

소

수정란 이식의 현황과 전망

서울대학교 수의과대학
교수 황 우 석

1. 수정란 이식이란?

소의 수정란은 발정시 암소의 난소에서 배란된 난자와, 자연교미 또는 인공수정에 의해 주입된 정자가 수란관에서 만나 결합된 발육이 덜된 초기생명체를 말한다.

이 수정란은 자궁을 향해 수란관을 내려오면서 2, 4, 8, 16... 세포기등으로 잘게 분할이 되며, 자궁각에는 수정 5~6일 후에 진입된다. 이때 자궁에 들어온 수정란을 착상하기 전에 몸밖으로 빼내고(채란), 이를 대리모 역할을 하는 다른소(수란우)의 자궁에 주입하여 착상, 임신, 분만을 유도하는 기술이다. 이와같은 수정란 이식은 사람, 소, 말, 돼지, 양, 개, 토끼등 대부분의 동물

에서 실험적으로는 성공을 거두었으나 본격적인 실용화는 사람(시험관 아기)과 소에서 이루어지고 있고, 특히 소는 그 경제적 효율성이 높아 능력개량 및 생산성향상을 위한 수단으로 각광을 받고 있으며 우리나라와 같이 축산여건이 불리한 국가에서는 WTO체제에 대비할 수 있는 효과적 방안의 하나로 대두되고 있다. 원래 소는 사람처럼 단태동물이기 때문에 한번의 발정주기에 1개의 난자가 배란, 임신되어 1년에 송아지 1두씩을 생산하게 되므로 유전적 능력이 아무리 우수한 어미 소일지라도 일생동안 기껏 10두 미만의 송아지 생산으로 한정되어 있다. 그러나 어미의 발정주기 중간에 호르몬제를 주사하면 많은 수의 난자가 배란되고(과배란), 여기에 어미소의 유전

능력 및 결함은 보완, 향상시킬 수 있는 정액을 선발하여 수정을 한 후 채란하면 보통 1회에 5~10개 정도의 수정란을 회수하게 된다. 한 어미로부터 연간 3~4회 채란이 가능하며 일생동안 5~7년을 공란우로 이용할 수 있기 때문에, 수정란 이식에 의한 수태율이 50%일 경우에는 어미 일생동안 약 80두 이상의 우수한 송아지를 생산할 수 있는 셈이다. (그림, 수정란 이식 개요)

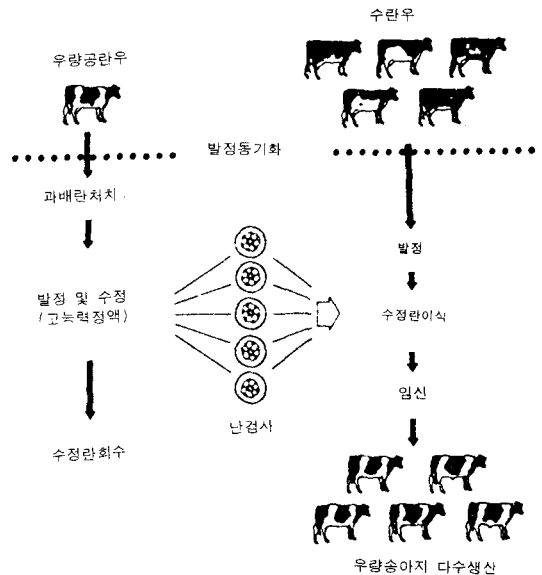
특히 한우에서는 1회에 2~3개의 수정란을 이식하여 쌍둥이 송아지를 분만시킬 수 있어, 한우의 국제경쟁력 강화에 크게 기여할 수 있게 된다. 이와같은 통상적방법의 단순 수정란 이식술에 실용화 수준에 도달한 체외수정, 핵이식에 의한 복제 수정란 생산등의 기술을 접목시키면 그 가치를 극대화시킬 수 있을 것이다. 물론 현재 연구중인 형질전환동물 생산술이 실용화 된다면 그 의의는 더욱 향상될 수 있으며, 보다 간편한 동결 보존법의 개발에 의해 현재의 인공수정과 마찬가지로 전국 어디서나 손쉽게 이용할 수 있는 바로 『우리 결의 첨단기술』이 될 것이다.

2. 수정란 이식의 장단점

수정란 이식은 젖소에서는 고능력 유전형질을 대량생산, 사육함으로써 생산성을 향상시킬 수 있다는 커다란 장점을 지니고 있다.

또한 한우나 비육우에서는 인위적으로 쌍태를 분만시켜 송아지 생산원가를 획기적으로 줄일 수 있는 점이다. 이외에도 수정란 이식과정에서 필수적으로 동반되는 공란우 및 수란우의 생식기 정밀검사과정에서 불임의 원인을 밝혀낼 수 있어

동거우군에서의 번식효율을 증진시킬 수가 있으며, 돼지나 사슴, 말 등 기타동물에서의 적용에 의한 산업적 효과와, 멸종위기에 처한 희귀동물의 대량 번식에도 응용되어 생물환경분야에 대한 공헌도 가능하다. 한편 최근 세계적으로 커다란 관심과 함께 중점 연구 과제로 등장한 특정 질환 모델 동물의 생산에도 수정란이식이 필수적 전제가 된다.



〈그림 1〉 소 수정란이식 개요도

그러나 이와같은 광범위한 장점에 반해 수행과정중 소요 비용이 고가이며, 복잡한 지식과 기술이 요구되어 고등기술자를 필요로 하고 관여단계가 다양하다는 등의 단점도 병존한다.

그외에도 생리용량보다 고단위로 투여되는 호르몬제에서 의한 부작용, 난산유발, 뜻하지 않은 (또는 고의에 의한) 생물학적 재해동물의 생산에 의한 자연 및 인간에의 재앙등도 염려되는 부

분이다. 그러나 이와같은 단점들은 전문가들의 부단한 연구개발에 의해 극복될 수 있는 문제이므로, 그 장점을 상쇄시킬 수는 없을 것이다.

3. 수정란이식의 역사 및 현황

세계적으로 수정란이식에 대한 기원은 이미 19세기말 토끼에서 처음 시도되었고, 그후 각종 실험동물 및 중소가축에서 성공한 예가 보고되었으며 소에서는 1951년 미국 코넬대학에서 첫 송아지를 생산해냈다. 그러나 1960년대 전반까지는 후속 송아지 생산이 극히 저조했으나 1964년 일본의 杉江 氏에 의해 비수술적 이식법이 성공을 거두면서 산업화에 한걸음 다가서는 계기를 만들었다. 소 수정란이식의 역사상 이 1960년대 중·후반은 중요한 역할을 담당한 시기로 구분된다. 이당시에 선각을 지닌 우리선배들이 있어서, 우리나라에서는 서울대 수의학과를 졸업한 문영석 氏가, 일본에서는 金川弘司 氏가 나란히 캐나다로 건너가 초기연구 대열에 공동으로 합류하여, 현재 문영석박사는 캐나다 브리티시 콜롬비아 대학에서, 金川弘司 박사는 일본 북해도대학에서 각기 시험관아기와 소 수정란이식 분야의 세계적 권위자로 활동하고 있다.

미국, 캐나다등 선진국에서는 이미 1970년대 초부터 산업화가 이루어져 수정란 이식회사들이 설립되어 성업중에 있다. 우리와 축산여건이 비슷한 일본의 경우는 1980년대 초부터 농가에 시험이식을 하였으며 현재는 수십 개소의 수정란이식사업소가 설립, 운영중이며 일본 북해도에 있는 十勝育成목장의 岡本 氏는 동결수정란의 이식

수태율이 70% 이상에 달해 관련분야 종사자들의 경탄을 자아내고 있다. 또한 靑邱유업 수정란 이식연구소는 94년도 1개의 수정란이식팀(4인)에 의한 수입이 3억엔에 이르고 있다.

국내에서도 1980년대 초부터 소 수정란이식에 대한 연구 및 시험사업이 개시되어 1983년에 건국대 정길생 교수팀에 의해 첫 송아지가 태어났으며, 같은해 국립종축원(현 축산기술연구소 종축개발부) 이광원 박사팀이 도입 동결수정란을 국내수란우에 이식하여 14두의 젖소 송아지를 생산하였다.

그후 몇기관 및 대학에서 관련사업과 연구를 진행하여 왔으나 뚜렷한 진전을 이루지 못해 축산농가의 관심권에서 벗어나 있었다. 그러나 1993년 필자팀에 의해 첫 시험관송아지가 탄생되고, 1994년 국립종축원 손동수 연구관팀의 수정란분할에 의한 한우 쌍태송아지 생산에 이어 금년 2월 역시 필자팀에 의한 복제송아지의 성공적 생산, 농진청 축산기술연구소 오성종 연구관팀에 의한 동결수정란의 간편한 직접이식 성공 등 연이은 개가로 인해 축산농민과 관련분야 종사자들의 관심이 고조되고 있다. 특히 농림수산부, 과학기술처등 정부당국에서도 행정적, 정책적 지원과 배려가 집중되어 각 대학 및 연구기관에서 산업화 달성에 박차를 가하고 있다. 그외에도 각시·도 종축장, 축협중앙회, 서울우유협동조합, (주)퓨리나코리아, 수개의 대규모 목장등 연관단체 및 업계에서도 많은 인원과 자금을 투입하여 실용화 연구사업을 전개하고 있는 중이다.

4. 수정란 이식의 개요

소 수정란 이식에는 약20여 단계의 크고 작은 과정이 있으나 그중 가장 중요한 기술은 공란우에 대한 과배란 유기, 공란우와 수란우간의 발정 동기화, 채란, 난검사, 수정란이식등으로 대별할 수 있다.

1) 공란우 선발 및 관리

공란우라 함은 수정란을 생산하는 유전능력이 우수한 소를 말하며, 양질의 수정란을 생산하기 위해서는 적절한 공란우의 선발이 전제가 되어야 한다.

- 공란우 선발조건

공란우는 유전적으로 우수한 형질을 보유하고 있어 생산성이 높은 소, 전염성 또는 유전성 질환에 이환 되지 않은 것, 번식능력이 좋으며 생식기 상태가 양호한 것, 신체충실도(BCS)가 양호한 소등의 선발조건을 기본으로하여 각 팀의 특성에 따라 적절한 기준을 침착하여 설정한다.

참고로 국내에서 현재 적용중인 공란우 선발기준을 살펴보면, 1994년부터 축협 유우개량사업소와 필자팀이 공동으로 수행중인 수정란이식사업(후대검정사업)의 엘리트 공란우는 ①국내 상위 5%이내의 유생산량, ②유지방율 평균 3.4% 이상, ③외모 80점 이상, ④혈통이 등록되어 있을것, ⑤정상적인 번식성적을 지니며, ⑥유전적인 불량형질이 없으며, ⑦유전능력을 기준으로한 교배계획을 수용할 것등의 모든 조건이 부합된 소만이 선발된다.

그외에 필자팀과 협동으로 수행중에 있는 서울우유협동조합 수정란 이식사업에는 상기 축협기준에 서울우유 조합원이 사육중인 종빈우로 국한하고 있으며, (주)퓨리나 코리아의 고능력 수정란사업에는 축협기준에 비해 외모점수를 약간 낮추고(78점), 유생산량을 연14,000kg이상으로 조정하여 적용하고 있다.

- 공란우 관리

양질의 수정란을 대량으로 채취하기 위해서는 공란우의 사양관리에 특히 주의를 기울여야 한다. 최상의 신체충실도를 유지하기 위해 엄선된 사료를 적절히 급여해야 하며 미량물질도 충족시켜야 한다. 공란대상우는 분만관리를 철저히 하여 난산이 야기되지 않도록 조산조치를 취하며 생식기관의 상해, 후산정체 등에 대한 적기처치가 필요하다.

분만후에는 정기적인 생식기 검진으로 산후 수복을 촉진하여 생리적 공태기를 단축시키며, 적기에 우량 수정란을 생산할 수 있는 체조건을 유지시킨다.

2) 과배란 처치 및 수정

공란우에 생리적용량 이상의 성선자극 호르몬(GTH)을 주사하여 한번의 발정에 많은 수의 난자가 배란될 수 있도록 유도하는 것을 과배란 처치라 하는데, 다량의 수정란을 얻기 위해서는 공란우의 정상적 발정주기, 성선자극호르몬제의 종류 및 투여용량, 적절한 투여시기 등의 요인이 관여된다. 과배란처리는 다음 발정일을 예측하여 발정주기중 9~14일 사이에 난포자극호르몬

(FSH)이나 임마혈청성 성선자극 호르몬(PMSG)을 투여하는데 필자의 경우는 난포자극 호르몬을 제13일째부터 매12시간 간격으로 8~10회로 나누어 용량을 줄여가며 주사하는 방법(감량법)을 채택하고 있다. 이 방법은 단1회 주사하는 PMSG법에 비해 양질의 수정란을 다수 생산할 수 있으며, 과배란처리 이후 공란우에 후유증으로 야기되는 번식성에도 장애가 적어 세계적으로 선호되고 있으나, 반감기가 짧아 일정시간에 반복적인 주사가 필요하다는 점 때문에 현재 주사 후 체내 흡수를 지연시킬 수 있는 부형제에 대한 연구가 진행중이다.

과배란 처치후 공란우는 다른 소가 자신에게 승가하는 것을 허용하는 「승가허용」 발정만을 진발정으로 선택해야 한다. 공란우에 대한 수정은 유전능력을 기준으로 교배계획을 수립하여 정액을 선정해야 하며, 일반소의 경우는 발정시 1개의 정액 스트로를 수정적기에 주입하는 것으로 충분하나, 과배란 처리된 공란우는 발정발견 당일, 다음날 아침 및 저녁 등 2~3회에 걸쳐 1회 2 스트로씩의 정액을 주입해야 한다(총 4~6 스트로 소요).

일반적으로 과배란 처치된 소는 동시에 배란되지 않고 일정시간을 경과하여 불규칙한 배란이 이루어져 처음 배란된 난자와 후에 배란된 난자 사이에는 시간차가 생기게 되며, 이는 정상 수정란으로의 발육에 장애요인이 된다. 이와같은 배란시간차의 문제 해결책으로 배란촉진제인 성선자극호르몬 방출호르몬(GnRH)을 수정시에 주사하여 수정란 생산효율을 증진시키는 노력을 기

울이기도 한다.

3) 수정란의 채란

배란후 정자와 결합된 난자, 즉 수정란은 수란관을 따라 자궁각으로 내려오면서 2, 4, 8... 세포 등으로 난분할이 이루어진다. 소에서는 일반적으로 배란 4~5일 후에 수정란이 자궁각 선단부에 도달되므로 개복술을 이용하지 않는 비수술적 채란은 6~8일 후에나 가능해진다. 이 시기 이전의 채란은 공란우를 개복후 수란관과 자궁각을 몸밖으로 꺼내어 실시하는데, 수술에 따르는 각종 위험, 경비, 후유증 등으로 인해 현재는 세계적으로 이용되지 않고 있다. 또한 이 시기이후에는 발육이 더욱 진전되어 수정란 주위를 둘러싸고 있는 투명대라는 구조물이 깨지면서(부화) 착상을 위한 준비단계에 들어가게 되어 실제적으로 이식에 이용하기가 불가능해진다.

채란 대상 공란우는 안정된 위치에 보정하여 수회에 걸쳐 외음부 및 그 주위에 대한 세척, 소독을 반복함으로써 청결하게 준비하고 미추경막외 마취를 하여 채란과정중 발생할지도 모를 돌발적인 생식기 상해를 방지한다. 술자는 특수하게 제조된 채란용 멸균 카테터를 자궁각 심부까지 삽입하여 적절한 용량(10~30ml)의 공기를 주입, 공기주머니를 형성시켜 카테터를 고정시킨다. 그후 500~1000ml의 채란용 관류액을 자궁각 내로 주입하고 가벼운 자궁맛사지에 의해 주입된 관류액을 배출시켜 회수용 용기에 모은다. 동일한 작업을 반대측 자궁각에서도 실시함으로써 채란과정이 완료된다. 이런 과정은 3인 정도

의 술자 및 보조자와 협동작업으로 수행하는 것이 좋다.

4) 수정란의 검사 및 선별

회수된 자궁관류액은 하부배출구가 형성된 수정란 채란용 플라스크에 30분이상 정치시킨 후 하부 침전물과 관류액 약100~150mℓ를 검란에 이용한다. 이방법은 수정란에 가해지는 외부충격은 적으나 검경에 오랜 시간이 소요되어, 최근에는 수정란의 직경보다 적은 그물코를 지닌 수정란 여과기를 이용하여 정치과정을 생략함으로써 시간을 단축하는 방법이 개발되어 많이 응용되고 있다. 어느 방법이던지 회수액을 샤페에 붓고 가볍게 돌려 수정란이 원심력에 의해 중앙으로 모이게 하여 10~40배 수준의 실체 현미경 하에서 수정란을 찾아낸다. 물론 이런 수정란 검란 과정은 실수에 의해 찾지 못하는 경우에 대비, 2~3회의 반복 및 복수의 술자에 의한 교차 검사가 효과적이다.

회수된 수정란은 좀더 높은 배율의 현미경하에서 형태 및 발육단계, 질등을 검사하여 판정하고 기록하게 된다. 이때의 판정기준은 미리 정하여야 하며 모든 과정이 현미경하에서 이루어지기 때문에 그 감별에는 발생학적 기초지식과 경험이 요구된다. 먼저 미수정란, 변성란, 정상란으로 대별하며, 정상란은 다시 투명대, 위란강, 할구, 포배강, 내부세포괴 및 영양막세포의 건전성을 중심으로 우량란, 우수란, 보통란 등으로 구분하여 수란우에의 이식, 동결보존, 핵이식 수정란의 작성 등에 이용한다.

5) 수란우의 선별 및 관리

수란우는 이식받는 수정란을 수태하여 임신, 분만, 포유 등 즉, 대리모 역할만 하기 때문에 공란우와는 달리 특별한 혈통이나 능력을 중시하지 않아도 된다. 그러나 수란우로 선발되기 위해서는 체격, 생식기 상태, 영양상태, 질병이완, 번식력 등의 조건이 적격으로 부합되어야 한다. 즉 체격조건으로는 생후 15개월령 이상, 체중 350kg(한우의 경우 300kg)이상으로 충분히 발육되어야 하며, 질 또는 자궁에 염증성 질환이 없고, 난소에는 정상난포 또는 황체를 지니고 있어 발정주기가 반복되고 있으며, 신체충실도가 2.5~3.0사이에 있고, 전염성 또는 분만이상력(유산, 조산, 사산)이 없이 수태능력이 좋은 소라야 한다.

수란우는 양질의 농후사료와 조사료로 균형잡힌 영양을 공급하여 정상적성장 또는 신체유지를 할 수 있어야 한다. 또한 우결핵이나 브루셀라 등 법정전염병 이환여부를 검진하여 수정란이식 후 중도 폐기되는 일이 없도록 해야하며 전염성 비기관염(IBR), 아까바네 병 등에 대한 예방접종을 실시하여 태아의 유산, 조산, 사산 원인이나 기형 태아 분만 위험을 사전에 방지해야 한다.

6) 수정란의 이식

수정란 이식에 의한 수태율은 이식수정란의 질, 수란우의 상태, 이식술 등에 의해 결정되며 특히 수란우의 선정과 이식술은 인위적노력과 기

술에 의해 좌우되는 핵심요인이다.

- 이식대상 수란우의 선정

수정란을 이식 받을 수란우는 무엇보다도 먼저 공란우 또는 수정란과의 발정일이 동일 또는 근접해야 한다. 이를 발정동기화라 하는데 많은 사육우중에 자연 발정일이 동기화되는 경우와 호르몬제를 주사하여 인공적으로 특정일에 발정을 유도하는 방법이 있으나 수정란이식후 수태율은 자연발정을 이용할 때가 보다 높다.

발정이 발현된 수란우는 다음날 직장검사로 배란 여부를 확인하여 수정란과 수란우와의 「배란 동기화」를 확인하면 수태율을 더욱 향상시킬 수 있다. 일단 발정이 동기화된 수란우는 이식전에 전반적인 생식기의 정상성과 황체의 크기 및 형태 등을 직장검사로 정밀하게 확인하여 최종 이식가능 여부를 판단한다.

비정상 생식기 검사에서는 배뇨시 찢끔거리거나, 직장검사에서 질의 기저부에 역류되어 저류된 소변을 확인할 수 있는 요질, 배변후 외음부 주변에서 마치 「방귀」소리같은 흡기음을 발하는 기질 등을 검진할 수 있다.

지저분한 분비물이 배출되거나, 질벽이 붓고 충혈된 것으로 질의 감염(질염)을 확인할 수 있으며, 직장검사로 자궁경관이 부어 있거나 단단한 결체조직으로 변한 자궁경관염, 좌우 자궁이 대칭성을 상실하거나 자궁벽이 두꺼우며 자궁내 분비물이 고여 있어 파동감을 느낄 수 있는 것은 자궁내막염임을 알 수 있다.

임신 50~60일령의 자궁에서와 같이 내용물이 양측 자궁각에 저류되어 있을 때는 자궁축농증,

자궁점액증 또는 자궁수종 등을 의심해야 한다.

난소에서는 난포낭종, 황체성낭종, 낭종성황체 등과 같은 난소낭종이나 난소위축, 기능부전 또는 영구황체등 비정상 난소상태를 확인하여 이식대상우에서 제외시켜야 한다. 상술한 생식기 이상 여부의 검진을 거친 수란우는 정밀한 황체검사를 하여 우선순위를 결정한다.

참고로 필자의 연구팀에서는 다음과 같은 기준에 의해 황체의 등급을 분류하고 가능한 제1등급의 황체를 지닌 수란우만을 최종 이식대상우로 선정한다.

제1등급황체 : 황체의 직경이 1.5cm이상이고 명확한 황체관(crown)을 형성하고 있는 것

제2등급황체 : 황체의 직경이 1.5cm이상이나 황체관이 확인되지 않는 것

제3등급황체 : 황체의 직경이 1.5cm이하이며 황체관이 없거나, 낭종성 황체가 혼재되어 있는 것

- 수정란의 이식

최종 이식대상 수란우는 이식과정중 과도한 요동을 억제하기 위해 적절한 보정을 한후 외음부 주위를 청결하게 세척하고 자궁성이 약한 소독제를 바르며 마지막으로 멸균종이로 물기를 닦아 건조시킨다.

수란우의 진정을 위해 5% 프로카인이나 리도카인 등을 제2~5요추사이에 주입하여 미추경막 외마취를 시키는 편이 좋다. 이식하는 수정란을 장착한 수정란 이식기를 조심스레 외음부, 질, 자궁경관, 자궁체를 거쳐 황체가 존재하는 자궁 각 심부까지 삽입하여 수정란을 주입함으로써 이

식절차를 마치게 된다.

특히 이식이 이루어지는 발정후 7일경은 본격적인 황체기 도입시점으로 자궁경관이 굳게 닫혀 있어 통과가 용이하지 않으며 특히 처너우를 대상으로 할 경우에는 더욱 애를 먹게 된다. 필자의 경험으로는 이식에 소요되는 시간이 짧을수록, 직장으로 생식기 보정중 자궁경관에 가해지는 자극이 약할수록, 황체검사시 가볍게 촉진할수록 수태율이 향상된다는 사실을 확인하였다. 이식후에는 주입된 수정란이 자궁외로 배출되는 것을 방지하기 위해 과도한 운동을 삼가하고 안정시킬 필요가 있다.

7) 수태확인

수정란 이식후에는 가능한 빠른시일내에 수란 위의 정확한 수태여부를 확정하여 임신우는 수태관리를, 비임신우는 재발정을 유도하여 번식우 또는 재수란우로 이용해야 한다. 수태관정 방법으로는, 미발정확인, 혈중 또는 우유중 황체 호르몬 측정법, 초음파 진단법, 직장검사법등이 있으나 이중 미발정 확인법이나 황체호르몬 측정법은 비임신의 경우에도 임신으로 판정되는 경우가 있어 임신확정법으로는 권하고 싶지 않다.

초음파 진단법은 이식후 20일경이면 임신여부 또는 쌍태여부 등을 확인 할 수 있어 매우 정확한 방법이나 고가의 기구(초음파 진단 장치)가 필요하며, 초음파상의 판독술이 요구되는 등 개별 수의사나 인공수정사가 이용하기에는 난점을 지니고 있다.

가장 일상적이며 염가의 진단방법으로 직장검

사법을 들 수 있으며, 이식후 30일경에는 직장으로 삽입한 손으로 자궁내에 형성된 태막의 미세한 미끄러짐(태막탈)을 촉진하여 최종수태확정이 가능하며 숙련된 기술을 지닌 사람이면 거의 완벽하게 초기진단을 내릴 수 있다. 그러나 자연 수정이 아닌 수정란 이식후에는 자궁의 과도한 촉진에 의해 조기유산울 일으킬 위험이 있으므로 40~50일 경과된 시점에서 직장검사를 하는편이 안전할 것 같다.

8) 수태우 관리

수태우는 일반 임신우와 유사하게 사양관리를 할 수 있으나 수정란 이식에 의한 태아 분만시 발생될 수 있는 난산을 예방하기 위해 적당한 운동, 균형 잡힌 급이관리등이 요구된다. 또한 일반 임신우에 비해 중간유산율이 높기 때문에 경상우일 경우 건유직전에 태아의 정상 발육여부를 확인하는 편이 좋다.

5. 수정란의 동결보존

수정란은 보통 실온에서는 하루, 냉장온도(4℃)에서는 이틀정도 보존할 수 있으나 그 이상은 무리이며 그나마 보존시간이 경과할수록 생존성이 급격히 저하되어 이식후 수태율이 매우 저조해진다. 그러므로 준비된 수정란을 바로 이식할 수 있는 수란우가 확보되어 있지 못할 경우에는 장기간 보존이 가능한 동결상태로 만들어야 한다. 그러나 수정란은 혈액, 세균, 바이러스, 세포 등에 비하여 매우 큰 구조물이며 그 구성성분의 80%가 수분이므로 동결시에 필연적으로 형성되

는 빙정에 의해 동해를 입기 쉽다. 따라서 수정란을 동결시키기 전에 세포내 수분을 유출시키든지 아니면 동결 및 융해시에 세포막을 보호할 수 있는 조치를 강구해야 한다. 다행히 수정란의 세포막은 반투과성으로 물분자가 세포내외로 자유롭게 통과하여 외부와의 삼투압 균형을 유지하게 된다. 이런 원리를 이용하여 수정란의 세포의 삼투압을 높게 하면 세포내의 수분이 빠져나가 동결시 빙해를 약화시킬 수 있다. 이런 작용을 하는 물질을 동결보호제라 하며 그 기능에 따라 침투성 및 비침투성 보호제로 구분하는데, 침투성 보호제는 동결과정에서 수정란의 세포내로 들어가 염분농도를 높이고 수분을 적게하여 빙정형성을 감소시키는 원리로 보호하는 것이고, 비침투성 보호제는 동결시키기 전에 삼투압을 이용하여 세포를 수축시키고 동결 및 융해과정에서 세포막을 보호하는 역할을 한다. 이와같은 동결보호제 중에서 적당한 종류를 골라 소 태아혈청 및 보존배지와 혼합하여 농도별로 몇 단계의 평형과정을 거친 후, 동결방법을 정해 동결을 완료해야 한다.

동결방법에는 컴퓨터동결기를 이용한 완만동결법과 초자화 급속동결법등이 있으나 각기 장단점이 있어 나름대로 사정에 따라 선정해야 한다. 이중 완만동결법은 고가의 동결장비를 필요로 하고 과정중 장시간이 소요되는 반면 생존율이 약간 높으며, 급속동결은 간편하고 단시간에 동결과정이 완료되나 생존율이 낮은 단점이 있다. 일단 동결과정을 거친 수정란은 사용될 때까지 -196°C의 액체질소내에 보존한다.

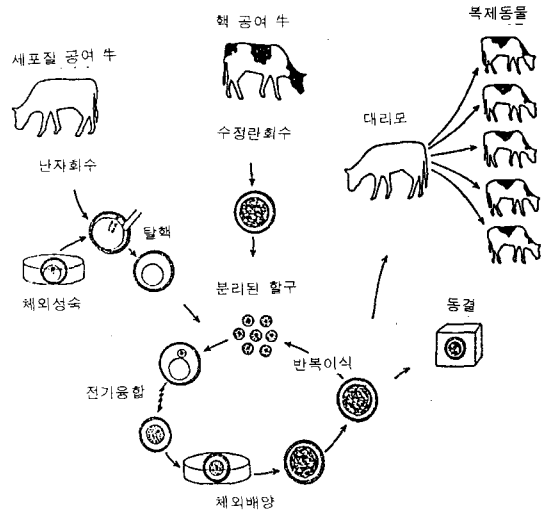
동결보존후 융해는 37.5°C의 온수에 잠시 담가 녹여주며, 그후 동결전 평형과정의 역순으로 동결보호제를 제거한 후 수란우에 이식하게 된다. 그러나 이런 작업은 무균실, 현미경 및 기타 기구들이 필요하고 어느정도 전문적 경험과 지식이 요구되어, 현장에서 이식술자들이 쉽게 이용하기에 난점이 되어왔다. 이런 문제점을 극복하고자 동결란을 융해후 역평형과정을 거치지 않고 바로 수란우에 이식할 수 있는 「직접이식법」에 대한 연구가 진행되어 왔으며 국내에서도 1995년 6월에 축산기술연구소 오성종 선생팀에 의해 75두에 이식, 20%의 쌍자생산율을 기록하는 성공을 거두었다.

6. 체외수정

정상적인 소에서는 매21일을 주기로 좌우 난소중에서 1개의 성숙난자가 배란되는 과정이 되풀이 되며 이때 수정이 이루어지면 임신우가 된다. 소의 한쪽 난소에는 10만~20만개의 원시난자가 있으며 이중 수십개는 성숙난자가 되기 위해 발육되는 과정에 있는 미성숙난자로서 존재한다. 이런 미성숙난자를 인공적으로 꺼내어 시험관내에서 발육시키고(체외성숙), 정자와 난자를 결합시키며(체외수정) 그후 시험관내에서 배양시키는 과정(체외배양)을 통틀어 체외수정이라 하며, 사람의 시험관 아기가 여기에 해당되고 소에서는 체외수정 송아지 또는 시험관 송아지라 한다. 이와같은 체외수정에는 여러 단계의 복잡한 과정과 탄산가스 배양기라는 기구가 필요하며, 그 성숙, 수정, 배양체계에는 아직도 발전시

켜야 될 미개척의 분야가 많이 남아 있어 현대의 생물세포조작에 중요한 부분으로 간주되고 있다. 또한 단순 채란 및 이식의 일상적 수정란이식 분야의 실용적 한계를 확대할 수 있으며 응용분야 또한 만만찮아 국내외를 막론하고 관련분야의 지대한 관심속에 기초, 응용적 연구에 매진하고 있다.

이와같은 소의 체외수정은 크게 두가지 측면에서 산업적 의미가 존재한다. 하나는 고능력우가 노령, 질병 또는 사고에 의해 도태될 때 도축장에서 해당 난소를 채취하여 체외수정 과정을 거쳐 수십 두의 고능력 송아지를 생산할 수 있다. 또한 한우에서 쌍태를 만들기 위해서는 많은 수의 수정란을 필요로 하는데 이 수정란의 공급원으로 무한정의 체외수정란을 만들어 이용할 수 있다. 한편 공란우에 정상적 수태를 이루고 임신을 유지하면서 초음파를 이용, 난소에서 매 일주내지 열흘간격으로 미성숙 난자를 체외로 채취하여 이를 체외수정과정을 거쳐 정상 수정란으로 만들어 이식함으로써 공란우에 이용되는 기간동안 번식휴지 또는 번식종료되는 결정적 단점을 극복할 수 있게 되었다. 실제로 그간 일반 농가에서 사육중인 초고능력우를 공란우로 이용하고자 할 때 사육가가 선택 공란우로 제공하기를 꺼렸던 부분이 해소되는 셈이다. 이 새로운 기법은 세계적으로 일부학자들이 실용화연구를 진행하고 있으며 필자의 연구팀에서도 경기도 안성지역에 위치한 국내 대표적인 고능력우 목장에서 목장주의 이해와 적극적인 지원으로 성공리에 시험연구를 진척시키고 있다.

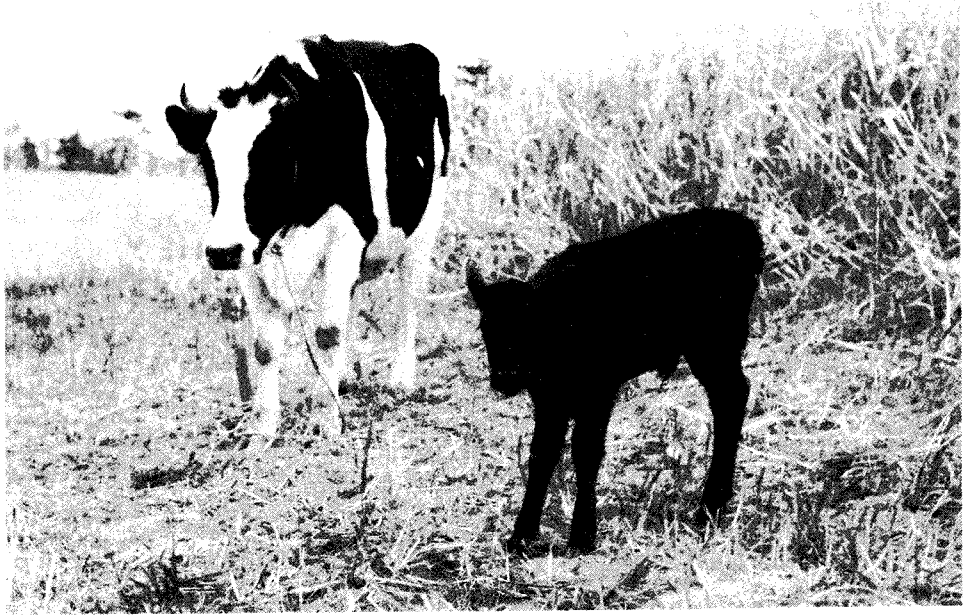


〈그림 2〉 시험관 송아지의 생산개요

7. 소 수정란의 핵이식 복제

1) 수정란의 복제란?

소의 수정란은 정자와 난자가 결합하여 이루어지는 것으로 수정후에는 할구라는 세포 덩어리로 분할되어 이 할구 수에 따라 1, 2, 4, 8... 세포기로 구분한다. 이 할구 속에는 수정란의 암, 수, 유전능력 등 특성이 결정지어진 핵이 들어 있으며 하나의 수정란 내에 있는 핵들은 모두 동일한 성과 유전형질을 지니고 있다. 그러므로 예를 들어 32세포기의 수정란에 있는 32개의 핵들을 수정란 밖으로 꺼내어 다른 난자에 주입, 정상 수정란을 만들 수 있다면 동일한 유전형질을 지닌 32개의 복제 수정란이 되고 이를 수란우에 이식하여 많은수의 「복제소」를 생산할 수 있게 된다.



〈사진 1〉 국내 최초의 시험관송아지
(1993. 11. 8 경기화성큰재은목장)

2) 핵이식 복제기법의 경제적 의의

수정란 이식의 우선적 전제조건은 고능력 유전형질을 지닌 공란우가 있어야 하며 여기에 고가의 경비와 복잡한 기술을 투입하여 체내 또는 체외수정란을 만들어 내야 한다. 그러나 앞에서 언급한 바와같이 이과정에는 공란우에 미치는 불리한 영향외에도 수정란 생산단가가 높아 산업화에 많은 제약요인이 되고 있다. 실제 필자팀의 계산에 의하면 국내에서 체내수정란을 생산할 경우 원가가 개당 수십만원에 달하며 일정수준이상의 수정란을 외국으로부터 도입할 경우에는 개당 수백만원이 소요된다. 만일 핵이식기법에 의한 복제 수정란의 생산이 순조롭게 이루어 진다면 생산원가가 수만원 수준으로, 현재 외국산 정액한스트로 가격에도 못미치게 되어 엄청난 경제적

부가가치를 창출할 수 있게 되고 수정란이식의 실용화, 산업화의 첩경이 될 수 있을 것이다. 이런 경제적 장점과 학문적 관심으로 인해 축산선진국에서는 핵심 첨단기술로서 국가적 지원하에 경쟁적으로 기술개발과 적용사업에 열중하고 있다.

3) 핵이식 수정란의 생산과정

— 탈핵

핵이식 수정란을 만들기 위해서는 우선 고능력 유전형질을 지닌 핵 제공란(공핵란)과 핵을 이식받을 수핵란을 필요로 한다. 이 공핵란은 고능력우의 체내로부터 생산된 체내수정란 또는 체외수정란으로부터 이용할 수 있으며, 수핵란은 유전능력과는 무관하므로 도축장에서 채취할 수 있

는 난소로부터 생산하는 체외성숙란으로도 충분하다. 공핵란에 효소처리를 하여 투명대라는 단단한 구조물을 용해시키고 그로부터 할구를 분리함으로써 핵을 확보할 수 있으며, 미수정 체외성숙란으로부터 핵을 빼내어(탈핵) 제거함으로써 수핵란으로 이용할 수 있다.

－ 핵이식

공핵은 탈핵된 수핵란에 특수제작된 핵이식용 피펫을 이용하여 투명대와 난세포질 사이의 공간(주란강)에 주입함으로써 핵이식이 완료된다.

－ 세포융합

주입된 공핵과 수핵란의 세포질과의 세포학적 결합(세포융합)을 위해 핵이식란에 자극을 가하게 되는데 이에선 외과적 주입법, 바이러스 이용법(센다이 바이러스) 및 전기자극법등이 있다.

필자의 연구팀에서는 전기세포 융합장치를 이용하여 오랜기간 실험에서 나름대로 설정한 자극 조건(전압, 통전시간)을 가해 세포융합을 유도하고 있다.

－ 핵이식 수정란의 체외배양

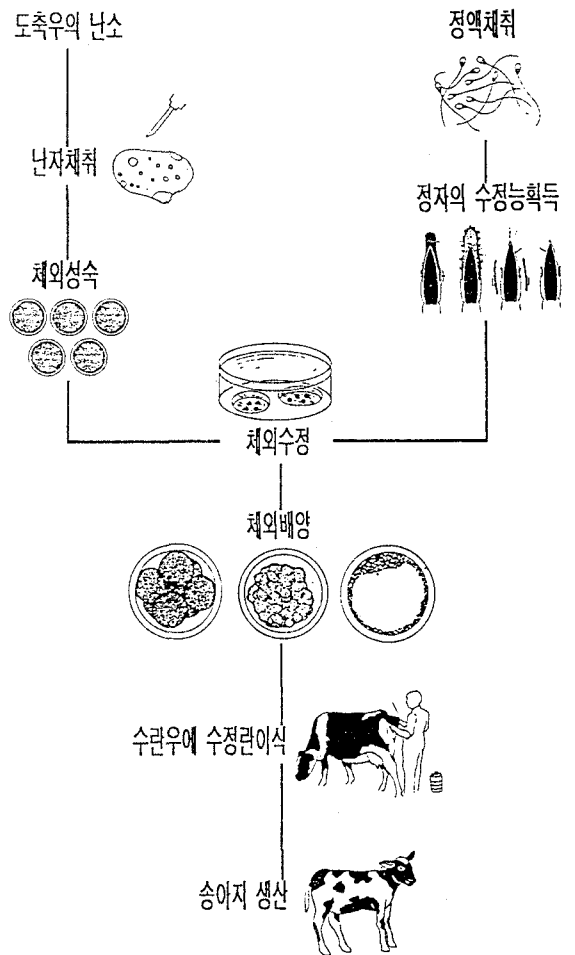
핵이식 수정란을 탄산가스배양기내에서 5~6일간 배양하여 수란우에 이식할 수 있는 후기배 단계로 발육시킨다.

4) 재순환 복제

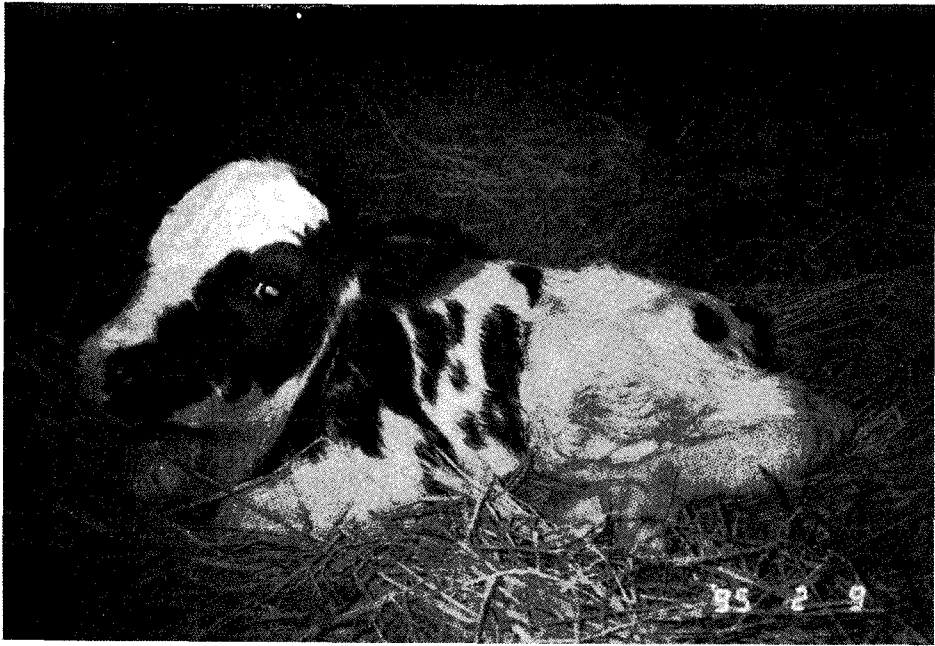
후기배로 배양된 핵이식 수정란을 수란우에 이식함으로써 제1세대 복제 송아지를 생산할 수 있으며, 이 수정란을 다시 공핵란으로 하여 핵이식과정을 반복하여 제2세대 또는 제3세대 핵이식 수정란을 만들 수 있다.

5) 핵이식 송아지의 국내생산

상술한 방법과 과정을 거쳐 필자의 연구팀은 1994년에 180여두의 수란우에 핵이식 수정란을 이식하여 1995년 2월 8일 국내 첫 복제 송아지를 생산한 이래 현재까지 지속적으로 송아지가 탄생되고 있다.



〈그림 3〉 핵이식 송아지의 생산개요



(사진 2) 국내최초의 핵이식 복제송아지
(1995. 2. 10 경기이천 달성목장)

8. 한우의 쌍태 송아지 생산

세계무역자유화시대(WTO)를 맞아 낙농 비육 분야중 가장 큰 영향은 한우비육사업에 미치게 될 것이다. 그래서 많은 정책 전문가 및 학자들은 향후 한국 축산업 보호 육성책으로 한우 분야에 집중하고 있으며, 당연히 사양측면에서의 품질 고급화, 브랜드화와 함께 생산원가 절감에 초점을 맞추고 있다.

생산비 경감방안의 하나로 송아지 생산가격의 절감이 있는데 이에는 번식우의 철저한 관리에 의한 번식효율증진, 쌍태송아지의 생산, 어린 송아지의 폐사율저하 등을 들 수 있다.

이중 쌍태송아지 생산은 국내 수정란 이식기술

의 향상과 더불어 현실적 방안으로 대두되고 있으며 농촌진흥청 축산기술연구소 및 대학등에서 심혈을 기울여 발전시키고 있다.

그 방법으로는 저단위 호르몬제를 투여하여 복수 배란을 유도시키고 인공수정 또는 자연교배를 하여 다태임신을 유도하는 방법이 있으나, 이는 쌍태유기율이 10%수준으로 비교적 낮고(필자연구팀의 시험결과) 3~4태를 유발시켜 임신기중 중도 유산을 일으킬 수도 있으며, 모체에의 호르몬주사에 의한 번식장애를 초래할 수도 있어 실용적 기법으로 추천하고 싶지는 않다.

두번째로는 인공수정과 수정란이식을 병행하는 방법으로 발정시에 인공수정을 하고 발정후 6~7일에 황체가 존재하는 자궁각의 반대편에 수정

란을 1개 이식하는 것으로, 축산기술연구소 오성종, 손동수 연구관팀에 의해 약 20% 이상의 쌍태성적을 얻고 있다.

세째로는 수정란을 2개 이상 이식하여 쌍태를 얻는 방법으로 발정 7일후 황체를 지니고 있는 자궁각에 2~3개의 수정란을 이식하거나 좌, 우 자궁각에 각각 1개씩을 이식한다. 그러나 어느방법이던지 현재까지 국내의 쌍태 유기율이 20% 남짓에 지나지 않아 일본의 45%에는 크게 미달되는 수준으로 향후 부단한 노력으로 50% 가까운 성적으로 향상시켜야 할 것이다.

9. 향후 전망 및 대책

근래 전에 없이 소에서의 수정란이식에 대하여 관심이 고조되고 있으며 농민, 관련 수의사 및 수정사, 정부당국, 대학 및 연구기관의 전문가들에서의 공감대가 확대되고 있다는 것을 피부로 느끼고 있다. 이와같은 축산현장의 높은 수요도, 농민들의 이해와 참여의욕, 관련분야 종사자들의 사명감들은 국가나 특정인의 일방적 조처나 노력에 의해서만 형성되는 것이 아니다. 그 시대적 상황, 정책당국자들의 이해와 관심, 국가 및 관련기관, 대학 등에서의 능동적 자세가 함께 어울어질때 맞게 되는 모처럼의 기회인 것이다. 만일 이번 절호의 기회를 살려 국내 축산 발전에 긍정적 기여를 하여 생산성 향상에 큰 몫을 하게 된다면 수정란이식은 향후 축산의 중요한 필수수단으로 자리 잡을 것이고, 한낱 일과성 열풍으로

지나치면 농민과 현장종사자들의 기대는 실망으로 변해 국내에서는 수정란 이식이 산업적 적용수단에서 영원히 멀어질 것이다. 그러므로 이번만은 모든 관련분야에서 일체가 되어 「수정란 이식의 산업화」에 매진해야겠다.

먼저 정부 및 관련기관에서는 대량생산체계확립, 현장인력양성, 보급기지구축등에 정책적 배려를 기울이고, 인력 및 기반시설이 갖추어진 연구소에 대한 선별적 지원으로 실용화 연구를 추진토록 해야할 것이다. 또한 연구기관이나 대학에 있는 관련 전문가들은 농민들의 요구가 어디에 있는가를 직시하고 실용화 연구에 매진해야 하겠다.

한편 국내에서 소의 등록, 능력, 검정, 개량방향의 설정 및 집행등 체계적 관리업무를 총괄하고 있는 유일한 기관인 한국종축개량협회에서는 공란우로 이용 가능한 고능력우의 발굴, 국내 생산 수정란의 등록, 생산된 송아지의 검정 등에 관하여 시술팀과 유기적 연락체계를 구축할 필요가 있다고 본다. 그리고 축산농민들은 고식적 타성에서 벗어나 수정란이식 분야에 능동적으로 참여하여 과학영농에 적응하는 자세를 갖춰야 되겠다. 그리하여 한우사육이건, 낙농이건 어떠한 외파에도 굳건히 견뎌내어 축산물 수출국으로 발전해 봐야 하지 않을까?

미국, 캐나다등 선진국에서는 이미 1970년대 초부터 산업화가 이루어져 수정란이식회사 설립되어 성업중에 있다. 우리와 축산여건이 비슷한

일본의 경우는 1980년대 초부터 농가에 시험이식을 하였으며 현재는 수십개 소의 수정란사업소가 설립, 운영중이며 일본 북해도에 있는 十勝育成목장의 岡本 氏は 동결수정란의 이식 수태율이 70% 이상에 달해 관련분야 종사자들의 경탄을 자아내고 있다. 또한 雪印유업 수정란이식연구소는 94년도 1개의 수정란이식팀(4인)에 의한 수입이 3억엔에 이르고 있다.

국내에서도 1980년대 초부터 소 수정란이식에 대한 연구 및 시험사업이 개시되어 1983년에 건국대 정길생 교수팀에 의해 첫 송아지가 태어났으며, 같은해 국립종축원(현 축산기술연구소 종축개발부) 이광원 박사팀이 도입 동결수정란을 국내수란우에 이식하여 14두의 젖소 송아지를 생산하였다.

그후 몇기관 및 대학에서 관련사업과 연구를 진행하여 왔으나 뚜렷한 진전을 이루지 못해 축

산농가의 관심권에서 벗어나 있었다. 그러나 1993년 필자팀에 의해 첫시험관 송아지가 탄생되고 1994년 국립종축원 손동수연구관팀의 수정란 분할에 의한 한우 쌍태송아지 생산에 이어 금년 2월 역시 필자팀에 의한 복제송아지의 성공적 생산, 농진청 축산기술연구소 오성종 연구관팀에 의한 동결수정란의 간편한 직접이식 성공등 연이은 개개로 인해 축산농민과 관련분야 종사자들의 관심이 고조되고 있다. 특히 농수산부, 과학기술처등 정부당국에서도 행정적, 정책적 지원과 배려가 집중되어 산업화 달성에 박차를 가하고 있다. 그외에도 각 시·도, 축협중앙회, 종축장, 서울우유협동조합, (주)퓨리나코리아, 수개의 대규모 목장등 연관단체 및 업계에서도 많은 인원과 자금을 투입하여 실용화 연구사업을 전개하고 있는 중이다.

