

한우 체외수정란이 이식된 수란우의 임신과 유산에 영향을 미치는 수란우 측 요인들

김소섭 · 박용수^{†1} · 박민철² · 박홍대² · 김일화 · 최석화
충북대학교 수의과대학

Effects of Recipient Factors on the Pregnancy and Abortion after Transfer of *In Vitro* Produced Korean Native Cow Embryos

S. S. Kim, Y. S. Park^{†1}, M. C. Park², H. D. Park², I. L. Kim and S. H. Choi
College of Veterinary Medicine, Chungbuk National University

SUMMARY

This study was conducted to investigate the effects of various factors of recipients such as recipient parity, body condition score(BCS), estrus type, corpus luteum, uterine size and uterine horn, on pregnancy and abortion after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos. The pregnancy rate of nulliparous (43.5%) was significantly higher than that of multiparous (33.6%), but there were no difference in the abortion rates (122.6 vs. 7.5%). There were no difference in pregnancy among the groups of BCS treatment, but the abortion rate was significantly higher in the group of below BCS 2.0~3.0 (55.6%) than the group of BCS 3.0~3.9 (10.8%). The pregnancy and abortion rates from the estrus type, corpus luteum, uterine size and uterine horn were not differ among treatment groups.

(Key words : bovine, recipient, pregnancy, abortion)

서론

소 수정란의 체외생산 기술은 체외성숙, 체외수정 및 체외배양 체계의 개선과 같은 많은 연구가 진행되어, 체외에서 수정된 난자의 20~30% 정도가 이식 가능한 배반포로의 안정적인 발달이 가능하게 되었다. 그러나 수정란이식의 일차적 목표인 임신은 수정란의 종류에 따라 다소 차이는 있지만, 체외수정란을 이용하였을 경우가 20~50% 정도 (Hasler 등, 1995)로서 인공수정의 79%(Xu 등, 1995) 및 체내수정란의 64%(Schmidt 등, 1996)보

다 낮으며, 또한 수란우의 선택, 시술자의 경험 및 사양 환경에 따라 그 재현성이 매우 낮다. 또한 체외수정란이 이식된 수란우의 유산율은 인공수정의 2~5%(Suzuki 등, 1986)와 체내수정란의 4~8%(Hasler 등, 1987) 보다 훨씬 높고, 송아지의 체중, 임신기간, 난산 및 기형이 증가하였다(Kruij와 den Dass, 1997). 따라서 수정란 이식의 산업화를 위해서는 수정란 생산 효율 증진과 더불어 임신을 향상, 유산, 분만 및 신생 송아지에 대한 연구가 더 필요하다.

지금까지 수정란이식의 성공률을 향상시키기 위

¹ 경상북도축산기술연구소 (Kyongbuk Livestock Research Institute)

² 대구대학교 식품생명공학부(Division of Life Food and Biotech, Daegu University)

[†] Correspondence : E-mail : pys0112@chollian.net

하여, 수란우의 발정 유무(Nelson과 Nelson, 1985), 발정유기 방법(Walton 등, 1986), 자궁각의 위치(Wright, 1981), 이식 부위(Boland 등, 1976; Sreenan과 Beshan, 1976), 수란우의 발정동기화(Sreenan, 1983; 손 등, 2000) 및 혈중 progesterone 농도(Sreenan과 Diskin, 1987), 영양상태(Broadbent 등, 1991), 산차(Sreenan과 Diskin, 1989) 및 황체등급(Donaldson, 1985) 등이 연구되어져 왔다. 한편 국내에서의 체외수정란 이식은 주로 실험실에서 생산 효율 향상에 관한 연구가 대부분으로, 이식에 제공하는 수란우의 조건에 대한 검토는 극히 제한적이었다. 수정란이식에서 궁극적인 목적인 송아지의 생산을 증가시키기 위해서는 실험실에서 생산 효율뿐만 아니라, 임상적 조건하에서 수정란 이식 효율성의 증대가 필요하므로 임상에서 실질적으로 당면하는 문제점들에 대한 연구가 필요하다.

본 연구는 수정란 이식을 이용한 한우 송아지 생산 효율을 증가시키기 위하여, 2002년부터 2004년까지 3년간에 걸친 2,000여 건의 수정란 이식에서 수란우 측면의 요인들, 즉 산차, 체점수(Body Condition Score; BCS), 발정 발현과 유도, 황체 형태, 자궁 크기 및 자궁각 방향이 수란우의 임신과 유산에 미치는 효과를 검토하였다.

재료 및 방법

1. 배양액

본 연구에 사용된 배양액 중 난소로부터 난포란의 세척 및 회수용은 25mM HEPES와 3mg/ml BSA(Sigma, A6003)가 첨가된 Hepes-TALP 용액, 체외성숙용은 0.2mg/ml pyruvate(Sigma, P3662), 1 μ g/ml FSH(Sigma, F8174), 10 μ g/ml LH(Sigma, L9773) 및 10% FBS(Sigma, F0643)가 첨가된 TCM-199(Gibco, 12340-030)용액, 체외수정용은 6 mg/ml BSA와 10 μ g/ml heparin(Sigma, H3149)이 첨가된 TALP 용액, 체외배양용은 3mg/ml BSA 또는 10% FBS가 첨가된 CR1aa 용액을 각각 이용하였다. 그리고 실험에 제공되는 배양액의 미세소적은 mineral oil(Sigma, M8410)을 도포하여 39 $^{\circ}$ C, 5% CO₂ 배양기에서 최소한 4시간 이상 평형을 하였다.

2. 난포란의 회수 및 체외성숙

도축 한우에서 난소를 적출하여 25 μ g/ml gentamycin(Sigma, G1264)이 첨가된 0.9% 생리식염수(30~33 $^{\circ}$ C)가 들어있는 보온병에 담아 2~3시간에 실험실로 운반하였다. 수집된 난소는 penicillin G(Sigma, P3032)가 첨가된 생리식염수로 3~4회 세척하여, 18G 주사침이 부착된 10ml 주사기를 이용하여 직경 2~8mm의 가시난포로부터 난포란을 회수하였다. 회수된 난포란은 실체현미경하에서 난구세포의 부착상태가 치밀한 것만을 선별하여, 50 μ l의 체외성숙용 배지에 15개 난포란을 옮겨 22시간 동안 39 $^{\circ}$ C, 5% CO₂ 배양기에 배양함으로써 체외성숙을 유도하였다.

3. 체외수정

한우 동결정액 1개를 실온에서 10초간, 37 $^{\circ}$ C의 항온수조에서 30초간 처리하여 용해한 후 90% percoll(Sigma, P4937) 2ml 용액에 담겨져 있는 15ml 원심분리관(Corning, 430052)에 조심스럽게 넣은 후 700g에서 20분간 원심분리 후 하층부의 정자 괴편을 회수하여, 2ml의 신선 체외수정용액으로 350g에서 다시 10분간 원심 분리함으로써 정자를 세척하였다. 그리고 정자농도는 25×10^6 sperms/ml가 되도록 조절하여, 15개씩의 난포란이 함유되어 있는 46 μ l의 체외수정용액에 heparin 2 μ l와 정자 2 μ l를 각각 첨가하여(최종 정자농도 1×10^6 sperms/ml) 39 $^{\circ}$ C, 5% CO₂ 배양기에 20시간동안 배양함으로써 체외수정을 유도하였다.

4. 체외배양

체외수정 후 실체 현미경하에서 형태적으로 정상이라고 판단된 수정란만을 회수하여, 15개씩의 수정란(배양 1일)을 3mg/ml BSA가 첨가된 CR1aa 용액 20 μ l에 넣고, 39 $^{\circ}$ C, 5% CO₂ 배양기에서 배양하였으며, 배양 3일째와 5일째에는 10% FBS가 첨가된 CR1aa 용액으로 교환하여 배양하였다.

5. 배반포의 이식

수란우는 2003년 3월부터 2004년 9월까지 경상북도 경산, 영천, 성주, 달성, 청도, 칠곡, 대구 및 상주 지역의 젖소 사육농가에서 사육중인 홀스타

인을 이용하였다. 수정란이식은 준비된 한우 배반포(2개/straw)를 비외과적 이식기(MVE, France)에 장착하여 황체가 존재하는 자궁각에 이식하였다.

6. 수란우 요인 분석

1) 산 차

미경산우 및 경산우(1~3산)로 각각 구분하였다.

2) BCS

수란우의 BCS는 2.0이하, 2.0~3.0, 3.0~3.9 및 4.0이상으로 분류하였고, BCS가 2.0이하인 수란우는 실험에서 제외하였다.

3) 발정 발현 및 유도

수란우는 발정 발현에 따라 용모발정(Standing estrus; 울음, 점액의 분비, 승가 및 승가 허용)과 둔성발정(Subestrus; 무증상 발정 또는 외음부에서 출혈이 확인된 경우)으로 분류하였다. 자연 발정을 제외한 수란우의 발정유기는 PGF_{2α}(Estron; Bioveta, Czech)의 1회 주사법과 GnRH(Receptal; Intervet, Holland)와 PGF_{2α}를 병용하는 배란동기화법(Ov-synch)을 각각 이용하였다.

4) 황체 형태

이식 1일전 또는 당일에 직장검사를 이용하여 황체를 검사하였다. 황체형태는 Type A(황체의 크기가 2.5cm이상, crown의 직경이 10mm이상), Type B(황체의 크기가 1.5~2.5cm, crown의 직경이 5mm 내외), Type C(황체의 크기가 1.5cm 미만, crown이 존재하지 않는 것)로 분류하였다.

5) 자궁 크기

수란우의 자궁 크기는 수정란이식 시에 자궁의 1/2 지점인 만곡부의 직경을 기준으로 1 inch 미만, 1~2 inch 및 2 inch 이상으로 구분하였다.

6) 자궁각 방향

직장검사를 통하여 수란우의 황체를 확인하였고, 황체가 존재하는 좌측 또는 우측 자궁각에 수정란을 각각 이식하였다.

7. 임신 및 유산 검정

한우 수정란을 이식한 후 60일에 직장검사로 임신을 판정하였다. 임신이 확인된 수란우가 재발정 및 태아 또는 태반의 배출이 확인된 경우에 직장검사를 다시 실시하여 태아의 존재 유무와 자궁변화의 소견을 기초로 유산을 판정하였다.

8. 통계처리

실험 결과에 대한 통계학적 분석은 χ^2 -test를 이용하였고, $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결 과

수란우의 산차가 임신과 유산에 미치는 효과를 검토한 결과는 Fig. 1과 같다. 임신율은 미경산우군이 43.5%(293두/673두)로서 경산우군의 33.6%(40두/119두)에 비하여 유의하게 높았다($p < 0.05$). 유산율은 미경산우군과 경산우군에서의 각각 12.6%(37두), 7.5%(3두)로서 비슷한 경향이였다.

수란우의 BCS가 임신과 유산에 미치는 효과를 검토한 결과는 Fig. 2와 같다. 임신율은 2.0~2.9 미만군이 25.7%(9두/35두), 3.0~3.9군이 42.9%(316두/737두) 및 4.0이상군이 40.0%(8두/20두)로서, 3.0~3.9군과 4.0이상군이 2.0~2.9미만군에 비하여 높은 경향이였으나, 유의차는 인정되지 않았다. 유산율은 2.0~2.9미만군이 55.6%(5두/9두)로서 3.0~3.9군 및 4.0이상군의 10.8%(34두/316두) 및 12.5%(1두/8두)에 비하여 유의하게 높았다($p < 0.05$).

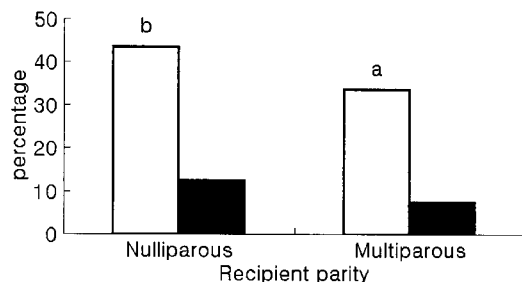


Fig. 1. Effect of recipient parity on pregnancy(□) and abortion(■) after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos.

^{a,b} Values with different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

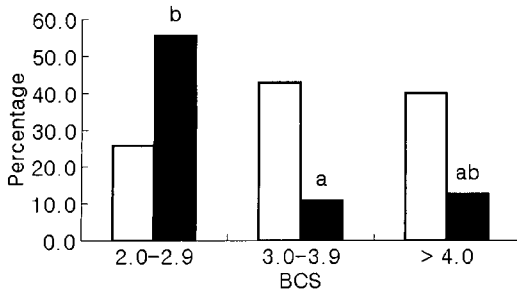


Fig. 2. Effects of body condition score in recipients on pregnancy(□) and abortion(■) after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos. ^{a,b} Values with different superscripts were significantly different ($p < 0.05$)

수란우의 발정 발현 및 유도 방법이 임신과 유산에 미치는 효과를 검토한 결과는 Fig. 3과 같다. 임신율은 자연발정군의 용모발정군이 41.7%(321두/770두), 둔성발정군이 54.5%(12두/22두)였으며, 유도발정군의 PGF_{2a}군이 45.8%(33두/72두), Ov-synch군이 50.0%(9두/18두)로서 둔성발정군이 약간 높은 경향이였으나, 유의차는 인정되지 않았다. 한편 유산율은 자연발정군의 용모발정군 및 둔성발정군이 각각 11.8%(38두) 및 16.7%(2두), 유도발정군의 PGF_{2a}군 및 Ov-synch군이 각각 15.2%(5두) 및 22.2%(2두)로서 각 군 간에 비슷한 경향이였다.

수란우의 황체 형태가 임신과 유산에 미치는 효과를 검토한 결과는 Fig. 4와 같다. 임신율은 A군이 45.3%(197두/435두), B군이 35.0%(71두/203두) 및 C군이 34.1%(14두/41두)로서 A군이 다른 군에

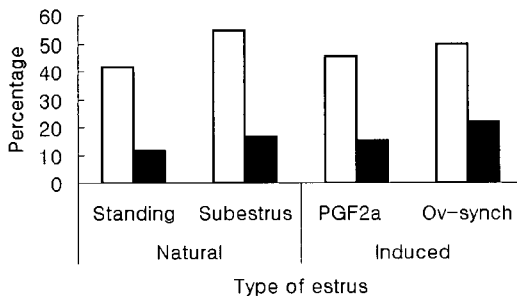


Fig. 3. Effects of estrus type in recipients on pregnancy(□) and abortion(■) after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos.

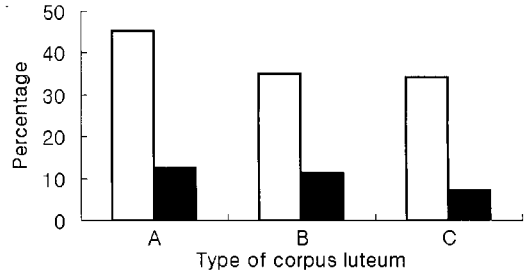


Fig. 4. Effects of corpus luteum types in recipients on pregnancy(□) and abortion(■) after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos. A: > 2.5cm size of corpus luteum with crown diameter 10mm, B: Between 1.5cm and 2.5cm to the size of corpus luteum with crown diameter 5~10mm, C: < 1.5cm size of corpus luteum without crown.

비해 높은 경향이였으나, 유의차는 인정되지 않았다. 유산율은 A군, B군 및 C군에서의 각각 12.7%(25두), 11.3%(8두) 및 7.1%(1두)로서 비슷한 경향이였다.

수란우의 자궁 크기가 임신과 유산에 미치는 효과를 검토한 결과는 Fig. 5와 같다. 임신율은 자궁 직경이 1 inch 미만 군에서는 50.0%(8두/16두), 1~2 inch군에서는 42.1%(306두/726두), 2 inch 이상 군에서는 38.0%(19두/50두)로서 각 군 간에 비슷한 경향이였다. 유산율은 각각 25.0%(2두), 12.1%(37두) 및 5.3%(1두)로서 1 inch미만 군이 가장 높았으나, 유의차는 인정되지 않았다.

배반포가 이식된 수란우 자궁각의 방향이 임신과 유산에 미치는 효과에 대하여 검토한 결과는

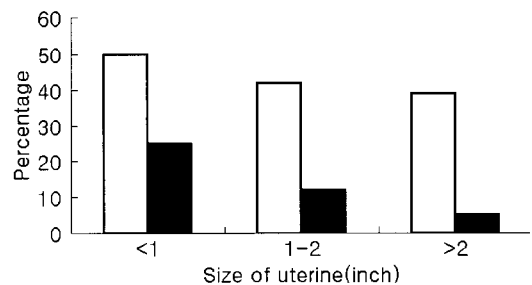


Fig. 5. Effects of uterine size in recipients on pregnancy(□) and abortion(■) after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos.

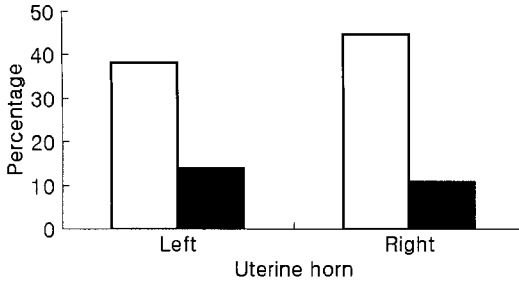


Fig. 6. Effects of uterine horn in recipient on pregnancy(□) and abortion(■) after transfer of *in vitro* produced Korean Native Cow embryos.

Fig. 6과 같다. 임신율은 우측자궁각이 44.7%(212두/474두)로서 좌측자궁각에 이식된 수란우의 38.1%(121두/318두)에 비하여 높은 경향이었으나, 유의차는 인정되지 않았다. 유산율은 우측 및 좌측 자궁각이 각각 10.8%(23두) 및 14.0%(17두)로서 비슷한 경향이였다.

고 찰

본 연구는 2002년부터 2004년까지 3년간에 걸친 2,000여 건의 수정란 이식에서 수란우 측면의 요인들, 즉 산차, BCS, 발정 발현과 유도, 황체 형태, 자궁 크기 및 자궁각 방향이 임신과 유산에 미치는 효과를 검토하였다.

Dochi 등(1998)과 Chagas 등(1999)은 수란우의 산차에 따른 임신율은 차이가 없었으나, 황 등(2004)은 경산우가, Hasler(2001)와 본 연구의 결과(Fig. 1)에서는 미경산우가 오히려 높은 경향으로 연구자에 따라 많은 차이가 있었다. 국내에서는 대부분의 한우 체외수정란을 젖소 미경산우에 이식하고 있으며, 본 연구와 같이 미경산우가 수정란 이식에 적합한 원인은 경산우에 비하여 자궁의 상태가 양호하고 송아지 포유 또는 우유 생산과 같은 스트레스를 적게 받기 때문이라고 생각된다(Dunn, 1980). 한편 Numabe 등(2000)은 산차에 따른 유산율의 차이가 없었으나, Sreenan와 Diskin(1989)은 임신 50일 이후에는 미경산우의 유산율이 높음을 보고하여 본 연구와 유사한 경향이였다. 미경산우의 유산율이 높은 것은 자궁 크기가 경산우에 비하여 작기 때문이며, 이러한 경향은 본 연구의 결

과에서도 확인할 수 있었다(Fig. 5).

Mapletoft 등(1986)은 BCS가 2~3인 수란우가 임신율이 높았으며, 황 등(2004)은 오히려 BCS가 낮을수록 임신율이 높은 경향이였다. 한편 본 연구에서도 BCS 점수의 차이는 있지만, 대체로 BCS가 3.0~3.9인 중간정도의 영양 상태를 가진 수란우의 임신율이 다소 높았으며, BCS 3.0 미만인 수란우는 수태율이 낮은 경향으로 황 등(2004)과는 반대였다. Silke 등(2002)은 BCS가 낮은 젖소에서의 임신 초기 유산율이 약 2.4배 정도 높았다. 본 연구에서도 BCS가 3.0 미만인 수란우가 임신율은 낮았으나, 유산율은 오히려 높았다. 임신의 성립과 유지에는 모축의 충분한 영양 수준이 요구되며, 특히 이식 후 착상된 수정란은 성장에 필요한 영양분을 모체로부터 공급받아야 한다(Dunn, 1980). 따라서 영양상태가 나쁜 수란우는 태아의 성장과 임신을 최적 상태로 유지할 수 없기 때문에 수란우 선정에서 제외하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

발정의 발현은 수정란 이식에 있어서 이식시기를 결정하는 중요한 지표이고, 수정란을 대량으로 이식하기 위해서도 발정 유도가 필요하다. Walton 등(1986)은 자연발정 또는 발정동기화된 수란우의 임신율 차이가 있었으나, Peterson과 Lee(2003)는 발정 발현 방법에 따라 인공수정과 수정란이식 후 임신율의 차이가 없었다. 한편 본 연구에서는 Peterson과 Lee(2003)의 보고와 같이 발정 발현과 유도 방법에 따른 임신율의 차이가 없었으며, 유산율도 비슷한 경향이였다. 특히 본 연구에서는 발정의 발견 실수 또는 발정 증상이 없더라도 외음부에서의 출혈을 확인한 경우에 약 2일 전에 발정이 왔던 것으로 추정하여 수정란 이식을 하여 다른 방법과 유사한 임신율을 얻을 수 있었기 때문에 출혈 발정을 나타낸 수란우도 수정란 이식에 충분히 활용할 수 있다고 사료된다.

Niemann 등(1985)은 C등급의 황체를 가진 수란우의 임신율이 높았으나, 본 연구와 황 등(2004)은 A등급 황체를 가진 수란우의 수태율이 다소 높은 경향이였다. 유산율도 A등급 수란우가 다소 높았으나, 유의차는 인정되지 않았다. 임상에서 황체 평가에는 촉진법이 이용되므로 시술자에 따라 평가기준에 차이가 있기 때문에 이식 단계에서 황체

크기의 축진은 임신 및 유산과의 관련성이 낮은 것으로 판단된다. 그러나 석 등(1983)의 보고와 같이 황체가 뚜렷하게 형성된 수란우의 혈중 progesterone 분비가 왕성하기 때문에 황체의 형성이 양호한 수란우를 선발하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

자궁의 용적이 작은 수란우가 임신 초기(25~65 일)에 더 많은 태아 손실이 발생하였고(Sakakibara 등, 1996), 이러한 태아 손실의 원인은 자궁 용적의 감소 또는 태아와 자궁벽 사이의 접촉면 감소(Rowson 등, 1971) 및 태반염수와 관련(Sakakibara 등, 1996)이 있다고 하였다. 본 연구에서도 유의한 차이는 없었으나, 자궁 크기가 작을수록 임신율이 증가하였고, 유산율도 높아지는 경향이였다. 이러한 원인은 수정란이식에서 난소보다 자궁의 상태가 임신율에 더 중요하기 때문이며(Peterson과 Lee, 2003), 이식 후의 유산 등을 고려하면 자궁 용적이 충분한 수란우를 선발하는 것이 임신과 태아의 성장에 매우 중요하다고 생각된다.

인공수정의 경우에 우측자궁의 임신율이 다소 높은 경향이였고(Ghafouri 등, 1980), 수정란 이식에서도 우측 자궁각의 임신율이 좌측 자궁각에 이식한 경우보다 약간 높다고 하였다(황 등, 2004). 한편 자궁의 좌우 방향성과는 별도로 황체 반대측의 자궁각에 이식되었을 경우에는 두 자궁각 사이의 progesterone 농도 차이와(Pope 등, 1982; Weems 등, 1988) 황체와 자궁각의 부조화로 인해 태아의 생존력이 낮다고 하였다(Campo 등, 1983). 본 연구에서는 자궁각에 따른 유산율과 임신율의 차이가 없었다. 이것은 Pope 등(1982)과는 달리 본 연구에서는 모든 수정란을 황체가 존재하는 쪽의 자궁각에 이식하였기 때문일 것이다.

적 요

본 연구는 임상 조건하에서 수정란이식의 효율성 증대를 위하여 수란우 축단의 산차, 체점수(BCS), 발정 발현과 유도, 황체 형태, 자궁 크기 및 자궁각 위치가 체외수정란이 이식된 수란우의 임신과 유산에 미치는 효과를 검토하였다. 미경산우의 임신율(43.5%)이 경산우(33.6%)에 비하여 유의

하게 높았으나, 유산율(12.6 vs. 7.5%)은 유사한 경향이였다. BCS에 따른 임신율은 차이가 없었으나 유산율은 BCS 3.0 미만군(55.6%)이 3.0~3.9군(10.8%)에 비하여 유의하게 높았다. 수란우의 발정 발현과 유도 방법, 황체 형태, 자궁 크기 및 자궁각 위치에 따른 임신율과 유산율은 유사한 경향이였다.

참고문헌

- Boland MP, Crosby TF and Gordon I. 1976. Birth of twin calves following a simple transcervical non-surgical egg transfer technique. *Vet. Rec.*, 99:274-275.
- Broadbent PJ, Stewart M and Dolman DF. 1991. Recipient management and embryo transfer. *Theriogenology*, 35:125-139.
- Chagas ESJ, Cidado MR and Lopes DCL. 1999. Effect of parity and type of estrus of recipient on pregnancy rate following embryo transfer in dairy cattle. *Abst., Proc. of the 15th Scientific Meeting of the AETE. Lyon, France*, pp. 132.
- del Campo MR, Rowe RF, Chaichareon D and Ginther OJ. 198. Effect of the relative locations of embryo and corpus luteum on embryo survival in cattle. *Reprod. Nutr. Dev.*, 23:303-308.
- Dochi O, Yamamoto Y, Saga H, Yoshida N, Kano N, Maeda J, Miyata K, Yamauchi A, Tomimaga K, Oda Y, Nakashima T and Inohae S. 1998. Direct transfer of bovine embryos frozen-thawed in the presence of propylene glycol or ethylene glycol under on-farm conditions in an integrated embryo transfer program. *Theriogenology*, 49:1051-1058.
- Donaldson LE. 1985. Matching of embryo stages and grades with recipient oestrus synchrony in bovine embryo transfer. *Vet. Rec.*, 117:489-491.
- Dunn TG. 1980. Relationship of nutrition to successful embryo transplantation. *Theriogenology*,

- 13:27-39.
- Ghafouri MTA, Ludwick TM, Rader ER and Marcinkowski DP. 1980. Some effects of side of pregnancy on performance in dairy cattle implications on embryo transfer procedures. *Theriogenology*, Abst., 13:96.
- Hasler JF, Henderson WB, Hurtgen PJ, Jin ZQ, McCauley AD, Mower SA, Neely B, Shuey LS, Stokes JE and Trimmer SA. 1995. Production, freezing and transfer of bovine IVF embryos and subsequent calving results. *Theriogenology*, 43:141-152.
- Hasler JF, McCauley AD, Lathrop WF and Foote RH. 1987. Effect of donor-recipient interaction on pregnancy rate in a large-scale bovine embryo transfer program. *Theriogenology*, 27:139-168.
- Hasler JF. 2001. Factors affecting frozen and fresh embryo transfer pregnancy rates in cattle. *Theriogenology*, 56:1401-1415.
- Kruip TAM and den Dass JHG. 1997. *In vitro* produced and cloned embryos: effects on pregnancy and offspring. *Theriogenology*, 47:43-52.
- Mapletoft RJ, Lindsell CE and Pawlyshyn V. 1986. Effects of clenbuterol, body condition and non-surgical embryo transfer equipment on pregnancy rates in bovine recipients. *Theriogenology*, Abst., 25:172.
- Nelson LD and Nelson CF. 1985. Effect of estrus detection and corpus luteum development on pregnancy rates in bovine embryo recipients. *Theriogenology*, Abst., 23:212.
- Niemann H, Tenhumberg H, Sacher B and Kruip B. 1985. Pregnancy rates after nonsurgical transfer of cattle embryos frozen and thawed by a field method. *Anim. Breed. Abst.*, 53:206-207.
- Numabe T, Oikawa T, Kikuchi T and Horiuchi T. 2000. Production efficiency of Japanese black calves by transfer of bovine embryos produced *in vitro*. *Theriogenology*, 54:1409-1420.
- Peterson AJ and Lee RSF. 2003. Improving successful pregnancies after embryo transfer. *Theriogenology*, 59:687-697.
- Pope WF, Maurer RR and Stormshak F. 1982. Distribution of progesterone in the uterus, broad ligament and uterine arteries of beef cows. *Anat. Rec.*, 203:245-250.
- Rowson LEA, Lawson RAS and Moor RM. 1971. Production of twins in cattle by egg transfer. *J. Reprod. Fertil.*, 25:261-268.
- Sakakibara H, Kudo H, Boediono A and Suzuki T. 1996. Induction of twinning in Holstein and Japanese Black cows by ipsilateral frozen embryo transfer. *Anim. Reprod. Sci.*, 44:203-210.
- Schmidt M, Greve T, Avery B, Beckers JF, Sullon J and Hansen HB. 1996. Pregnancies, calves and calf viability after transfer of *in vitro* produced bovine embryos. *Theriogenology*, 46:527-539.
- Silke V, Diskin MG, Kenny DA, Boland MP, Dillon P, Mee, JF and Sreenan JM. 2002. Extent, pattern and factors associated with late embryonic loss in dairy cows. *Anim. Reprod. Sci.*, 71: 1-12.
- Sreenan JM and Beshan D. 1976. Embryonic survival and development at various stages of gestation after bilateral egg transfer in the cow. *J. Reprod. Fert.*, 47:127-128.
- Sreenan JM. 1983. Methods of consistent supply, recovery and transfer of embryos in cattle. In: *Strategies for the most efficient beef production*, Proc. Int. Symposium Beef Prod. Kyoto, pp. 197-212.
- Sreenan JM and Diskin, MG. 1987. Factors affecting pregnancy rate following embryo transfer in the cow. *Theriogenology*, 27:99-113.
- Sreenan JM and Diskin MG. 1989. Effect of unilateral or bilateral twin embryo distribution on twinning and embryo survival rate in the cow. *J. Reprod. Fertil.*, 87:657-664.

- Suzuki T, Shimohira I, Sakai Y, Matauda S, Miura H and Itoh K. 1986. Twinning in bovine by ipsilateral embryo transfer. *Jpn. J. Anim. Reprod.*, 32:44-47.
- Walton JS, Martineau NA and Stubbings RB. 1986. Pregnancy rates in Holstein embryo transfer recipient: Effect of treatment with progesterone or clenbuterol and of natural versus induced cycles. *Theriogenology*, 26:837-845.
- Weems CW, Lee CN, Weems YS and Vincent DL. 1988. Distribution of progesterone to the uterus and associated vascularize of cattle. *Endocrinol. Jpn.*, 35:625-630.
- Wright JM. 1981. Non-Surgical embryo transfer in cattle: embryo-recipient interactions. *Theriogenology*, 15:43-56.
- Xu ZZ, Burton JR, Burton LR and Macmillan KL. 1995. Reproductive performance of synchronized lactation dairy cows. *Proc. NZ. Soc. Anim. Prod.* 55:242-244.
- 석호봉, 이광원, 신용식, 김호승, 조윤형, 지석하, 오대균, 임경순, 알피엘스텐. 1983. 소의 동결 수정란이 수태에 미치는 영향. *한국축산학회지*, 25: 369-374.
- 손동수, 김일화, 류일선, 연성흠, 서국현, 이동원, 최선호, 박수봉, 이충섭, 최유림, 안병석, 김준식. 2000. 젓소 MOET Scheme의 추진을 위한 수정란 생산 및 이식. *한국수정란이식학회지*, 15:57-65.
- 황환섭, 장현용, 김성곤, 김종택, 박춘근, 정희태, 김정익, 양부근. 2004. 한우 체외성숙, 체외수정란의 수정란이식에 관한 연구. *한국수정란이식학회지*, 19: 1-10.

(접수일: 2004. 12. 30 / 채택일: 2005. 2. 20)