받침해 주는 결과라고 사료된다. 한편, 발정 유도 때 혈장 progesterone 농도에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 59.9%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 48.1%로서 두 우군 사이에서 수태율에 차이가 있었지만($p < 0.05$), 전체적인 수태율이 55.2%이었기 때문에 황체의 기능 상태에 관계없이 발정을 유도한 후 수정을 실시한다면 50% 이상의 수태율을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

발정을 유도하기 위해 PGF_{2a} 투여 때 난포의 크기를 평가한 후, 난포의 크기별 수태율을 비교한 결과, 인공 수정시기와 관계없이 난포의 크기가 5 mm 이하인 우군에서 수태율은 36.0%, 난포의 크기가 5~10 mm인 우군에서 수태율은 56.0%, 그리고 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 수태율은 65.5%로서 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 수태율이 높았다 ($p < 0.05$). 이는 PGF_{2a}를 투여하여 발정 유도 때 난포가 존재할 경우 수태율이 높다는 El-Zarkouny 등(2004) 및 Moreira 등(2000)의 결과와 일치하였다. 이러한 결과는 PGF_{2a} 투여 후 황체가 퇴행되면서 10 mm인 난포가 성장 후 배란된 것으로 추정되며, 앞으로는 발정 유도 때 황체와 10 mm 이상의 난포가 공존한 개체를 대상으로 PGF_{2a} 투여, 발정을 유도한다면 높은 수태율을 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 한편, 난포의 크기와 관계없이 발정을 유도한 다음, 발정 증상을 관찰한 후 수정시킨 우군에서 수태율은 57.3%, TAI시킨 우군에서 수태율은

47.6%로 역시 발정 관찰 후 수정시킨 우군의 수태율이 높았으며, 전체 우군에 대한 수태율은 52.5%로써 황체와 난포가 공존할 때 발정을 유도한다면 50% 이상의 수태율을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합하면 PGF_{2a}를 투여하여 발정을 유도시킬 때 젖소의 상태, 즉 BCS는 2.75~3.25 일 때, 난소에는 혈장 progesterone 농도를 1.0 ng/ml 이상을 분비하는 기능성 황체가 존재할 때 그리고 10 mm 이상의 난포가 존재할 때 수태율이 높았다. 따라서 앞으로는 초음파 번식 검진 때 BCS가 2.75~3.25이면서 난소에 황체와 10 mm 이상인 난포가 공존하는 개체를 대상으로 발정을 유도한다면 높은 수태율을 얻을 것으로 사료된다.

결론

정기적인 초음파 번식 검진 때 비임신이면서 난소와 자궁이 정상인 젖소를 대상으로 PGF_{2a}를 투여, 발정을 유도하여 수정시킨 후 발정 유도 때의 BCS 상태, 황체의 기능 상태 및 주석 난포의 존재 유무에 따른 수태율을 비교하였다.

발정을 유도하기 위해 PGF_{2a} 투여 때 BCS를 평가한 후 이들의 수태율을 비교한 결과, 인공 수정시기에 관계없이 BCS가 2.75 이하인 우군에서 수태율은 47.5%, BCS가 2.75~3.25인 우군에서 수태율은 67.5%, 그리고 BCS가 3.25 이상인 우군에서 수태율은 48.5%로 BCS가 2.75~3.25인 우군에서 수태율이 가장 높았다($p < 0.05$). 또한, BCS에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 59.0%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 46.2%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었으며($p < 0.05$), 전체 우군에서 수태율은 54.5%이었다.

발정을 유도하기 위해 PGF_{2a} 투여 때 혈장 progesterone 농도를 측정 후 이들의 수태율을 비교한 결과, 인공 수정시기에 관계없이 혈장 progesterone 농도 1.0 ng/ml 미만인 우군에서 수태율은 43.0%, 혈장 progesterone 농도 1.0 ng/ml 이상인 우군에서 수태율은 67.5%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었다($p < 0.05$). 한편, 혈장 progesterone 농도에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 59.9%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 48.1%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었으며($p < 0.05$), 전체 우군에서 수태율은 55.2%이었다.

발정을 유도하기 위해 PGF_{2a} 투여 때 난포의 크기를 평가한 후 이들의 수태율을 비교한 결과, 인공 수정시기와 관계없이 난포의 크기가 5 mm 이하인 우군에서 수태율은 36.0%, 난포의 크기가 5~10 mm인 우군에서 수태율은 56.0%, 그리고 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 수태율은 65.5%로 난포의 크기가 10 mm 이상인 우군에서 수태율이 높았다($p <$

0.05). 한편, 난포의 크기에 관계없이 발정 관찰 후 인공 수정을 실시하였던 우군에서 수태율은 57.3%, TAI를 실시하였던 우군에서 수태율은 47.6%로 두 우군의 수태율에 차이가 있었으며($p<0.05$), 전체 우군에서 수태율은 52.5%이었다.

이상의 결과를 종합하면 PGF_{2α}를 투여하여 발정을 유도시킬 때 BCS가 2.75~3.25이면서 난소에 황체와 10 mm 이상인 난포가 공존하는 젖소를 대상으로 발정을 유도한다면 높은 수태율을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Armstrong DG, McEvoy TG, Baxter G, Robinson JJ, Hogg CO, Woad KJ, Webb R and Sinclair KD. 2001. Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production *in vitro*: Associations with the ovarian insulin-like growth factor system. *Biol. Reprod.* 64:1624-1632.
- Bartolome JA, van Leeuwen JJ, Thieme M, Sa'filho OG, Melendez P, Archbald LF and Thatcher WW. 2009. Synchronization and resynchronization of inseminations in lactating dairy cows with the CIDR insert and the Ovsynch protocol. *Theriogenology* 72:869-878.
- Beal WE. 1998. Current estrus synchronization and artificial insemination programs for cattle. *J. Anim. Sci.* 76:30-38.
- Butler WR and Soto RD. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
- Call EP and Stevenson JS. 1985. Current challenges in reproductive management. *J. Dairy Sci.* 68:2799-2805.
- Cartmill JA, El-Zarkouny SZ, Hensley BA, Lamb GC and Stevenson JS. 2001. Stage of cycle, incidence and timing of ovulation, and pregnancy rates in dairy cattle after three timed breeding protocols. *J. Dairy Sci.* 84:1051-1059.
- Cavalieri J, Smart VM, Hepworth G, Ryan M and Macmillan KL. 2008. Ovarian follicular development and hormone concentrations in inseminated dairy cows with resynchronized estrous cycles. *Theriogenology* 70:946-955.
- Chebel RC, Santos JE, Rutigliano HM and Cerri RL. 2007. Efficacy of an injection of dinoprost tromethamine when given subcutaneously on luteal regression in lactating Holstein cows. *Theriogenology* 67:590-597.
- Edmondson AJ, Fissore RA, Rashen RL and Bondurant RH. 1986. The use of ultrasonography for the pathological ovarian structure. *Anim. Reprod. Sci.* 2:157-165.
- Edmondson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T and Webster G. 1989. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:68-78.
- El-Zarkouny SZ, Cartmill JA, Hensley BA and Stevenson JS. 2004. Pregnancy in dairy cows after synchronized ovulation regimens with or without presynchronization and progesterone. *J. Dairy Sci.* 83:1024-1037.
- Ferguson JD and Chalupa W. 1989. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:746-766.
- García-Ispuerto I, López-Gatius F, Santolaria P, Yániz JL, Nogareda C and López-Béjar M. 2007. Factors affecting the fertility of high producing dairy herds in northeastern Spain. *Theriogenology* 67:632-638.
- Leitman NR, Busch DC, Mallory DA, Wilson DJ, Ellersieck MR, Smith MF and Patterson DJ. 2009. Comparison of long-term CIDR-based protocols to synchronize estrus in beef heifers. *Anim. Reprod. Sci.* 114:345-355.
- Lima FS, Risco CA, Thatcher MJ, Benzaquen ME, Archbald LF, Santos JE and Thatcher WW. 2009. Comparison of reproductive performance in lactating dairy cows bred by natural service or timed artificial insemination. *J. Dairy Sci.* 92:5456-5466.
- Lopez H, Satter LD and Wiltbank MC. 2004. Relationship between level of milk production and estrous behavior of lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 81:209-223.
- López-Gatius F, Mirzaei A, Santolaria P, Bech-Sabat G, Nogareda C, García-Ispuerto I, Hanzen Ch and Yániz JL. 2008. Factors affecting the response to the specific treatment of several forms of clinical anestrous in high producing dairy cows. *Theriogenology* 69:1095-1103.
- Miura H, Kotani S, Kohiruimaki M, Ohtsuka H, Kikuchi M and Ohnami Y. 2008. Relationships between the conception rate of estrus synchronization using estradiol benzoate and CIDR (progesterone) and other parameters in Holstein lactating dairy cows. *J. Reprod. Dev.* 54:214-216.
- Moreira F, Orlandi C, Risco CA, Mattos R, Lopes F and Thatcher WW. 2001. Effects of presynchronization and bovine somatotropin on pregnancy rates to a timed artificial insemination protocol in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 84:1646-1659.
- Moreira F, Risco CA, Pires MF, Ambrose JD, Drost M and Thatcher WW. 2000. Use of bovine somatotropin in lactating dairy cows receiving timed artificial insemination. *J. Dairy Sci.* 83:1237-1247.
- Nebel RL and Jobst SM. 1998. Evaluation of systematic breeding programs for lactating dairy cows: A review. *J. Dairy*

- Sci. 81:1169-1174.
- Portaluppi MA and Stevenson JS. 2005. Pregnancy in dairy cows after presynchronization of estrous cycles and variations in the Ovsynch protocol. *J. Dairy Sci.* 88:914-921.
- Pursley JR, Mee MO and Wiltbank MC. 1995. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2α}, and GnRH. *Theriogenology* 44:915-923.
- Rantala MH, Katila T and Taponen J. 2009. Effect of time interval between prostaglandin F(2alpha) and GnRH treatments on occurrence of short estrous cycles in cyclic dairy heifers and cows. *Theriogenology* 71:930-938.
- Sá Filho OG, Vilela ER, Geary TW and Vasconcelos JL. 2009. Strategies to improve fertility in postpartum multiparous *Bos indicus* cows submitted to a fixed-time insemination protocol with gonadotropin-releasing hormone and prostaglandin F_{2α}. *J. Anim. Sci.* 87:2806-2814.
- Senosy WS, Uchiza M, Tameoka N, Izaike Y and Osawa T. 2009. Association between evaluation of the reproductive tract by various diagnostic tests and restoration of ovarian cyclicity in high-producing dairy cows. *Theriogenology* 72:1153-1162.
- Silva E, Sterry RA, Kolb D, Mathialagan N, McGrath MF, Ballam JM and Fricke PM. 2009. Effect of interval to re-synchronization of ovulation on fertility of lactating Holstein cows when using transrectal ultrasonography or a pregnancy-associated glycoprotein enzyme-linked immunosorbent assay to diagnose pregnancy status. *J. Dairy Sci.* 92:3643-3650.
- Silvestre FT, Bartolome JA, Kamimura S, Artech AC, Pancarci SM, Trigg T and Thatcher WW. 2009. Postpartum suppression of ovarian activity with a Deslorelin implant enhanced uterine involution in lactating dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.* 110:79-95.
- Souza AH, Ayres H, Ferreira RM and Wiltbank MC. 2008. A new presynchronization system (Double-Ovsynch) increases fertility at first postpartum timed AI in lactating dairy cows. *Theriogenology* 70:208-215.
- Stevenson JL, Dalton JC, Santos JE, Sartori R, Ahmadzadeh A and Chebel RC. 2008. Effect of synchronization protocols on follicular development and estradiol and progesterone concentrations of dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 91:3045-3056.
- Stevenson JS and Phatak AP. 2005. Inseminations at estrus induced by presynchronization before application of synchronized estrus and ovulation. *J. Dairy Sci.* 88:399-405.
- Stevenson JS. 2005. Breeding strategies to optimize reproductive efficiency in dairy herds. *Vet. Clin. Food Anim.* 21:349-365.
- Tenhagen BA, Drillich M, Surhort R and Heuwieser W. 2004. Comparison of timed AI after synchronized ovulation to AI at estrus: Reproductive and economic considerations. *J. Dairy Sci.* 87:85-94.
- Vasconcelos JLM, Silcox RW, Rosa GJM, Pursley JR and Wiltbank MC. 1999. Synchronization rate, size of the ovulation follicle, and pregnancy rate after synchronization of ovulation beginning on different days of the estrus cycle in lactating dairy cows. *Theriogenology* 52:1067-1078.
- Walsh RB, Leblanc SJ, Duffield TF, Kelton DF, Walton JS and Leslie KE. 2007. The effect of a progesterone releasing intravaginal device (PRID) on pregnancy risk to fixed-time insemination following diagnosis of non-pregnancy in dairy cows. *Theriogenology* 67:948-956.
- Washburn SP, Silvia WJ, Brown CH, McDaniel BT and McAllister AJ. 2002. Trends in reproductive performance in Southeastern Holstein and Jersey DHI herds. *J. Dairy Sci.* 85:244-251.
- Wiltbank M, Lopez H, Sartori R, Sangsritavong S and Gümen A. 2006. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. *Theriogenology* 65:17-29.
- Zemjanis R. 1970. *Daignostic and Therapeutic Techniques in Animal Reproduction*. 2nd ed., Baltimore, The Williams & Wilkins, pp. 65-77.
- 손창호, 강병규, 최한선. 1995. 젖소에서 발정주기 중 초음파 진단 장치로 측정된 황체의 크기와 progesterone 농도와의 관계. *대한수의학회지* 35:833-841.