

한우 공란우의 발정발현율, 신체 총질 지수(BCS)와 이식가능 수정란과의 관계

손준규^{1,*} · 최창용¹ · 조상래² · 임현주¹ · 박성재¹ · 백광수¹ · 김상범¹ · 권응기¹ · 정연섭¹ · 복난희³ · 손동수⁴

¹농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과, ²농촌진흥청 국립축산과학원 난지축산시험장
³농촌진흥청 국립축산과학원 가축유전자원시험장, ⁴농촌진흥청 국립축산과학원 기술지원과

Relationship between Estrous Expression, Body Condition Score (BCS) and Transferable Embryos Hanwoo Donors

Jun-Kyu Son^{1,*}, Chang-Yong Choe¹, Sang-Rae Cho², Hyun-Joo Lim¹, Seong-Jai Park¹, Kwang-Soo Baek¹, Sang-Bum Kim¹, Eung-Gi Kwon¹, Yeon-Sub Jung¹, Nan-Hee Bok³ and Dong-Soo Son⁴

¹Dairy Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, CheonAn 331-801, Korea.

²Subtropical Animal Experiment Station, National Institute of Animal Science, RDA, JeJu 690-150, Korea.

³Animal Genetic Resources Station, National Institute of Animal Science, RDA, NamWon 590-832, Korea.

⁴Technology Services Division, National Institute of Animal Science, RDA, SuWon 441-706, Korea.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the relationship between estrous expression, body condition score (BCS), blood urea nitrogen (BUN) and number of transferable embryos for the purpose of improving reproductive performance in blood of Hanwoo donors. Sixty, at random stages of the estrous cycle, received a CIDR. 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 On the 3th administration of FSH, CIDR was withdrawn and 25 mg PGF2α was administered.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 1nd insemination. Embryos were recovered 7 or 8 days after the 1st insemination. The estrous inducement rate and estrous expression rate were significantly lower for cows with BCS below 2.25 than for cows with BCS above 2.25. There was 50.0% of rate of mounting in cows with BCS below 2.25 whereas the rate of mounting was markedly increased in cows with BCS above 2.25 (94.1% and 89.5% for BCS 2.25~2.75 and BCS above 2.75 cows, respectively). Cows with BCS <2.25, 2.25~2.75 and ≥2.75 had number of transferable embryos of 4.5±0.7, 5.9±1.8 and 5.6±2.3 respectively.

(Key words : Hanwoo donors, Transferable embryo, BCS, Estrous expression)

서 론

한우의 개량에 따른 생리적, 환경적 변화로 무발정과 미약발정 현상이 잦아지고 있으며, 전 세계적으로 번식효율은 매년 저하되고 있는 실정이다(Roche 등, 2000; Lucy, 2001). 또한, 발정발현이 줄어들고 있으며, 배란지연 수태율 저하 등 번식에 있어서 여러 가지 문제점들이 대두되고 있다(Pankowski 등, 1995; Austin 등, 1999).

일반적으로 신체 총질 지수(BCS)는 소의 영양 관리를 평가하는 방법으로 널리 이용되고 있다. 또한, BCS의 부족은 번식 성적에 영향을 주며(Markusfeld 등, 1997), 난소 활동 재개의 지연(Butler와 Smith, 1989; Senatore 등, 1996; De Vries 등, 1998) 및 첫 배란이 늦어지는 현상을

초래한다(Beam과 Butler, 1999). 이처럼 최근 BCS는 발정 발현에 있어 중요한 인자로서 관심이 높아지고 있다. 또한, 혈장 내 요소태 질소(BUN)는 간장에서 암모니아의 비독화 과정에서 생성되는 산물로서 혈장 내의 요소태 질소의 수준은 섭취한 단백질의 양과 분해성, 단백질과 에너지의 균형성을 반영해 주며(Ferguson 등, 1993), 번식 상황과 소의 사양 관리 등에 의해 다소간 차이는 있다(Carroll 등, 1988).

한우의 경우 최근 이용되고 있는 소의 수정란 이식 기술은 우리나라 축산 여건상 우수종축의 기반 구축과 증식의 소요 기간을 단기화 할 수 있는 동시에 우수한 종축의 유전 능력을 신속히 확대 보급할 수 있기 때문에, 이러한 목표에 접근하는데 매우 적절한 방법으로 인식되고 있다. 수정란 이식은 우수 유전형질을 보유하고 있는 암

* Corresponding author : Phone: +82-41-580-3391, E-mail: junkyuson@korea.kr

가축으로부터 다수의 수정란을 회수하여 다른 개체에 이식 후 자축을 생산함으로써 우수한 유전 형질을 가진 개체를 효과적으로 증식시킬 수 있고, 형질이 동일한 다수의 자축을 단 시간 내에 생산이 가능하므로 가축의 능력 개량에 매우 유용하게 이용할 수 있다(Smith, 1984; Christensen, 1991). 소의 수정란 이식에 있어 우수한 소의 생산을 통한 가축의 개량에 활용하고자 과배란 및 수정란이식(multiple ovulation and embryo transfer: MOTE) 기법이 이용되고 있다(Seidel, 1981; Smith, 1988; 손 등, 2000). 1980년대 초 국내에 수정란이식 기술이 도입된 이래 수정란 이식기술의 효율이 크게 향상되었으나, 산업적으로 이용함에 있어서는 아직 해결해야 할 문제점이 많이 남아 있다. 과배란 및 수정란 이식 기법의 성공적인 수행을 위해서는 우수한 공란우를 선정하여 과배란 처리에 의해 양질의 수정란을 많이 회수하는 것이 무엇보다 중요하다.

수정란이식 기술의 중요한 요인은 우선 유전적으로 능력이 우수한 공란우로부터 이식 가능한 정상 수정란을 많이 생산하는 것인데, 과배란 처리에 대한 난소 반응은 개체에 따라 두어 호르몬에 대한 차이가 크며, 수정란 생산에 영향을 미치는 여러 가지 요인들이 복합적으로 작용하기 때문에 정상 수정란 생산의 안정적인 체계는 거의 개선되지 못하고 있는 실정이다(Armstrong, 1993).

과배란 처리 및 이식가능 수정란에 영향을 미치는 요인은 공란우 개체에 따른 난소 반응의 차이(Shea 등, 1984), 성선자극 호르몬의 종류(Elsden 등, 1978; Goulding 등, 1991; Staigmiller 등, 1992), 호르몬 투여량(Donaldson, 1984; Pawlyshyn 등, 1986), 과배란 처리방법(Takedomi 등, 1992; Yamamoto 등, 1994; 임 등, 1998), 공란우의 연령(Hasler 등, 1981; Donaldson, 1984), 번식경력(Isogai 등, 1993), 반복 과배란 처리(Donoidson과 Perry, 1983; Warfeld 등, 1986; Almeida, 1987), 계절(Shea 등, 1984; Bastidas와 Randel, 1987) 등이 관계된다고 하였다. 국내에서도 소에서 과배란 처리 및 이식가능 수정란 수에 대한 연구(양, 1994; 손 등, 1997; 김 등, 1997; 임 등, 1998; 손 등, 2006; 손 등, 2010)가 많이 보고되고 있다.

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 영양 관리에 따른 발정발현, BCS 및 BUN 수준과 이식가능 수정란 수와의 관계를 규명하기 위해 수행하였다.

재료 및 방법

공시우

본 연구의 자료는 국립축산과학원 가축유전자원시험장에서 보유하고 있는 형질이 우수한 엘리트 암소로 선발된 한우 경산우 60두를 공시하였다.

공란우 과배란 처리, 발정 관찰 및 인공수정

시험군은 공란우의 발정 주기와 관계없이 progesterone

releasing intravaginal device (CIDR-plus, InterAg, New Zealand)를 질내 삽입하고 4일째부터 FSH(Antorin, 2-AU=1 ml, Kawasaki Mitaka, Japan)를 4일에 걸쳐 28AU 근육 주사하였으며, CIDR 삽입 후 7일째 PGF₂ α(LutalyseTM, Phamacia Co., Belgium)를 오전 25 mg, 오후 15 mg을 12시간 간격으로 근육 주사하였으며, CIDR를 제거하였다. 발정 유기율(estrous inducement rate)은 과배란 처리 후 초음파 진단 및 호르몬 분석을 통해 정상적인 progesterone 수치 및 배란 확인우 비율이며, 발정 발현율(estrous expression rate)은 발정우중 승가 허용, 승가 중 1가지 증상이 단 1회라도 있는 소의 비율을 말한다. 또한, 승가 비율(rate of mounting)은 발정우 중 승가 비유로 정의하였다. 인공수정은 PGF₂ α 주사 후 48시간 전후 발정을 확인하고 12시간 간격으로 정액 2스트로우씩 2회 실시하였으며, 1차 인공수정 후 100 μg Gonadotrophin (GnRH, Fertagyl[®], Intervet, Holland)를 근육주사하였다.

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 이식가능 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., Ltd., Seoul, Korea) 검사를 실시하였다.

채혈, BCS 측정 및 BUN 분석

BCS 측정은 수정란 회수 전까지 공시우 60두에 대해 2달 동안 3회 측정하여 평균값을 사용하였으며, 생화학 분석을 위해 한우 공란우 60두를 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 10 ml를 채혈하여 곧바로 실험실로 운반하였고, 3시간 이내에 3,000 rpm에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석시까지 냉동보존(-20°C)하였다. BUN 수준의 분석은 자동 생화학 분석기[7180, Kawasaki Mitaka(주), Japan]를 이용하여 분석하였다.

통계분석

한우 공란우 과배란 처리 후 이식가능 수정란 수와 발정발현율, BCS 및 BUN 수준의 유의성 분석은 SAS program의 Chi-square를 이용하였고, 한 구의 분석수가 5 이하일 경우에는 Fisher's exact test를 활용하여 $p < 0.05$ 이하의 경우 유의한 것으로 판단하였다.

결과 및 고찰

Table 1은 과배란 처리 우군의 BCS와 발정 유기율, 발

정 발현을 및 승가와와 관계에 대해 나타내었다. 총 60두를 공시하여 55두에서 발정이 유기되었으며, 발정 및 승가는 유기된 55두 중 각각 2두, 34두 및 19두에서 발정 발현을 보였다. 발정 유기율에서, BCS 2.25~2.75와 2.75 이상인 우군에서는 97.1% 및 95.0%인 반면 2.25 미만인 우군에서는 40.0%로 유의적인($p<0.05$) 차이를 보였으며, 승가율에서도 BCS 2.25~2.75인 우군에서 94.1%, 2.75 이상인 우군은 89.5%를 보인 반면, BCS 2.25 미만인 우군에서는 50.00%로 BCS 2.25 이상인 우군에 비해 유의적($p<0.05$)으로 낮게 나타났다. 본 연구 결과, 다른 우군에 비해 BCS 2.25 미만의 우군에서 발정 유기율 및 승가 비율에서 유의적으로 낮게 나타났는데, 이는 BCS가 2.25미만으로 떨어지게 되면 발정 유기는 물론 번식 효율의 저하를 초래하기 때문에 사양 관리에 각별히 주의해야 한다 (Lowman, 1985).

BUN 수준은 일정기간 상승하다가 적정 수준을 유지하는데(Canfield 등, 1990; Park 등, 1997) 이러한 이유로 BUN 수준을 발정 발현에 이용하기 위해서는 안정된 시기의 선택이 중요하다. 본 연구에서는 안정된 시기를 선택하기 위해 CIDR 삽입 한 달 전부터 일주일 2회 채혈하여 얻어진 혈액의 평균값으로 BUN의 수준을 결정하였다. Table 2는 과배란 처리 우군의 BUN과 발정 발현율과의 관계를 나타낸 것으로서 과배란 처리 우군의 발정 유기율, 승가율과 BUN 수준과의 관계에서는 10 mg/dl 이하 우군, 11~18 mg/dl 사이 우군 및 19 mg/dl 이상인 우군에서 각각 77.8%, 95.1%, 90.0% 및 85.7%, 92.3%, 88.9%로 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 본 연구 결과 나타난 BUN의 수준에 따라서는 발정 유기율 및 발현율에

Table 1. Relationship between BCS and estrous detection in Hanwoo donors

| BCS | Cows (n) | Estrous inducement rate | Estrous expression rate | Rate of mounting |
|-----------|----------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| < 2.25 | 5 | 40.0 (2/ 5)* | 100 (2/ 2) | 50.0 (1/ 2)* |
| 2.25~2.75 | 35 | 97.1 (34/35) | 100 (34/34) | 94.1 (32/34) |
| >2.75 | 20 | 95.0 (19/20) | 100 (19/19) | 89.5 (17/19) |
| Total | 60 | 91.7 (55/60) | 100 (55/55) | 90.9 (50/55) |

* Different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.05$).

Table 2. Relationship between estrous expression rate and blood urea nitrogen (BUN) concentration

| BUN concentration (mg/dl) | Cows (n) | Estrous inducement rate | Estrous expression rate | Rate of mounting |
|---------------------------|----------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| < 10 | 9 | 77.8 (7/ 9) | 100 (7/ 7) | 85.7 (6/ 7) |
| 11~18 | 41 | 95.1 (39/41) | 100 (39/39) | 92.3 (36/39) |
| ≥ 19 | 10 | 90.0 (9/10) | 100 (9/ 9) | 88.9 (8/ 9) |
| Total | 60 | 91.7 (55/60) | 100 (55/55) | 90.9 (50/55) |

Table 3. Effect of BCS concentration on embryo production

| BCS | Cows (n) | Embryo yield | |
|-----------|----------|---------------|--------------------------|
| | | No. total ova | No. transferable embryos |
| < 2.25 | 2 | 11.5±2.1 | 4.5±0.7 |
| 2.25~2.75 | 34 | 14.3±2.4 | 5.9±1.8 |
| >2.75 | 19 | 13.3±2.5 | 5.6±2.3 |

서 유의적인 차이를 보이지 않았지만 BUN의 수준이 기준치보다 낮을 경우는 대부분 사료섭취량의 부족함 것으로 판정을 하고, 높을 경우는 사료내 에너지의 부족에 기인한다고 해석을 하는 것이 일반적이다, 이는 발정 유기율 및 발정 발현율뿐만 아니라 번식 효율과 수태율에도 영향을 미친다고 보고되고 있다(Ferguson 등, 1993; Butler 등, 1996; Park 등, 1997).

Table 3은 BCS 수준이 이식가능 수정란 수에 미치는 영향에 대해 나타낸 표이다. BCS가 2.25 이하일 때 총 회수된 난자 수는 11.5개로써 2.25~2.75와 2.75 이상일 때 보다 적게 회수됐다. 이식가능 수정란 수에서도 2.5~2.75와 2.75 이상일 때에 비해 2.25 이하일 때 4.5±0.7개로 5.9±1.8, 5.6±2.3개에 비해 적게 나타났지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 본 연구 결과, BCS 수준별 이식가능 수정란과의 관계에서는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 신체 총질 지수(BCS)는 소의 영양을 평가하는 방법으로 널리 이용되고 있으며, BCS의 저하는 번식성적에 나쁜 영향(Markusfeld 등, 1997)을 줄 것이다. 공란우의 과배란 처리 전·후의 영양 상태는 총 회수난자 수 및 이식가능 수정란 수에 영향을 미칠 것이며, 기전과 요인에 대해서 명확하지 않지만 이러한 영양 수준 및 생화학 수준에 의해 난자 회수율 및 이식가능 수정란 수의 저하가 초래할 것으로 생각된다. 과배란 처리 방법의 다각적인 연구와 적절한 영양 관리에 의해 공란우의 적절한 영양 관리를 유지한다면 난소주기 이상 등의 발생을 예방하여 공란우의 활용 가치를 높일 수 있을 것이며, 이식 가능 수정란 생산율도 높아질 것이다.

결 론

본 연구는 한우 공란우의 이식가능한 수정란 수와 소의 발정발현, 신체 총질 지수 및 혈액 내 요소질소 수준과의 관계에 대해서 조사하였다. 한우 60두에 대하여 발정 주기에 관계없이 CIDR를 질내에 삽입 후 4일째부터 성선자극호르몬(안토란) 28AU를 4일간 12시간 간격으로 근육주사하였다. 투여 3일째 CIDR를 제거하였으며, 동시에 PGF₂ α 25 mg을 근육 주사하여 과배란을 유기하였다. 공란우의 인공수정은 PGF₂ α 투여 후 발정을 확인하고 12시간 간격으로 2회 인공수정하였으며, 1회 인공수정 전 GnRH 100 µg을 근육 주사하였다. 수정란 회수는 1차 인공수정 후 7~8일째에 비외과적 방법으로 채란하였다. 발정 유기율에서 BCS 2.25~2.75와 2.75 이상인 우

군에서는 각각 97.1% 및 95.0%인 반면 2.25 미만인 우군에서는 40.0%로 유의적인($p<0.05$) 차이를 보였으며, 송가울에서도 BCS 2.25~2.75인 우군에서 94.1%이고, BCS 2.75 이상인 우군은 89.5%를 보인 반면, BCS 2.25 미만인 우군에서는 50.0%로 BCS 2.25 이상인 우군에 비해 유의적($p<0.05$)으로 낮게 나타났다. BCS 수준이 <2.25, 2.25~2.75 및 ≥ 2.75 이상일 때 이식가능 수정란 수는 각각 4.5 ± 0.7 , 5.9 ± 1.8 및 5.6 ± 2.3 개로 나타났다.

인용문헌

- Almeida AP (1987): Superovulatory response in dairy cows repeatedly treated with PMSG. *Theriogenology* 27:205.
- Armstrong DT (1993): Recent advances in superovulation of cattle. *Theriogenology* 28:531-540.
- Austin EJ, Mihm M, Ryan MP, Williams DH, 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, Randel RD (1987): Seasonal effects on embryo transfer results in Brahman cows. *Theriogenology* 28:531-540.
- Beam SW, 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, Smith RD (1989): Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cows. *J Dairy Sci* 72:767-783.
- Butler WR, Calaman JJ, 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, Butler WR (1990): Effects of excess degradable protein on postpartum reproduction and energy balance in dairy cattle. *J Dairy Sci* 73:2342-2349.
- 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 LM-TE, Ouweltjes W, 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, 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.
- Elsden RP, Nelson LD, Seidel GE (1978): Superovulating cows with follicle stimulating hormone and pregnant mare's serum gonadotrophin. *Theriogenology* 9:17-26.
- Ferguson JD, Galligan DT, Blanchard T, Reeves N (1993): Serum urea nitrogen and conception rate : The usefulness of test information. *J Dairy Sci* 76: 3742-3746.
- Goulding D, Williams DH, Roche JF, 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, McCauley AD (1981): The relationship between age and response to superovulation in Holstein cows and heifers. *Theriogenology* 15:109.
- Isogai T, Shimohira I, Kimura K (1993): Factors affecting embryo production following repeated superovulation treatment in Holstein donors. *J Reprod Dev* 39:79-84.
- Lucy MC (2001): Reproductive loss in high producing dairy cattle: Where will it end? *J Dairy Sci* 84: 1277-1293.
- Markusfeld O, Galon N, 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, 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, Mapletoft RJ (1986): Superovulation of beef cows with FSH-P : A dose-response trial. *Theriogenology* 25:179.
- Roche JF, Mackey D, 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, 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, McDermid 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, Wright RW (1992): Superovulation of cattle with equine pituitary extract

- and porcine FSH. *Theriogenology* 37:1091-1099.
30. Stringfellow DA, Seidel SM (1998): Manual of the International Embryo Transfer Society. 3rd ed International Embryo Transfer Society Inc Illinois, pp 165-170.
 31. Takedomi T, Aogagi Y, Konish M, Kishi H, Taya K, Watanabe G, Sasamoto S (1992): Superovulation in Holstein heifers by a single injection of porcine FSH dissolved in polyvinylpyrrolidone. *Theriogenology* 39: 327.
 32. Warfield SJ, Seidel GE Jr., Eldsen RP (1986): A comparison of two FSH regimens for superovulating cows and heifers. *Theriogenology* 25:213.
 33. Yamamoto M, Ooe M, Kawaguchi M, Suzuki T (1994): Superovulation in the cow with a single intramuscular injection of FSH dissolved in polyvinylpyrrolidone. *Theriogenology* 41:747-755.
 34. 김홍률, 김덕임, 원유석, 김창근, 정영채, 이규승, 서길웅 (1997): 한우에서 FSH-P와 SUPER-OV에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구. I. 다배란 처리 조건에 따른 체내수정란 생산에 영향을 미치는 요인. *한국수정란이식학회지* 12:37-48.
 35. 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.
 36. 손동수, 김일화, 류일선, 연성흙, 서국현, 이동원, 최선호, 박수봉, 이충섭, 최유립, 안병석, 김준식 (2000): 젖소 MOET Scheme의 추진을 위한 수정란 생산과 이식. *한국수정란이식학회지* 15:57-65.
 37. 손동수, 한만희, 최창용, 최선호, 조상래, 김현중, 류일선, 최성복, 이승수, 김영근, 김삼기, 김상희, 신권희, 김일화 (2006): 우수 한우의 수정란 생산 및 이식. *한국수정란이식학회지* 21:147-156.
 38. 손준규, 최창용, 조상래, 연성흙, 최선호, 김남태, 정진우, 김성재, 정연섭, 복난희, 유용희, 손동수 (2010): 한우 공란우 과배란 처리와 혈액 내 요소태 질소 수준과의 관계. *한국동물번식학회지* 34(3):201-205.
 39. 양보석 (1994): 체내 및 체외 소 수정란의 임신율에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
 40. 임석기, 우재석, 전기준, 장선식, 강수원, 윤상기, 손동수 (1998): 한우에 있어서 PEG에 용해시킨 Folltropin-V의 1회 파하주사에 의한 다배란 유기. *한국수정란이식학회지* 13:207-212.
- (접수일자: 2011. 9. 5 / 채택일자: 2011. 9. 15)