

한우 공란우의 영양 상태와 이식 가능 수정란과의 관계

정연섭, 최창용, 조상래¹, 임현주, 윤호백, 백광수, 권응기, 손동수², 손준규*

농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과, ¹농촌진흥청 국립축산과학원 난지축산시험장, ²농촌진흥청 국립축산과학원 기술지원과

Relationship between Nutritional Status and Transferable Embryos in Hanwoo Donors

Yeon-Sub Jung, Chang-Yong Choe, Sang-Rae Cho¹, Hyun-Joo Lim, Ho-Baek Yoon, Kwang-Soo Baek, Eung-Gi Kwon, Dong-Soo Son² and Jun-Kyu Son*

Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, CheonAn 331-801, Korea

¹Subtropical Animal Experiment Station, National Institute of Animal Science, RDA, JeJu 690-150, Korea

²Technology Services Division, National Institute of Animal Science, RDA, Suwon 441-706, Korea

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the relationship between body weight, body condition score (BCS), blood urea nitrogen (BUN), glucose, cholesterol and number of transferable embryos for the purpose of improving reproductive performance in Hanwoo donors. Seventy five cows, at random stages of the estrous cycle, received a CIDR together with injection of 1mg estradiol benzoate and 50 mg progesterone, and gonadotropin treatment began. Four days later, the animals were superovulated with a total of 28AU FSH (Antorin, 2AU = 1 ml) administered twice daily in constant doses over 4 days. On the 3rd administration of FSH, CIDR was withdrawn and 25 mg PGF₂α was administered. Cows were artificially inseminated twice after estrous detection at 12 hr intervals. The cows received 100 μg GnRH at the time of 1st insemination. Embryos were recovered 7 days after the 1st insemination. In conclusion, cows with body weight < 400, 400~450 and > 450kg had number of transferable embryos of 4.2 ± 1.7, 6.1 ± 2.7 and 4.8 ± 2.6, cows with BCS <2.25, 2.25~2.75 and ≥2.75 had number of transferable embryos of 4.6 ± 1.6, 5.7 ± 2.4 and 5.1 ± 2.7 respectively. These data indicate that a body weight and BCS for superovulation of CIDR-treated Korean native cows does not affect the embryo yield.

(Key words : Hanwoo donors, transferable embryo, body weight, BCS, BUN)

서론

소 수정란 이식 기술은 능력이 우수한 암소에서 일시에 많은 수정란을 생산하고 대리모에 이식하여 우수한 능력을 가진 송아지를 대량으로 생산하는 증식 기술로서, 우수 종축의 기반 구축과 증식의 소요 기간을 단기화 할 수 있는 동시에 우수한 종축의 유전 능력을 신속히 확대 보급할 수 있기 때문에, 우리나라 실정에 매우 적합한 방법이다. 국내에서는 1990년대 이전 수정란이식기술의 도입단계와 1990년대부터 수정란이식기술의 발전 단계에 거쳐 현재까지 널리 이용되고 있는 기술이다. 수정란 이식은 우수 유전 형질을 보유하고 있는 암가축으로부터 다수의 수정란을 회수하여 다른 개체에 이식 후 자축을 생산함으로써 우수한 유전 형질을 가진 개체를 효과적으로 증식시킬 수 있고, 형질이 동일한 다수의 자축을 빠른 시간 내에 생산이 가능하므로 가축의 능력 개량에 매우 유

용하게 이용할 수 있다(Christensen, 1991; Smith, 1984). 소의 수정란 이식에 있어 우수한 소의 생산을 통한 가축의 개량에 활용하고자 과배란 및 수정란이식(multiple ovulation and embryo transfer : MOET) 기법이 이용되고 있다(손 등, 2000; Smith, 1988; Seidel, 1981). 발정 주기에 구애받지 않고 임의의 시기에 progesterone 방출 기구를 자궁 내 삽입하고 성선자극 호르몬을 주사하여 과배란 처리를 해야 하며(Andrade 등, 2003), 과배란 처리와 공란우 조건에 따른 요인들은 수정란 생산 효율에 미치는 많은 요인이 내재되어 있다. 이러한 과배란 처리에 따른 수정란 생산 효율이 공란우 개체 간에 변이가 크며, 수정란 생산에 영향을 미치며, 회수된 수정란 중에서도 이식 가능한 수정란의 수는 적다는 문제점이 있다(Shea 등, 1984). 안정적으로 이식 가능한 수정란을 다수 획득하기 위해서는 공란우의 연령, 산차, 체중, 계절, 과배란 처리 횟수, 간격 및 건강 상태 등이 수정란 생산 효율과 수정란 이식 사업의 실용화

* Correspondence : E-mail : junkyson@korea.kr

에 많은 영향을 미친다(Isogai 등, 1993; Garcia-Winder 등, 1988; Gordon 등, 1987).

한우의 개량에 따른 생리적, 환경적 변화로 무발정과 미약 발정 현상이 잦아지고 있으며, 전 세계적으로 번식 효율은 매년 저하되고 있는 실정이다(Lucy, 2001; Roche 등, 2000). 또한 발정발현이 줄어들고 있으며, 배란 지연 수태율 저하 등 번식에 있어서 여러 가지 문제점들이 대두되고 있다(Austin 등, 1999; Pankowski 등, 1995). 손 등(2011)은 적절한 신체충실지수(body condition score : BCS) 수준이 과배란 처리 우군의 발정유기율, 발정발현율 및 승가비율에서 유의적으로 높게 나타난다고 보고하였다. 공란우의 효율적인 체내수정란 생산을 위해서는 BCS가 2.25 미만으로 떨어지게 되면 발정 유기는 물론 번식 효율의 저하를 초래하기 때문에 사양 관리에 각별히 주의해야 한다. 일반적으로 BCS는 소의 영양 관리를 평가하는 방법으로 널리 이용되고 있다. 또한 BCS의 부족은 번식 성적에 영향을 주며(Markusfeld 등, 1997), 난소 활동 재개의 지연(De Vries 등, 1998; Senatore 등, 1996; Butler와 Smith, 1989) 및 첫 배란이 늦어지는 현상을 초래한다(Beam과 Butler, 1999). 이처럼 최근 BCS는 발정 발현에 있어 중요한 인자로서 관심이 높아지고 있다.

수정란이식 기술의 성공을 위한 가장 중요한 요인으로서 유전적으로 능력이 우수한 공란우로부터 이식 가능한 정상 수정란을 많이 생산하는 것인데, 과배란 유도를 위한 호르몬 처리 시 개체에 따라 호르몬에 대한 난소의 반응에는 큰 차이가 있으며, 수정란 생산에 영향을 미치는 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하기 때문에 정상 수정란 생산의 안정적인 체계는 거의 개선되지 못하고 있는 실정이다(Armstrong, 1993). 과배란처리 및 이식 가능 수정란에 영향을 미치는 요인은 공란우 개체에 따른 난소 반응의 차이(Shea 등, 1984), 성선자극 호르몬의 종류(Staigmiller 등, 1992; Goulding 등, 1991; Elsdon 등, 1978), 호르몬 투여량(Pawlyshyn 등, 1986; Donaldson, 1984), 과배란 처리 방법(임 등, 1998; Yamamoto 등, 1994; Takedomi 등, 1992), 공란우의 연령(Hasler 등, 1981, Donaldson, 1984), 번식경력(Isogai 등, 1993), 반복 과배란처리(Almeida, 1987; Warfeld 등, 1986; Donaldson과 Perry, 1983), 계절(Bastidas와 Randel, 1987; Shea 등, 1984) 등이 관계된다고 하였다. 국내에서도 소에서 과배란처리 및 이식 가능 수정란 수에 대한 연구(손 등, 2010; 손 등, 2006; 임 등, 1998; 김 등, 1997, 손 등, 1997; 양, 1994)가 많이 보고되고 있다.

혈장 내 요소태 질소(blood urea nitrogen : BUN)는 간장에서 NH_4 비독화 과정에서 생성되는 산물로서 혈장 내의 요소태 질소 수준은 섭취한 단백질의 양과 분해성, 단백질과 에너지의 균형성 등을 반영해 주며(Ferguson 등, 1993), 번식 상황과 소의 사양 관리 등에 의해 다소간에 차이가 있어 영양 관리의 적정성을 판정하는 지표로서 활용되어 왔다(Carroll 등,

1988). 그러므로, BUN 수준에 의해 난소 기능의 재개와 관련한 영양 관리의 평가 가능성을 검토하는 것도 큰 의미가 있다고 사료된다. 이식 가능 수정란을 안정적으로 다수 생산하는 것은 수정란 이식 기술의 실용화를 위한 가장 기초적이며, 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 따라서 본 연구는 국립축산과학원에서 실시한 성적자료를 분석하여 한우의 효율적인 수정란 생산체계를 정립하고자 공란우의 영양 상태가 이식 가능 수정란 수와의 관계를 구명하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

1. 공시우

본 연구의 자료는 국립축산과학원 가축유전자원시험장에서 보유하고 있는 형질이 우수한 엘리트 암소로 선발된 한우 경산우 75두를 공시하였다.

2. 공란우 과배란처리, 발정관찰 및 인공수정

시험군은 공란우의 발정주기와 관계없이 progesterone releasing intravaginal device(CIDR-plus, InterAg, New Zealand)를 질내 삽입하고, 4일째부터 FSH(Antorin, 2AU=1 ml, Kawasaki Mitaka, Japan)를 4일에 걸쳐 28AU 근육주사하였으며, CIDR 삽입 후 7일째 $\text{PGF}_2\alpha$ (LutalyseTM, Phamacia Co., Belgium)를 오전 25 mg, 오후 15 mg을 12시간 간격으로 근육 주사하였으며, CIDR를 제거하였다. 인공수정은 $\text{PGF}_2\alpha$ 주사 후 48시간 전후 발정을 확인하고, 12시간 간격으로 동결정액을 이용하여 인공수정을 2회 실시하였으며, 1차 인공수정 후 100 μg Gonadotropin(GnRH, Fertagyl[®], Intervet, Holland)를 근육주사하였다.

3. 수정란 회수, 평가 및 초음파 검사

인공 수정 후 7일째에 수정란을 회수하였으며, 회수를 위한 관류액은 Embryo Collection Medium(Agtech, BiolifeTM, USA)를 이용하여 비외과적인 방법으로 회수하였다. 회수된 수정란은 Manual of the International Embryo Transfer Society(Stringfellow와 Seidel, 1998)의 기준에 따라 code 1(excellent or good)과 code 2(fair)로 평가된 수정란은 이식 가능 수정란, code 3(poor)과 code 4(dead or degenerating)로 평가된 수정란은 이식 불가능 수정란으로 구분하였으며, 과배란 처리한 공란우의 황체수를 파악하기 위한 난소 초음파(Sonoace 600 with a 5.0 MHz linear array transducer; Medison Co., Led., Seoul, Korea) 검사를 실시하였다.

4. 채혈, BCS, 체중 측정 및 생화학 분석

BCS와 체중 측정은 수정란 회수 전까지 공시우 75두에 대해 2달 동안 3회 측정하여 평균값을 사용하였으며, BUN, glucose, cholesterol 분석을 위해 한우 공란우 75두를 공시하여

CIDR 삽입 한 달 전부터 일주일에 2회, 수정 시일까지 채혈하여 분석하였다. 채혈 방법은 오전 10~11시 사이 heparin 처리된 15 ml vacutainer를 사용하여 경정맥에서 약 10ml를 채혈하여 곧바로 실험실로 운반하였고, 3시간 이내에 3,000rpm에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 시까지 냉동보존(-20℃)하였다. BUN, glucose, cholesterol 수준 분석은 자동 생화학 분석기[7180, Kawasaki Mitaka(주), Japan]를 이용하여 분석하였다.

5. 통계 분석

한우 공란우 과배란 처리 후 이식 가능 수정란 수와 체중, BCS 및 생화학 수준의 유의성 분석은 SAS program의 Chi-square를 이용하였고, $p < 0.05$ 이하의 경우 유의한 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 공란우의 체중에 따라 총 회수 난 수 및 이식 가능 수정란 수와의 관계를 나타낸 표로써 총 75두를 공시하였다. 체중이 < 400, 400~450 및 > 450 kg때 총 회수 난 수는 13.2±2.3, 15.7±2.6 및 12.9±2.8개로 나타났으며, 이식 가능 수정란 수는 < 400, 400~450 및 > 450 kg 실험군에서 각각 4.2±1.7, 6.1±2.7 및 4.8±2.6로 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 공란우의 체중 요인에 따른 보고는 많지 않지만, 김 등(1997)은 이식 가능 수정란을 많이 생산하기 위해서는 체중에 고려하여 호르몬 투여량을 조절하는 것이 효과적이라고 보고하였다. 본 연구에서는 체중 차이에 따른 이식 가능한 수정란의 수는 유의적인 차이를 보이지는 않았지만, 공란우의

체중이 너무 마르거나 과비하였을 때보다 적절한 체중을 유지하였을 때가 이식 가능 수정란 수의 비율이 높은 경향을 보였다. 이는 체내수정란을 회수하기 전에 공란우의 영양 및 사양 관리 상태가 무엇보다 중요하다는 것을 보여주는데, Lowman(1985)의 보고에서도 BCS가 2.25 미만으로 떨어지게 되면 발정유기는 물론 번식 효율의 저하를 초래하는 것으로 보고된 바 있어, 향후 공란우의 영양 상태 및 호르몬의 투여량이 이식 가능한 수정란의 회수에 미치는 영향에 대한 연구도 추가적으로 진행되어야 할 것으로 판단된다.

BUN 수준은 섭취한 단백질의 양과 분해성, 단백질과 에너지의 균형성 등을 반영해 준다(Ferguson 등, 1993). 그러므로 영양 관리의 적정성을 판정하는 지표로서 활용되어 왔으며, 혈장 내 요소질소의 수준이 기준치보다 낮을 경우는 대부분 사료 섭취량의 부족한 것으로 판정을 하고, 높을 경우는 사료 내 에너지의 부족에 기인한다고 해석을 하는 것이 일반적이다. 그러나 BUN 수준은 일정 기간 상승하다가 적정 수준을 유지하는데(Park 등, 1997; Canfield 등, 1990), 이러한 이유로 BUN 수준을 발정 발현에 이용하기 위해서는 안정된 시기의 선택이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 안정된 시기를 선택하기 위해 CIDR 삽입 한 달 전부터 일주일에 2회 채혈하여 얻어진 혈액의 평균값으로 BUN의 수준을 결정하였다. 공란우의 체중에 따른 생화학 수준은 Table 2에 나타났다. 체중이 < 400, 400~450 및 > 450 kg때 BUN 수준은 각각 11.4±3.8, 15.8±4.3 및 18.3±6.1이었으며, 체중에 따른 유의적인 차이는 보이지 않았다. BUN의 수준이 기준치보다 낮을 경우는 대부분 사료 섭취량의 부족한 것으로 판정을 하고, 높을 경우는 사료 내 에너지 부족에 기인한다고 해석을 하는 것이 일반적이며, 이러한 BUN 수치 이상은 번식 효율과 수태율에도 영향을 미친다고 보고되고 있다(Park 등, 1997; Butler 등, 1996; Ferguson 등, 1993). Glucose는 에너지 섭취 상황을 반영하며, 에너지 부족 시 낮은 값을 나타내고, 농후 사료 과다 및 스트레스 시에는 높은 값을 나타내기도 한다. 체중이 < 400, 400~450 및 > 450 kg때 glucose 수준은 각각 61.8±11.6, 63.2±12.1 및 62.4±10.7을 보였다. 체중이 < 400, 400~450 및 > 450 kg 때 cholesterol 수준은 176.7±23.1, 174.4±18.6 및 168.6±21.8을 나타냈다. Cholesterol은 종합적인 영양 상태와 간 기능을 나타내며 간 기능이 저하되거나 영양소의 섭취 부족 시 낮아지

Table 1. Effect of body weight of donors on embryo production

Weight (kg)	Cows (n)	Embryo yield	
		No. total ova	No. transferable embryos
< 400	21	13.2 ± 2.3	4.2 ± 1.7
400~450	38	15.7 ± 2.6	6.1 ± 2.7
> 450	16	12.9 ± 2.8	4.8 ± 2.6

Table 2. Relationship between body weight and BUN, glucose and cholesterol concentration in Hanwoo donors

Weight (kg)	Cows (n)	BUN concentration (mg/dl)	Glucose concentration (mg/dl)	Cholesterol concentration (mg/dl)
< 400	21	11.4 ± 3.8	61.8 ± 11.6	176.7 ± 23.1
400~450	38	15.8 ± 4.3	63.2 ± 12.1	174.4 ± 18.6
> 450	16	18.3 ± 6.1	62.4 ± 10.7	168.6 ± 21.8

Table 3. Effect of BCS on embryo productivity

BCS	Cows (n)	Embryo yield	
		No. total ova	No. transferable embryos
< 2.25	14	13.5 ± 2.4	4.6 ± 1.6
2.25 ~ 2.75	38	15.4 ± 2.8	5.7 ± 2.4
> 2.75	23	13.4 ± 2.6	5.1 ± 2.7

고, 지방질 섭취량은 과다 시 높아진다. 콜레스테롤 수준이 낮을 경우 번식 장애, 간 기능 장애 등을 유발할 수 있으나, 본 연구에서의 다소간의 차이는 인정되지만, 세 그룹 모두 정상 범위 수준으로 체중에 따른 콜레스테롤 수준이 이식 가능 수정란 수에는 영향을 미치지 않았다.

Table 3은 BCS 수준이 이식 가능 수정란 수에 미치는 영향에 대해 나타낸 표이다. BCS가 2.25 이하일 때와 2.75 이상일 때의 총 회수된 난자 수는 각각 13.5개, 13.4개로써 2.25~2.75일 때보다 적게 회수됐다. 이식 가능 수정란 수에서도 2.25 이하와 2.5 이상일 때에 비해 2.5-2.75일 때에 5.7±2.4개로 4.6±1.6, 5.1±2.7개로 높게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 본 연구 결과, BCS 수준별 이식 가능 수정란과의 관계에서는 유의적인 차이를 보이지 않았지만, BCS는 소의 영양을 평가하는 방법으로 널리 이용되고 있으며, BCS의 저하는 번식 성적에 나쁜 영향(손 등, 2011; Markusfeld 등, 1997)을 준다고 보고하였으며, 본 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다.

본 연구 결과, 공란우의 과배란 처리 전·후의 영양 상태는 총 회수난자 수 및 이식 가능 수정란 수에 영향을 미칠 것으로 생각되며, 공란우의 영양 상태는 이식 가능 수정란 수에 영향을 미치는 만큼 체중, BCS 및 생화학 수준과 이식 가능 수정란수와의 관계에 관한 다각적인 연구를 통해 관련된 요인과 작용기전을 밝히고, 이를 활용하여 공란우에 적합한 영양 및 사양 관리 기법을 적용한다면 번식 효율을 증진시키고, 공란우의 활용 가치를 높일 수 있을 것이며, 이식 가능 수정란 수의 생산 효율도 높일 수 있을 것이다.

참고문헌

Almeida AP. 1987. Superovulatory response in dairy cows repeatedly treated with PMSG. *Theriogenology* 27:205.
 Andrade JC, Oliveira MA, Lima PF, Guido SI, Bartolomeu CC, Tenorio Filho F, Pina VM, Iunes-Souza TC, Paula NR and Freitas JC. 2003. The use of steroid hormones in superovulation of Nelore donors at different stages of estrous cycle. *Anim. Reprod. Sci.* 77:117-125.

Armstrong DT. 1993. Recent advances in superovulation of cattle. *Theriogenology* 28:531-540.
 Austin EJ, Mihm M, Ryan MP, Williams DH and Roche JF. 1999. Effect of duration of dominance of the ovulatory follicle on onset of estrus and fertility in heifers. *J. Anim. Sci.* 77:2219-2226.
 Bastidas P and Randel RD. 1987. Seasonal effects on embryo transfer results in Brahman cows. *Theriogenology* 28:531-540.
 Beam SW and Butler WR. 1999. Effects of energy balance on follicular development and first ovulation in postpartum dairy cows. *J. Reprod. Fertil.* 54:411-424.
 Butler WR and Smith RD. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72:767-783.
 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.
 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.
 Christensen LG. 1991. Use of embryo transfer in future cattle breeding schemes. *Theriogenology* 35:141-149.
 De Vries MJ, Van Der Beek S, Kaal-Lansbergen LMTE, Ouweltjes W and Wilmink JBM. 1998. Modeling of energy balance in early lactation and the effect of energy deficits in early lactation on first detected estrus postpartum in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82:1927-1934.
 Donaldson LE and Perry B. 1983. Embryo production by repeated superovulation of commercial donor cows. *Theriogenology* 20:163-168.
 Donaldson LE. 1984. Effect of age of donor cows on embryo production. *Theriogenology* 21:963-967.
 Elsdon RP, Nelson LD and Seidel GE, Jr. 1978. Superovulating cows with follicle stimulating hormone and pregnant mare's serum gonadotrophin. *Theriogenology* 9:17-26.
 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.
 Garcia-Winder M, Lewis PE, Bryner RW, Baker RD, Inskeep EK and Butcher RL. 1988. Effect of age and norgestomet

- on endocrine parameters and production of embryos in superovulated beef cows. *J. Anim. Sci.* 66:1974-1981.
- Gordon I, Boland MP, McGovern H and Lynn G. 1987. Effect of season on superovulatory responses and embryo quality in Holstein cattle in Saudi Arabia. *Theriogenology Abst.* 27:231.
- Goulding D, Williams DH, Roche JF and Boland MP. 1991. superovulation in heifers using pregnant mare's serum gonadotropin or follicle stimulating hormone during the mid luteal stage of the estrus cycle. *Theriogenology* 36:949-958.
- Hasler JF, Brooke GP and McCauley AD. 1981. The relationship between age and response to superovulation in Holstein cows and heifers. *Theriogenology* 15:109.
- Isogai T, Shimohira I and Kimura K. 1993. Factors affecting embryo production following repeated superovulation treatment in Holstein donors. *J. Reprod. Dev.* 39:79-84.
- Lowman BG. 1985. Feeding in relation to suckler cow management and fertility. *Vet. Rec.* 117:80-85.
- Lucy MC. 2001. Reproductive loss in high producing dairy cattle: Where will it end? *J. Dairy Sci.* 84:1277-1293.
- Markusfeld O, Galon N and Ezra E. 1997. Body condition score, health, yield and fertility in dairy cows. *Vet. Rec.* 141: 67-72.
- Pankowski JW, Galton DM, Erb HN, Guard CL and Grohn YT. 1995. Use of prostaglandin $PGF_2\alpha$ as a postpartum reproductive management tool for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78:1477-1478.
- 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.
- Pawlyshyn V, Lindsell CE, Braithwaite M and Mapletoft RJ. 1986. Superovulation of beef cows with FSH-P: A dose-response trial. *Theriogenology* 25:179.
- Roche JF, Mackey D and Diskin MD. 2000. Reproductive management of postpartum cows. *Anim. Reprod. Sci.* 60:703-712.
- Seidel GE. 1981. Superovulation and embryo transfer in cattle. *Science* 211:351-358.
- Senatore EM, Butler WR and Oltenacu PA. 1996. Relationships between energy balance and post-partum ovarian activity and fertility in first lactation dairy cows. *Anim. Sci.* 62:17-23.
- Shea BF, Janzen RE and McDermand DP. 1984. Seasonal variation in response to stimulation and related embryo transfer procedures in Alberta over a nine year period. *Theriogenology* 21:186-195.
- Smith C. 1984. Genetic improvement of livestock, using nucleus breeding units. *World Animal Review* 65:2-10.
- Smith C. 1988. Application of embryo transfer in animal breeding. *Theriogenology* 29:203-212.
- Staigmiller RB, Bellows RA, Anderson GB, Seidel GE, Foot WD, Menino AR and Wright RW. 1992. Superovulation of cattle with equine pituitary extract and procine FSH. *Theriogenology* 37:1091-1099.
- Takedomi T, Aogagi Y, Konish M, Kishi H, Taya K, Watanabe G and Sasamoto S. 1992. Superovulation in Holstein heifers by a single injection of procine FSH dissolved in polyvinylpyrrolidone. *Theriogenology* 39:327.
- Warfield SJ, Seidel GE Jr. and Eldsen RP. 1986. A comparison of two FSH regimens for superovulating cows and heifers. *Theriogenology* 25:213.
- Yamamoto M, Ooe M, Kawaguchi M and Suzuki T. 1994. Superovulation in the cow with a single intramuscular injection of FSH dissolved in polyvinylpyrrolidone. *Theriogenology* 41:747-755.
- 김홍률, 김덕임, 원유석, 김창근, 정영채, 이규승, 서길웅. 1997. 한우에서 FSH-P와 SUPER-OV에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구. I. 공란우의 조건에 따른 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. *한국수정란이식학회지.* 12:49-56.
- 김홍률, 김덕임, 원유석, 김창근, 정영채, 이규승, 서길웅. 1997. 한우에서 FSH-P와 SUPER-OV에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구. I. 다배란 처리 조건에 따른 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. *한국수정란이식학회지.* 12:37-48.
- 손동수, 김일화, 류일선, 연성흠, 서국현, 이동원, 최선호, 박수봉, 이충섭, 최유림, 안병석, 김준식. 2000. 젖소 MOET Scheme의 추진을 위한 수정란 생산과 이식. *한국수정란이식학회지.* 15:57-65.
- 손동수, 김일화, 이호준, 서국현, 이동원, 류일선, 이광원, 전기준, 손삼규, 최상용. 1997. 한우수정란의 동결보존 및 쌍자 생산에 관한 연구. I. 동결수정란의 이식과 자우생산. *한국수정란이식학회지.* 12:75-90.
- 손동수, 한만희, 최창용, 최선호, 조상래, 김현종, 류일선, 최성복, 이승수, 김영근, 김삼기, 김상희, 신권희, 김일화. 2006. 우수 한우의 수정란 생산 및 이식. *한국수정란이식학회지.* 21:147-156.
- 손준규, 최창용, 조상래, 연성흠, 최선호, 김남태, 정진우, 김성재, 정연섭, 복난희, 유용희, 손동수. 2010. 한우 공란우 과배란 처리와 혈액 내 요소태 질소 수준과의 관계. *한국동물번식학회지.* 34(3):201-205.
- 손준규, 최창용, 조상래, 임현주, 박성재, 백광수, 김상범, 권응

- 기, 정연섭, 복난희, 손동수. 2011. 한우 공란우 발정발현율, 신체총실지수(BCS)와 이식 가능 수정란과의 관계. 한국동물번식학회지. 35(3):349-353.
- 손준규, 최창용, 조상래, 임현주, 박성재, 백광수, 김상범, 권응기, 정연섭, 복난희, 손동수. 2011. 한우 공란우 이식 가능 수정란수와 혈액내 요소태질소, 포도당 및 총콜레스테롤 수준과의 관계. 한국동물번식학회지. 35(3):335-339.
- 양보석. 1994. 체내 및 체외 소 수정란의 임신율에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
- 임석기, 우제석, 전기준, 장선식, 강수원, 윤상기, 손동수. 1998. 한우에 있어서 PEG에 용해시킨 Folltropin-V의 1회 피하주사에 의한 다배란 유지. 한국수정란이식학회지. 13:207-212.
-
- (접수: 2012. 1. 2 / 심사: 2012. 1. 4 / 채택: 2012. 1. 15)