

# 수정란이식 기술의 과거와 현재

손 동 수

축산연구소 가축유전자원시험장



# 수정란이식 기술의 과거와 현재

손 동 수

축산연구소 가축유전자원시험장

## 1. 수정란이식에 의한 자축의 생산 성공 사례

세계 최초로 동물의 수정란이식이 토끼에서 성공한 1890년으로부터 81년후인 1971년에 국내에서는 충남대학교 전창기 교수에 의해 수정란이식으로 자토를 생산한 보고가 있다(전, 1971). 소에서 수정란이식의 성공은 건국대 정길생 교수팀이 1982년 11월 15일에 송아지를 생산하였고(정 등, 1983b), 돼지에서는 국립종축원 이광원 박사팀이 1987년 4월 24일 수란돈의 난관에 7개의 수정란을 이식하여 1987년 8월 17일 자돈 6두를 생산하였다(이 등, 1988). 산양에 있어서는 1987년 전남대 나진수 교수팀에서 재래산양의 자양생산을 보고하였다(나 등, 1987).

국내에 수정란이식 기술의 도입이 된지 약 25년이 경과한 현시점에서 수정란이식 기술을 이용한 첨단생명공학 기술은 세계적인 수준에 도달하여 훌륭한 성과를 올리고 있으나 가축의 육종·번식에서 그 활용도가 높은 소의 수정란이식에서는 외국에 비하여 성과가 저조한 실정이다.

국내 소 수정란이식의 산업화를 위해 초창기에 이미 선임연구자들에 의해 여러가지 방안이 제시된 바가 있으나 우리는 일부분만 수용하고, 시행착오를 겪으면서 현재에 이르렀다. 정(1983c)은 수정란이식의 산업화 방안에서 산업적 이용가치는 ①가축의 개량수단, ②생축도입의 대체수단, ③특수품종의 증식수단, ④농가소득의 증대방안, ⑤육류증산의 수단, ⑥학문연구의 수단으로 수정란이식 기술의 국내도입과 그 보급의 필요성을 역설하였다. 또한 산업화 방안으로 현실적 과제의 해결에서 ①효율적인 다배란 유기법의 개발, ②채란방법의 개선, ③동결기술의 확립, ④위생대책의 수립, ⑤기술자의 양성, ⑥우수한 공란우의 확보를 지적하였으며, 미래지향적 기술의 개발에서는 ①난소로부터 난자를 회수하는 방법, ②분할구 배양법, ③핵이식, ④수정란의 절단, ⑤수정란

의 성감별을 제시한 바 있다.

따라서 수정란이식 기술의 활성화를 위해 그 동안 국내에서 이루어진 소 수정란이식 기술의 과거와 현재를 반추해 보고자 한다.

## 2. 수정란이식 기술에 의한 송아지 생산 성공 사례

소에서 수정란이식은 1976년부터 4년간 축산시험장에서 PMSG를 이용한 한우 과배란유도 및 채란 연구를 실시하였으나 성과를 거두지 못하였다가 1982년 과배란처리후 회수한 수정란을 수란우에 이식하여 3두가 임신되었다고 하였다. 젖소 또는 육우 수정란을 한우 및 교잡우에 이식하는 이품간이식시험과 자연교배후 수정란추가이식 또는 수정란 2개 이식의 쌍태송아지 생산시험을 실시하였다(서 등, 1976; 김 등, 1979; 김 등, 1982; 김 등, 1983).

고 등(1981)은 1979년부터 1980년까지 수행한 시험에서 한우 과배란유기로 회수한 수정란을 인공수정후 황체 반대측의 자궁각에 비외과적으로 수정란을 이식한 결과 1두가 임신되었으나 이는 인공수정에 의한 임신으로 판단하였다.

건국대 정길생 교수팀에서는 1981년 2월부터 수정란 채란 및 이식 시험을 실시하여 1982년 11월 15일 샤로레 수란우에서 샤로레 송아지가 태어나므로서 국내에서 수정란이식에 의해 생산된 최초의 송아지 “두산샤돌”이다. 또한 한우 수란우에 일본에서 도입한 젖소 동결수정란을 이식으로 한우에서 순수한 홀스타인 송아지 “한홀 1호”가 1983년 4월 19일 태어났다(정 등, 1983b).

구와 정(1982)은 1981년 12월부터 젖소 공란우를 과배란처리하여 회수한 수정란을 수란우 6두에 이식하여 1두가 임신되었다고 했다.

국립종축원 이광원 박사팀은 1982년 7월부터 미국으로부터 도입한 젖소 동결수정란을 젖소 수란우에 이식하여 1983년 4월 11일 최초로 수정란이식에 의한 젖소 송아지가 분만되었다(손, 2002).

김 등(1988)은 10개월령의 미성숙 공란우 한우에서 생산된 수정란을 이식하여 1두의 송아지를 분만하는데 성공하였으며, 정 등(1989)은 젖소 체내수정란을 bisection하여 이식한 수란우에서 1두의 송아지가 분만하였다고 했다.

황 등(1993)은 한우 동결정액을 사용하여 1993년 11월 국내 최초로 체외수정 유래 송아지 생산에 성공하였으며, 손 등(1994)은 사람성장호르몬 재조합유

전자가 주입된 체외수정란을 이식하여 송아지 생산에 성공하였으나 유전자가 발현되지 않았다. 한편, 손 등(1997)은 한우 체내수정란을 분할 이식하여 1개의 수정란으로부터 일란성쌍태 한우 송아지를 1994년 생산하였다.

오 등(1995)은 체외동결수정란의 직접이식법에 의해 송아지 생산에 성공하였고, 정 등(1995)은 유리화 동결한 체외수정란 이식에 의한 한우 송아지 2두를 생산하였다고 하였다.

황 등(1995)은 수정란의 할구를 핵이 제거된 난자에 주입하여 핵치환기술에 의한 복제 송아지를 1995년 1월 29일 생산하는데 성공하였다.

오 등(1996)은 PCR방법에 의한 성감별 수정란을 이식하여 성감별 결과와 일치하는 송아지를 생산하였다.

한 등(1996)은 유전자조작으로 락토페린을 우유에서 생산하는 형질전환 젖소 송아지 “보람이”를 생산하였다.

이 등(1998b)은 임신중인 소로부터 초음파 유도에 의한 난포란을 채취하여 체외수정후 이식으로 송아지 생산에 성공하였다.

황 등은 성숙한 젖소 자궁세포를 이용하여 체세포복제기술에 의한 송아지 “영롱이”를 1999년 2월에 생산하였으며, 그 해 3월에는 한우 체세포복제 송아지 “진이”를 생산하였다(이 등, 2000).

### 3. 공란우 과배란처리

1980년대 초의 과배란처리에 사용된 성선자극호르몬의 대부분은 사용하다가 편리하고 가격이 저렴한 PMSG(Pregnant mare serum gonadotropin)가 주로 사용되었다(고 등, 1981; 구와 정, 1982; 임 등, 1983; 정 등, 1983a). 그러나 PMSG는 1회 주사로 과배란을 유기할 수 있으나 반감기가 길어 난자의 수정과 수정란의 초기 발달에 나쁜 영향을 주어 채란된 수정란 중에서 이식가능수정란 수가 적고 채란후에도 성숙난포들이 계속 존재하여 낭종화 우려가 있기 때문에 고가의 가격과 1일 2회 투여해야 하는 번거로움이 있으나 이식가능수정란 수가 PMSG보다 더 많이 생산되는 FSH(Follicle stimulating hormone)으로 대체되었다(양, 1994). 그러나 FSH의 12시간 간격으로 6~10회 투여해야 하는 불편한 점을 해소하기 위해 FSH를 PEG(Polyethyleneglycol) 용액에 용해하여 1

회 투여로 체내흡수를 지연시키는 방법이 개발되어 활용되었다(임 등, 1998a, b; 최 등, 2002). 또한 FSH의 제조회사에 따라 FSH와 LH의 비율 차이에 따른 이식가능수정란의 회수에 변이가 있어 이에 따른 연구도 이루어졌다(김 등, 1997a, b, c, d; 손 등, 1997b; 김 등, 2002b). 반복 과배란처리기간은 호르몬의 종류에 따라 다소 차이가 있으나 60~100일에서 이식가능수정란이 많이 회수되었다(김 등, 1997a; 임 등, 2000)

과배란처리를 위해서는 공란우의 발정후 9~14일에 성선자극호르몬을 투여해야 하는데 반복적인 과배란처리 및 간격 단축을 위해서는 자연적인 발정발현 상태를 관찰하여 처리하는데 어려움이 있었으나 황체호르몬방출 질내삽입장치(Intravaginal progesterone release devices)를 이용하여 공란우의 발정발현과 상관없이 과배란처리 시기를 조절하여 처리하고 있다(손 등, 2004b; 한 등, 2004).

한편, 과배란처리시 난소에 우세난포가 존재하면 과배란 처치에 대한 난포의 생성과 발육에 나쁜 영향을 미치므로 초음파 유도장치에 의해 제거하므로서 이식가능수정란의 회수를 증대하였는 연구보고도 있다(이 등, 1999a; Kim 등, 2001).

미성숙 및 성숙 미경산우 단계에서 수정란을 회수하였다가 능력이 판정된 후 사용하므로서 조기에 수정란을 확보하는 연구도 이루어져 김 등(1988)은 7~10개월령 미성숙 공란우와 12~18개월령 성숙 미경산우에서 PMSG에 의한 과배란 유기로 수정란을 미성숙 공란우에서 2.3개, 성숙 공란우에서 6.0개 회수하였다.

#### 4. 도축난소 이용 체외수정란 생산

난포란의 체외성숙, 체외수정 및 체외배양은 수정란이식 분야의 다양한 시범을 위해 적은 비용으로 수정란을 다량 생산할 수 있기 때문에 다른 분야보다 연구가 활발하게 이루어져 황 등(1993)이 국내 최초로 체외수정 유래 송아지 생산에 성공한 이후 한 등(1994), 박 등(1994) 및 정 등(1994)이 뒤따라 송아지를 생산하는데 성공하였다. 그 외에도 많은 대학과 연구실에서 체외수정란이식으로 송아지가 분만되므로서 수정란이식 연구와 산업화에 급진적인 발

전을 이루었다. 그러나 체외수정란에 의해 생산되는 송아지가 과체중으로 인하여 분만사고의 발생율이 높은 문제점이 대두되었으나 체외수정란의 배양방법 개선으로 이러한 문제점들이 크게 감소하였으며, 특히 최근에는 무혈청배지를 이용하여 양질의 체외수정란이 생산되고 있다(정 등, 2004a). 그리고 체외수정란은 혈통을 알 수 없는 수정란이라는 것을 불식시키기 위해 일부 연구실에서는 도축시 개체별 난소를 표시하여 수정란을 배양하므로써 혈통이 확인되는 체외수정란도 생산하고 있다(정 등, 2004b).

## 5. 생체난자채취(OPU)에 의한 체외수정란 생산

과배란처리에 의한 체내 수정란의 생산은 제한적이며 생산비가 고가로서 한계성이 있고, 도축 난소를 이용한 체외 수정란은 개량에는 기여하지 못하는 점이 있어 생체로부터 난포란을 채취하여 수정란을 생산하는 기술에 관한 연구가 한 동안 활발히 수행되었다.

다수의 미성숙 난포란을 채취하기 위해 FSH를 사전에 투여하여 초음파 유도에 의한 난포란 채취에 관한 연구(이 등, 1997; 손 등, 1998; 조 등, 1999; 박 등, 2000b)와 주 2회 반복채란시의 효과 등(박 등, 2000a; 진 등, 2000)에 관한 연구가 이루어졌다.

초음파진단기 및 1회용 needle이 고가인 점 때문에 국내에서 간이난자채취기를 개발하여 초음파진단기와 유사한 채란성적을 얻었다(김 등, 1997e; 최 등, 1997; 박 등, 2001).

한편, 이 등(1998)은 임신 40~90일의 소로부터 초음파 유도에 의한 난포란 채취를 10일 간격으로 실시하여 체외수정후 이식가능 수정란 0.4~1.0개를 생산하였고, 임신우에서 채취한 난포란 유래 송아지를 생산하였다고 했다.

## 6. 수정란 동결

수정란이식이 산업화되기 위해서는 수정란의 이동이 자유롭고, 공란우와 수란우의 발정동기화를 위한 호르몬처리 등의 번거러움을 해소할 수 있는 동결수정란의 이식이 실용화되어야 했다.

1980년대에 수정란의 동결보호제로는 주로 glycerol를 사용하여 6단계 또는

3단계 동결법이 이용되었다(석 등, 1983a, b, c; 오 등, 1986; 노 등; 1988; 양 등, 1988). 1990년대 초 ethylene glycol에 의한 1단계 동결 용해법이 개발되어 직접이식법에 의해 목장에서 수정란 스트로를 용해하여 동결보호제 제거없이 인공수정과 동일한 방법으로 간편하게 수정란을 이식할 수 있게 되었다(오 등, 1995). 또한 수정란의 동결시 세포에 손상을 주지 않기 위해 고가의 프로그램 세포동결기를 이용하여 왔으나 동결기를 이용하지 않고 액체질소에 수정란을 직접 투입하여 동결보존하는 초자화동결법(vitrification)이 개발되었으나(정, 1995; 김 등, 1998) 아직까지는 실용화가 이루어지지 않고 있다.

## 7. 쌍태유기

수정란이식에 의한 한우의 쌍태유기 시험은 1970년대 말부터 시작되었으며, 인공수정후 수정란의 추가이식이나 수정란 2개 이식에 의해 이루어졌다(정 등, 1979; 고 등; 1981; 김 등, 1986; 오 등, 1996a).

체외수정란이식 기술과 수정란 직접이식법이 개발됨에 따라 한우 생산비의 절감차원과 각도 축산연구기관의 활성화를 위해 1995년부터 인공수정후 체외 수정란 추가이식에 의해 한우 쌍자생산사업이 실시되었으나 수정란의 생산 기술 미흡, 시술자의 경험 부족 등으로 좋은 성과를 거두지 못하였다. 그러나 이것을 계기로 하여 일부의 도 축산연구기관은 지속적이고 꾸준한 노력에 의해 이제 수정란이식 업무가 기관의 중요한 위치를 차지하고 있다.

한편, 수정란의 bisection에 의한 분할 수정란이식으로 송아지가 태어났으며(정 등, 1989), 일란성 쌍태송아지의 생산도 성공한 바 있다(손 등, 1997b).

## 8. 성판별 수정란이식

농가에서 희망하는 성조절 송아지를 생산하게 되면 개량의 속도가 빨라질 뿐만 아니라 농가의 소득 향상에 크게 기여할 수 있다. 국내에서 수정란의 성판별에 의한 암수조절 송아지를 생산하기 위해 많은 연구가 이루어져 왔다. 오 등(1996c)은 PCR기법에 의한 수정란의 성판별과 체외수정란의 발육속도가 성비에 미치는 영향조사에서 소의 난포란을 체외성숙 및 수정후 9일간 배양하였을 때에 확장배반포기 이상은 음성, 초기배반포기는 자성의 비율이 높았다

고 했다. 오 등(1996b)은 PCR방법에 의한 성감별 수정란을 이식하여 성감별 결과와 일치하는 송아지 2두를 생산한 바 있고, 김 등(2000)도 한우 체외수정란을 Biopsy하여 PCR기법으로 성감별하고 수정란이식으로 22.1%의 수태율을 나타내었다고 했다.

한편, 손 등(2005)은 PCR법보다 신속하고, 적은 장비로 간편하게 성감별할 수 있는 Lamp(Loop-mediated isothermal amplification)법을 이용하여 이식한 수란우 6두에서 2두가 임신되어 성판별과 일치하는 암송아지 2두가 분만되었다고 했다.

## 9. 수정란이식 수태율

수정란이식에 있어서 수태율에 미치는 영향에 관한 연구는 매우 다양하게 분석되어 왔다. 즉, 수정란의 동결여부(김 등, 1986; 노 등, 1988; 김 등, 1998a; 이 등, 1999b; 김 등, 2002b; 김 등, 2004)·동결방법(김 등, 1996)·융해후 이식시간(김 등, 1993)·발육단계(김 등, 1986; 양 등, 1988; 노 등, 1988)·질(양 등, 1988; 손 등, 1997a; 김 등, 2002b), 이식수정란 수(정 등, 1983c; 김 등, 1996; 조 등, 1999), 이식위치(손 등, 2000), 수란우의 품종(김 등, 1993; 손 등, 1997a; 박 등, 1997)·산차(오 등, 1986; 손 등, 1997a; 김 등, 1998b)·발정동기화(오 등, 1986; 양 등, 1988; 김 등, 1998c)·황체등급(황과 조, 1988; 김 등, 1998; 조 등, 2000)·신체충실도(손 등, 2000; 화 등, 2004)·혈중 호르몬 등 화학분석치(김 등, 2000; 김 등, 2001), 난포존재 여부(김 등, 2000), 이식시기(김 등, 1998b; 손 등, 2000)·난이도(황과 조, 1988)·시간(황과 조, 1988)·지역(김 등, 2003)·조절(김 등, 2005) 등이 대상이었다. 한편, 수란우의 황체기능을 증진시키기 위해 수란우에 hCG의 투여(박 등, 2000; 황 등, 2004) 및 bST를 투여(정 등, 2002)하므로서 수태율을 높일 수 있었으며, PG분비억제제의 투여시험구도 이루어졌다(손 등, 2004a).

## 10. 수정란이식 현황

2003년도 국내 수정란이식 현황조사(손 등, 2004)에서 체내수정란을 생산하는 기관은 17개소로 국가연구기관 4개소, 지방자치단체 연구기관 8개소, 생산

자 단체 3개소 등이었으며, 체외수정란을 생산하는 기관은 15개소로 지방자치 단체 연구 및 지도기관 8개소, 대학 3개소, 생산자단체 2개소 등이었다. 체내 수정란을 이식하는 기관 및 시술소는 11개소로 국가연구기관 3개소, 지방자치 단체 연구기관 5개소, 생산자 단체 2개소 등이었으며, 체외수정란을 이식하는 기관 및 시술소는 232개소로 대부분이 민간 시술소이며, 지방자치단체 연구기관 7개소, 대학 3개소, 생산자단체 2개소 등이었다.

연도별 수정란 채란두수는 1996년에 과배란처리된 공란우 360두를 채란하였고 두당평균 이식가능수정란이 4.2개였으나 1999년과 2000년에 채란두수와 두당평균 이식가능 수정란이 감소하였다가 2003년에는 348두에서 5.3개의 수정란을 채란하였다.

수정란 이식두수는 1996년 3,240두에서 1997년에 5,170두까지 증가한 후 매년 점차 감소하여 2000년에는 2,294두까지 감소하였다가 2002년에는 2001년보다 217%, 2003년에는 2002년보다 203%가 증가하여 17,891두를 이식하였다. 2001년부터는 젖소 수란우에 한우 수정란이식이 증가하면서 한우 수정란의 이식이 수정란이식의 대부분을 차지하고 있다. 1996년과 1998년은 체내 수정란 이식이 각각 29.7%와 23.6%이었으나 점차적으로 감소하여 이식수정란의 대부분이 체외수정란으로 2003년에는 5.3%만이 체내수정란이 이식되었다. 1996년부터 1999년까지는 동결수정란이 신선수정란보다 많은 비율로 이식되었으나 2000년부터는 점차적으로 신선수정란의 이식비율이 높아져 2003년에는 76.1%가 신선수정란이 이식되었다.

## 11. 결론

그 동안 국내 수정란이식 기술은 개발된 기술의 정착을 위한 추가적인 연구보다는 새로운 기술개발에 치중하므로써 연구실에서는 많은 발전이 있었으나 산업화하는 데는 오히려 지연되어 왔다. 수정란이식 기술이 현장에서 성공적으로 수행되기 위해서는 수정란의 다량 생산기술, 수정란 동결, 수정란 성판별, 수태율 향상 등의 현장접목기술 개발이 이루어져야 하며, 수정란 연구에 육종 및 사양전문가가 참여하여 능력이 평가된 우수한 공란우에서 수정란을 채취하여 적절하게 사양관리된 수란우에 이식하므로 수정란이식의 성과를 증

대시켜야 하겠다.

## 참고문헌

- Kim IH, Son DS, Yeon SH, Choi SH, Park SB, Ryu IS, Suh GH, Lee DW, Lee CS, Lee HJ and Yoon JT. 2001. Effect of dominant follicle removal before superstimulation on follicular growth, ovulation and embryo production in Holstein cows. *Theriogenology*. 55(4):937-945.
- 고광두, 정길생, 이기만. 1981. 한우의 수정란 이식에 관한 연구 제III보. 수정란의 비외과적 채취와 이식. *한국축산학회지*. 23(4):331-337.
- 구자홍, 정창국. 1982. 젖소의 비수술적 수정란회수 및 이식시험. *대한수의사회지*. 18(10):45-52.
- 김덕임, 서상원, 정재경, 이규승, 서길웅, 박창식, 정영채, 박병권. 2001a. 한우에 있어서 체내수정란의 생산과 이식에 관한 연구 I. 한우 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. *한국수정란이식학회지*. 17(1):23-32.
- 김덕임, 서상원, 정재경, 이규승, 서길웅, 박창식, 정영채, 박병권. 2002b. 한우에 있어서 체내수정란의 생산과 이식에 관한 연구 II. 한우 수정란 이식이 수태율에 미치는 요인. *한국수정란이식학회지*. 17(1):33-44.
- 김소섭, 최석화, 김재명, 이제협, 김재영, 박흠대. 2003. 한우 유래의 체외수정란의 이식후 임신에 관한 연구. *한국수정란이식학회지*. 18(3):237-242.
- 김소섭, 박용수, 박민철, 박흠대, 심호섭, 김남형. 2005. 한우 체외수정란이 이식된 수란우의 임신과 유산에 영향을 미치는 시술자 측 요인들. *한국수정란이식학회지*. 20(1):9-15.
- 김용준, 정구남, 이해이, 조성우, 김용수, 유일정. 2000. 한우 체외수정란 Biopsy 후 PCR 기법을 이용한 성 판정과 성감별 수정란의 이식. *한국수정란이식학회지*. 15(3):219-230.
- 김용준, 송재웅, 서세현, 정구남, 김용수, 이해리, 신동수, 조성우, 김수희. 2004. 한우 및 젖소에서 과배란 처리를 이용한 체내수정란 생산과 신선 및 동결 수정란 이식 결과. *한국수정란이식학회지*. 19(3):209-218.
- 김일화, 손동수, 이동원, 류일선, 이광원, 전기준, 손삼규. 1993. 한우 수정란의 육우 이식에 관하여. *한국수정란이식학회지*. 8(2):105-109.

- 김일화, 손동수, 이호준, 이동원, 서국현, 이광원, 장인호. 1996. 한우 체외수정란의 체외배양, 동결보존 및 이식에 관한 연구 III. 한우체외수정란의 이식. 한국수정란이식학회지. 11(2):125-135.
- 김일화, 손동수, 이호준, 이동원, 서국현, 류일선, 양병철, 이광원, 고문석. 1997d. 젖소 수정란의 생산에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 12(1):103-110.
- 김일화, 손동수, 이호준, 양병철, 최선호, 이동원, 서국현, 이광원. 1997e. 간이 난자채취기를 이용한 젖소로부터 난포란의 채취와 체외수정란의 생산. 한국수정란이식학회지. 12(1):111-116.
- 김일화, 류일선, 서국현, 이동원, 박수봉, 김현중, 연성흠, 박성재, 허태영, 이충섭, 최선호, 손동수. 2000. 수란우의 초음파진단에 의한 난소 상태 및 혈청 Progesterone 농도가 수정란이식후 수태율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 15(3):263-270.
- 김일화, 류일선, 박성재, 서국현, 이동원, 박수봉, 김현중, 연성흠, 허태영, 이충섭, 최선호, 손동수. 2001. 수란우의 혈청화학치의 농도가 수정란이식후 수태율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 16(1):47-51.
- 김정익, 유재원, 박춘근, 양부근, 정희태. 1998. 동결액의 평형방법이 초자화 동결된 소 체외수정란의 생존성에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 13(3):313-321.
- 김종국, 정구민, 임경순, 이용빈. 1988. 미성숙 및 성숙미경산우의 다배란 처리가 난소반응, 수정란 생산과 수태에 미치는 영향. 한국축산학회지. 30(5):276-284.
- 김홍률, 김덕임, 원유석, 김창근, 정영채, 이규승, 서길웅. 1997a. 한우에서 FSH-P®와 SUPER-OV®에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구 I. 다배란 처리 조건에 따른 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. 한국수정란이식학회지. 12(1):37-47.
- 김홍률, 김덕임, 박노형, 김창근, 정영채, 윤종택, 전광주. 1997b. 한우에서 FSH-P®와 SUPER-OV®에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구 II. 공란우의 조건에 따른 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. 한국수정란이식학회지. 12(1):49-56.

- 김홍률, 김덕임, 박철진, 김창근, 정영채, 이종완. 1997c. 한우에서 FSH-P®와 SUPER-OV®에 의한 체내 수정란 생산에 관한 연구 III. 계절 및 체란일에 따른 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인. 한국수정란이식학회지. 12(1):57-65.
- 김홍률, 김덕임, 원유석, 김창근, 정영채, 이규승, 서길웅, 박창식. 1998a. 한우에서 수정란 이식의 효율 증진에 관한 연구 I. 수정란의 조건이 이식 후 수태율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 13(1):53-60.
- 김홍률, 김덕임, 박노형, 김창근, 정영채, 윤종택, 전광주. 1998b. 한우에서 수정란 이식의 효율 증진에 관한 연구 II. 수란우의 조건이 이식 후 수태율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 13(1):61-67.
- 김홍률, 김덕임, 김진호, 박철진, 이문성, 김창근, 정영채. 1998c. 한우에서 수정란 이식의 효율 증진에 관한 연구 III. 이식 시기의 조건이 수정란 이식 후 수태율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 13(1):69-76.
- 김희석, 신원집, 이근상, 박항균. 1979. 한우에서의 과잉배란 유도과 비외과적 체란시험. 축산시험장시험연구보고서. pp.36-39.
- 김희석, 김영진, 권오섭, 백순용, 이근상, 정길생. 1982. 소의 수정란 체란 및 이식에 관한 연구. 축산시험장시험연구보고서. pp.49-51.
- 김희석, 김영진, 오성종, 백순용, 이근상, 정길생. 1983. 소 수정란 체란 및 이 품종간 이식에 관한 연구. 축산시험장시험연구보고서. pp.85-89.
- 김희석, 김영진, 이종문, 이근상, 정길생. 1985. 소에 있어서 다배란 유기에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 한국축산학회지. 27(4):201-206.
- 김희석, 오성종, 양보석, 유승환, 김종국, 이근상. 1986. 소에 있어서 이식 수정란의 생존성에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 한국축산학회지. 28(9):578-583.
- 나진수, 김용식, 강병규. 1987. 재래산양의 수정란이식. 한국축산학회지. 29(7):295-302.
- 노환철, 정광업, 신규용, 정병현, 백운화, 정길생. 1988. 동결수정란의 산업적 이용에 관한 연구. 한국축산학회지. 30(3):151-159.
- 박성재, 양보석, 임기순, 성환후, 양병철, 장원경, 정일정, 정기화, 심보웅, 박충생. 2000a. 한우에 있어서 초음파기기를 이용한 생체내 개체별 난자 채취

- 빈도 및 수정란 생산효율에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 15(1):1-8.
- 박성재, 양보석, 임기순, 성환후, 장원경, 정일정, 박충생. 2000b. 한우에 있어서 초음파기기를 이용한 생체내 난자 채취시 채란조건 및 수태율에 관한 연구. 한국가축번식학회지. 24(2):199-208.
- 박성재, 류일선, 이동원, 연성흙, 서국현, 허태영, 백광수, 안병석, 김일화, 손동수. 2001. 젖소 생체로부터 초음파기기와 간이 난자채취기를 이용한 미성숙 난포란의 채란. 한국수정란이식학회지. 16(2):145-152.
- 박수봉, 임석기, 우제석, 김일화, 최선호, 이장희, 김인철, 손동수. 2000. 한우 수란우의 임신율에 대한 hCG 영향과 혈장 요소태질소 수준과의 관계. 한국수정란이식학회지. 15(2):115-120.
- 박충생, 공일근, 노규진, 주영국, 송상현, 황영균, 박준규, 조성근, 전병균, 이경미, 윤희준, 최민철, 곽대오, 이효종, 최상용. 1994. 체외성숙, 수정 및 배양된 한우 체외수정란의 유우이식에 의한 산자 생산. 한국가축번식학회지. 18(1):47-54.
- 박희성. 1997. 한우 체외수정란의 이동 소요시간이 생존율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 12(3):307-313.
- 서국성, 김중계, 김희석, 이창우, 이근상, 이용빈. 1976. 한우에서의 과잉배란 유도과 비외과적 채란시험. 축산시험장시험연구보고서. pp.79-80.
- 석호봉, 이광원, 신용식, 김호중, 조운연, 지설하, 오대균, 임경순, 알피 엘스텐. 1983a. 소의 동결수정란이 수태에 미치는 영향 I. 그리세롤부유액에 의한 6단계평형의 영향. 한국축산학회지. 25(4):369-374.
- 석호봉, 이광원, 신용식, 김호중, 조운연, 오대균, 지설하, 임경순, 알디 베이커. 1983b. 소의 동결수정란이 수태에 미치는 영향 II. 서당부유액에 의한 2단계 평형의 영향. 한국축산학회지. 25(5):430-437.
- 석호봉, 이광원, 오성룡, 손동수, 윤충근, 김호중, 조운연, 오대균, 지설하, 임경순, 지디 마흔. 1984c. 소의 동결수정란이 수태에 미치는 영향 III. 5단계부유에 의한 그리세롤제거란의 외과적이식의 영향. 한국축산학회지. 26(5):429-434.
- 손동수, 김선정, 김일화, 서국현, 이광원, 상병돈, 박무균, 이철상, 한용만, 이경광, 정상원. 1994. 사람 성장호르몬 유전자가 미세주입된 체외수정란 유래의

- 송아지 생산. 한국수정란이식학회지. 9(3):229-234.
- 손동수, 김일화, 이호준, 서국현, 이동원, 류일선, 이광원, 전기준, 손삼규, 최상용. 1997a. 한우 수정란의 동결보존 및 쌍자생산에 관한 연구 I. 동결 수정란의 이식과 자우 생산. 한국수정란이식학회지. 12(1):75-89.
- 손동수, 김일화, 이동원, 서국현, 이호준, 이광원, 안병석, 신형두, 박노웅, 최상용. 1997b. 한우 수정란의 동결보존 및 쌍자생산에 관한 연구 II. 이분 수정란의 이식과 쌍자 생산. 한국수정란이식학회지. 12(1):91-102.
- 손동수, 김일화, 류일선, 연성흠, 서국현, 이동원, 최선호, 박수봉, 이충섭, 최유림, 안병석, 김준식. 2000. 젖소 MOET Scheme의 추진을 위한 수정란 생산과 이식. 한국수정란이식학회지. 15(1):57-65.
- 손동수. 2002. 수정란이식연구. 축산연구50년사. 농촌진흥청 축산연구소. pp. 485-510.
- 손동수, 배상열, 최선호, 박성재, 류일선, 서국현, 허태영, 강석진. 2004a. Flunixin meglumine투여가 수정란이식 수태율에 미치는 영향. *Reproduction & Developmental Biology*. 28(2):262.
- 손동수, 한만희, 최선호, 조상래, 김현종, 류일선, 김영근, 김일화. 2004b. CIDR 처리에 의한 한우 공란우 반복 체란기간 단축. *Reproduction & Developmental Biology*. 28(2):154.
- 손동수. 2004c. 한국의 수정란이식 현황 및 활성화 방안. 한국과 일본의 소 수정란이식 실용화 연구현황과 활성화 방안 심포지엄. 농촌진흥청 축산연구소. pp.1-16.
- 손동수, 조상래, 최선호, 한만희, 최창용, 김현종, 조창연, 진현주, 김영근, 정연길, N. Saito, S. Kageyama. 2005. 한우 체내수정란의 성관별후 이식으로 송아지 생산. 한국동물번식학회 학술발표대회. submitted.
- 손우진, 강태영, 조성근, 심보웅, 최민철, 최상용, 박충생, 이효종. 1998. 한우에서 초음파 유래와 도축장 유래 난포란을 이용한 체외 수정란 생산에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 13(2):107-115.
- 송상현, 조성근, 조상래, 심보웅, 강다원, 정기화, 손동수, 이효종, 박충생, 최상용. 2000. 한우 체외수정란을 이용한 쌍자생산에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 15(1):47-56.

- 양보석, 오성종, 유승환, 김희석, 정연후, 이근상. 1988. 한우에 있어서 다배란의 반복처리 및 동결수정란 이식에 관한 연구. 한국수정란이식연구회지. 3(1):38-42.
- 양보석. 1994. 체내 및 체외 소 수정란의 임신율에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 서울대학교 박사학위 논문.
- 오봉국, 황규춘, 이원유, 이병천, 황우석, 한재용. 1996. 웅성특이 염기서열을 이용한 소의 초기 수정란의 성감별에 관한 연구. 한국축산학회지 38(1):43-51.
- 오성종, 양보석, 김희석, 이근상, 김강식, 스피어스, 아우리. 1986. 소의 발정동기화 및 동결수정란 이식에 관한 연구. 한국축산학회지. 28(7):468-473.
- 오성종, 양보석, 이명식, 백광수, 성환후, 정진관, 임경순. 1995. 직접이식을 위한 소 체외 수정란의 동결 용해후 생존성 및 수태율에 미치는 영향. 한국가축번식학회지. 19(1):49-54.
- 오성종, 양보석, 이명식, 엄정열, 이수윤, 이인형. 1996a. 인공수정후 수정란 추가이식이 수태율 및 쌍태생산에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 11(3):301-307.
- 오성종, 양보석, 임경순. 1996b. PCR기법에 의한 수정란의 성 판별과 체외수정란의 발생속도가 성비에 미치는 영향. 한국가축번식학회지. 20(4):443-451.
- 이광원, 손동수, 김상철, 김일화, 전대규, 유일선, 이종관, 지설하, 박창식, 석호봉. 1988. 돼지 수정란 이식에 관한 연구. II. 수정란의 회수 및 이식. 한국축산학회지. 30(7):403-405.
- 이병천, 윤기영, 김정태, 이강남, 노상호, 신태영, 박종임, 김남렬, 주석천, 백남용, 이은송, 임정묵, 이우근, 황우석. 1998. 초음파 유도에 의한 소 난포란의 채취에 관한 연구 2. 임신우 유래 난포란으로부터 산자생산에 관하여. 한국수정란이식학회지. 13(1):77-86.
- 이병천, 이동원, 신수정, 박종임, 황우석. 1999a. 과배란 처치시 우세난포 조절에 의한 한우 수정란 생산성 향상에 관한 연구 I. 우세난포 처리에 따른 난소반응. 한국수정란이식학회지. 14(3):203-210.
- 이병천, 조종기, 박종임, 황우석. 2000. 국내외 체세포복제 연구 동향. 한국수정란이식학회지. 15(2):34-45(부록).

- 이호준, 윤종택, 노상호, 정연길, 손동수, 김일화, 류일선, 김창근, 정영채. 1999b. 체외생산 소 배반포의 이식에 의한 한우 쌍태 생산. 한국수정란이식학회지. 14(3):171-176.
- 이효중, 강태영, 조성근, 박준규, 손우진, 최민철, 최상용, 박충생. 1997. 과배란 처리 한우에서 초음파 유도에 의한 난자채란에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 12(2): 195-202.
- 임경순, 이용빈, 정구민. 1983. 소에 있어서 비외과적 방법에 의한 수정란의 채란 기술개발에 관한 연구. 한국축산학회지. 25(3):244-253.
- 임석기, 우제석, 전기준, 장선식, 강수원, 윤상기, 손동수. 1998a. 한우에 있어서 PEG에 용해시킨 Folltropin-V의 1회 피하주사에 의한 다배란 유도. 한국수정란이식학회지. 13(3):207-212.
- 임석기, 전기준, 우제석, 최재관, 양보석, 오성종, 윤상. 1998b. 한우에 있어서 다양한 용매에 용해시킨 FSH의 1회 주사에 의한 난소 반응. 한국수정란이식학회지. 13(3): 213-217.
- 임석기, 전기준, 박수봉, 우제석, 최재관, 연성흠, 윤상보. 2000. 한우에서 체내 수정란 생산에 영향을 미치는 요인에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 15(2):181-190.
- 전창기. 1971. 가토의 수정난자 이식에 관한 연구. 한국축산학회지. 13(1):30-36.
- 정길생, 고광두. 1979. 한우의 쌍태유기에 관한 연구. 한국축산학회지. 21(3): 237.
- 정길생, 이훈택, 박흠대, 정병현, 유승환. 1983a. 수정란이식에 의한 소의 쌍태 유기에 관한 연구 III. 수정란의 비외과적 회수. 한국축산학회지. 25(5):408-412.
- 정길생, 윤종삼, 이훈택, 유승환, 김정익. 1983b. 수정란이식에 의한 소의 쌍태 유기에 관한 연구 VI. 비외과적으로 이식한 신선 및 동결 수정란의 분만성적. 한국축산학회지. 25:424-429.
- 정길생. 1983c. 수정란이식의 산업화 방안. 한국가축번식연구회보. 7(2):41-52.
- 정병현, 지희준, 이상진, 이동희, 정태영, 정길생. 1989. 소 수정란의 Bisection과 이식에 관한 연구. 한국가축번식학회지. 13(3):164-170.
- 정세환, 이정우, 손병훈, 고재상, 문만, 조상신, 최성복, 손삼규, 정경일, 배인휴,

- 조성근, 공일근. 2002. 한우에서 bST 처리가 수정란 회수 및 수태율에 미치는 영향. 한국수정란이식학회지. 17(1):79-85.
- 정연길, 임여정, 임광택, 설현석, 송해범. 2004a. 무혈청배양액으로 생산한 체외 수정 동결란의 이식 결과. *Reproduction & Developmental Biology*. 28(2):281.
- 정연길, 설현석, 임여정, 최선호, 송해범. 2004b. 한우 고급육 생산을 위한 수정란의 생산. 제4회 발생공학국제심포지움 및 학술대회 초록집. pp.103.
- 정진관, 오성종, 양보석, 이명식, 백광수. 1995. 유리화 동결 체외수정란 이식에 의한 한우 송아지 생산. 한국축산학회 학술대회 procciding. PA9538.
- 정희태, 유재원, 박연수, 양부근, 김정익. 1994. 소 체외수정란의 체외배양 및 이식후 생존성. 한국수정란이식학회지. 9(3):221-227.
- 조성근, 심보용, 조상래, 박준규, 송상현, 박성재, 노규진, 공일권, 박희성, 정기화, 팍대오, 손동수, 이효종, 최상용, 박충생. 1999. 초음파 유도 난포란 채란에 의한 젖소 및 한우의 체외수정란과 송아지 생산. 한국수정란이식학회지. 14(2):121-129.
- 조현조, 김주현, 송상현. 2000. 한우 체외수정란이식에 의한 산자 생산. 한국수정란이식학회지. 15(3):255-261.
- 진종인, 홍승표, 정장용, 이지삼, 박희성. 2000. 젖소에서 초음파기기를 이용한 난자 채취에 있어서 손가락 촉지를 이용한 난포란의 채란. 한국수정란이식학회지. 15(3):279-286.
- 최민철, 조성근, 강태영, 박준규, 손우진, 이효종. 1997. 초음파유도 난포란 채취를 위한 기본 기술의 개발 II. 소의 마취방법과 채란기구의 개발. 한국수정란이식학회지. 12(2):211-218.
- 최수호, 박용수, 조상래, 강태영, 신상희, 강삼순, 노규진, 최상용. 2002. PEG 용해 FSH 투여방법에 따른 소 과배란 유기 및 수정란이식 효율. 한국수정란이식학회지. 17(1):67-77.
- 한만희, 손동수, 최선호, 김현중, 조상래, 김삼기, 김상희, 연성흙, 류일선, 서길웅, 이규승, 김영근. 2004. Antorin10을 이용한 과배란유기와 수정란이식. 제 4회 발생공학국제심포지움 및 학술대회 초록집. pp.118.
- 한용만, 이철상, 이정호, 김선정, 신상태, 김동훈, 이훈택, 정병현, 정길생, 김영수, 김영훈, 이곤세, 김교국, 황윤식, 이경광. 1994. 체외수정란 유래의 송아

- 지 생산. 한국가축번식학회지. 18(1):7-13.
- 한용만, 김선정, 유대열, 박정선, 이철상, 정상균, 박인영, 손보화, 최영희, 남명수, 이훈택, 정병헌, 정길생, 고대환, 김영훈, 양철성, 유욱준, 이경광. 1996. 락토페린을 우유에서 생산하는 형질전환 젖소의 개발에 관한 연구. 한국가축번식학회지. 20(4):371- 378.
- 황우석, 조충호. 1988. 소의 비외과적 수정란이식에 있어서 수태율에 영향을 미치는 요인. 한국임상수의학회지. 5(1):1-7.
- 황우석, 조충호, 이병천, 신태영, 노상호, 김성기, 전병준, 이강남, 신억익, 임홍순. 1993. 한우정액 유래 체외수정 송아지 생산에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 8(2):143-149.
- 황우석, 조충호, 한재용, 이병천, 신태영, 이원유, 송길영, 민순기, 김영찬, 구자홍, 이윤수, 민종식, 김기영, 김준선, 장중명, 임홍순, 이광원, 이수현, 김용길, 이후식. 1995. 소 핵이식 수정란에 의한 산자 생산에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 10(1):83-90.
- 황환섭, 장현용, 김성곤, 김종택, 박춘근, 정희태, 김정익, 양부근. 2004. 한우 체외성숙·체외수정란의 수정란이식에 관한 연구. 한국수정란이식학회지. 19(1):1-10.