



한우 핵이식 복제송아지 생산



황우석
서울대학교 수의과대학 교수

1. 서론

핵이식기법에 의한 복제송아지의 생산은 기본적으로 소의 수정란이식에서 진전된 기술이다. 따라서 복제송아지의 생산과정을 이해하기 위해서는 수정란이식에 관한 이해가 전제되어야 한다.

2. 수정란 이식이란?

소의 수정란이란 발정시 암소의 난소에서 배란된 난자와, 자연교미 또는 인공수정에 의해 외부로부터 주입된 정자가 수란관에서 만나 결합된, 발육이 덜 된 초기생명체를 일컫는다.

이 수정란은 자궁을 향해 수란관을 내려오면서 2, 4, 8, 16... 세포기등으로 잘게 분할이 되며, 자궁각에는 수정 5~6일 후에 진입된다. 이때 자궁으로 들어온 수정란이 착상되기 전에 몸밖으로 빼내고(채란), 이를 대리모 역할을 하는 다른 소(수란우)의 자궁에 주입하여 착상, 임신, 분만을 유도하는 기술이다. 이와 같은 수정란이식은 사람, 소, 말, 돼지, 양, 개, 토끼등

대부분의 동물에서 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 효과적인 방안의 하나로 대두되고 있다. 원래 소는 사람처럼 단태동물이기 때문에 한번의 발정주기에 1개의 난자가 배란, 임신되어 1년에 송아지 1두씩을 생산하게 되므로 유전적으로 능력이 아무리 우수한 어미소일지라도 일생동안 기껏 10두 미만의 송아지 생산으로 한정되어 있다. 그러나 어미의 발정주기 중간에 특정 호르몬제를 주사하면 많은 수의 난자가 배란되고(과배란), 여기에 어미소의 유전능력 및 결합을 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.

특히 한우에서는 1회에 2~3개의 수정란을 이식하여 쌍둥이 송아지를 분만시킬 수 있어, 한우의 국제경쟁력 강화에 크게 기여할 수 있게 된다. 이와같은 통상적 방법의 단순 수정란 이식술에 실용화 수준에 도달한 체외수정, 핵이식에 의한 복제 수정란 생산등의 기술을 접목시키면 그 가치를 극대화시킬 수 있을 것이다. 물론 보다 간편한 동결 보존법의 개발에 의해 현재의 인공수정과 마찬가지로 전국 어디서나 손쉽게 이용할 수 있게 될 것이다.

3. 수정란 이식의 개요

소 수정란 이식에는 약 20여 단계의 크고 작은 과정이 있으나 그중 가장 중요한 기술은 공란우에 대한 과배란 유기, 공란우와 수란우간의 발정동기화, 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 매우 중요하다.

○공란우 선발조건

공란우는 유전적으로 우수한 형질을 보유하고 있어 생산성이 높은 소, 전염성 또는 유전성 질환에 이환되지 않은 것, 번식능력이 좋으며 생식기 상태가 양호한 것, 신체충실도(BCS)가 양호한 소등의 선발조건을 기본으로 하여 각자의 특성에 따라 적절한 기준을 침착하여 설정한다.

참고로 국내에서 현재 적용중인 공란우 선발 기준을 살펴보면, 1994년부터 축협 유우개량사업소와 필자팀이 공동으로 수행중인 수정란 이식사업(후대 검정사업)의 엘리트 공란우는 ① 국내상위 5% 이내의 유생산량, ② 유지방율 평균 3.4% 이상, ③ 외모 80점 이상, ④ 혈통이 등록되어 있을 것, ⑤ 정상적인 번식성적을 지니며, ⑥ 유전적인 불량형질이 없으며, ⑦ 유전능력을 기준으로 한 교배계획을 수용할 것 등의 모든 조건이 부합된 소만이 선발된다.

그 외에 필자팀과 협동으로 수행중에 있는 서울우

유협동조합 수정란 이식사업에는 상기 축협기준에 서울우유 조합원이 사육중인 종빈우로 국한하고 있으며, (주) 퓨리나 코리아의 고능력 수정란사업에는 축협기준에 비해 외모점수를 약간 낮추고, 유생산량을 년 14,000kg 이상으로 조정하여 적용하고 있다.

2) 과배란 처리 및 수정

공란우에 생리적용량 이상의 성선자극 호르몬(GTH)을 주사하여 한번의 발정에 많은 수의 난자가 배란될 수 있도록 유도하는 것을 과배란 처리라 하는데, 다량의 수정란을 얻기 위해서는 공란우의 정상적 발정주기, 성선자극호르몬제의 종류 및 투여용량, 적절한 투여시기 등의 요인이 관여된다. 과배란 처리는 다음 발정일을 예측하여 발정주기중 9~14일 사이에 난포자극호르몬(FSH)이나 임마혈청성 성선자극 호르몬(PMSG)을 투여하는데 필자의 경우는 난포자극 호르몬을 제13일째부터 매 12시간 간격으로 8~10회로 나누어 용량을 줄여가며 주사하는 방법(감량법)을 채택하고 있다.

과배란 처리 후 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 수정기에 주입하는 것으로 충분하나, 과배란 처리된 공란우는 발정발견 당일, 다음날 아침 및 저녁등 2~3회에 걸쳐 1회 2 스트로씩의 정액을 주입해야 한다.(총 4~6 스트로 소요).

3) 수정란의 채란

채란대상 공란우는 안정된 위치에 보정하여 수회에 걸쳐 외음부 및 그 주위에 대한 세척, 소독을 반복함으로써 청결하게 준비하고 미추경막의 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. 그 후 500~1000ml의 채란용 관류액을 자궁각 내로 주입하고 가벼운 자궁 마사지에 의해

주입된 관류액을 배출시켜 회수용 용기에 모은다. 동일한 작업을 반대측 자궁각에서도 실시함으로써 채란 과정이 완료된다. 이런 과정은 3인 정도의 술자 및 보조자와 협동작업으로 수행하는 것이 좋다.

4) 수정란의 이식

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

수란우의 진정을 위해 5% 프로카인이나 리도카인 등을 제 2~5요추사이에 주입하여 미추경막외마취를 시키는 편이 좋다. 이식자는 수정란을 장착한 수정란 이식기를 조심스레 외음부, 질, 자궁경관, 자궁체를 거쳐 황체가 존재하는 자궁각 심부까지 삽입하여 수정란을 주입함으로써 이식절차를 마치게 된다.

특히 이식이 이루어지는 발정후 7일경은 본격적인 황체기 도입시점으로 자궁경관이 굳게 닫혀 있어 통과가 용이하지 않으며 특히 처녀우를 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 삼가고 안정시킬 필요가 있다.

5) 수태확인

수정란 이식후에는 가능한 빠른시일내에 수란우의 정확한 수태여부를 확정하여 임신우는 수태관리를, 비임신우는 재발정을 유도하여 번식우 또는 재수란우로 이용해야 한다. 수태판정 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 진단장치)가 필요하며, 초음파상의 판독술이 요구되는 등 개별 수의사나 인공수정사가 이용하기에는 난점을 지니고 있다.

가장 일상적이며 염가의 진단방법으로 직장검사법을 들 수 있으며 이식후 30일 경에는 직장으로 삽입한 손으로 자궁내에 형성된 태막의 미세한 미끄러짐(태막탈)을 촉진하여 최종수태확정이 가능하며 숙련된 기술을 지닌 사람이면 거의 완벽하게 초기진단을 내릴 수 있다. 그러나 자연수정이 아닌 수정란 이식후에는 자궁의 과도한 촉진에 의해 조기유산을 일으킬 위험이 있으므로 이식후 40~50일 경과된 시점에서 직장검사를 하는 편이 안전할 것 같다.

6) 수태우 관리

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

4. 소 수정란의 핵이식 복제

1) 수정란의 복제란?

전술한 바와 같이 소의 수정란은 정자와 난자가 결합하여 이루어지는 것으로 수정후에는 할구라는 세포덩어리로 분할되어 이 할구 수에 따라 1, 2, 4, 8... 세포기로 구분한다. 이 할구속에는 수정란의 암, 수, 유전능력 등 특성이 결정지어진 핵이 들어 있으며 하나의 수정란 내에 있는 핵들은 모두 동일한 성과 유전형질을 지니고 있다. 그러므로 예를들어 32세포기의 수정란에 있는 32개의 핵들을 수정란 밖으로 꺼내어 다른 난자에 주입, 정상 수정란을 만들 수 있다면 동일한 유전형질을 지닌 32개의 복제수정란이 되고 이를 수란우에 이식하여 많은 수의 「복제송아지」를 생산할 수 있게 된다.

2) 핵이식 복제기법의 경제적 의의

수정란 이식의 우선적 전제조건은 고능력 유전형질을 지닌 공란우가 있어야 하며 여기에 고가의 경비와

복잡한 기술을 투입하여 수정란을 만들어 내야 한다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 이과정에는 공란우에 미치는 불리한 영향외에도 수정란 생산단가가 높아 산업화에 많은 제약요인이 되고 있다.

실제 필자팀의 계산에 의하면 국내에서 체내 수정란을 생산할 경우 원가가 개당 수십만원에 달하며 일정수준 이상의 수정란을 외국으로 부터 도입할 경우에는 개당 수백만원이 소요된다. 만일 핵이식기법에 의한 복제 수정란의 생산이 순조롭게 이루어진다면 생산원가가 수 만원 수준으로, 현재 외국산 정액 한스트로 가격에도 못미치게 되어 엄청난 경제적 부가 가치를 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

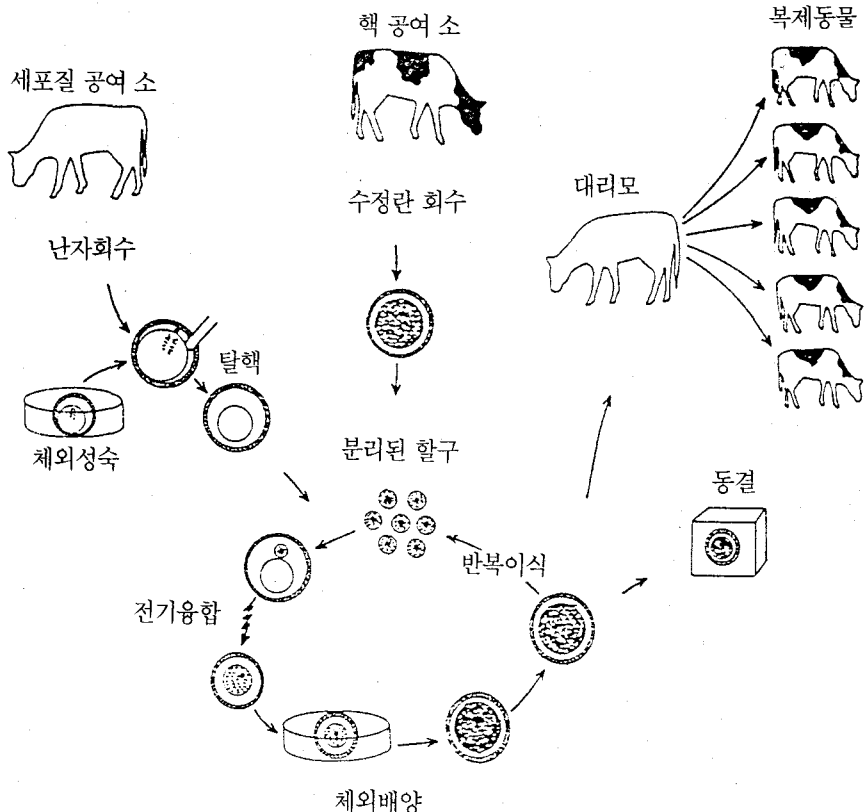
적용사업에 열중하고 있다.

3) 핵이식 수정란의 생산과정

○ 탈 핵

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 있는 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 송아지의 생산개요



○핵이식

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

○세포융합

주입된 공핵과 수핵란의 세포질과이 세포학적결합(세포융합)을 위해 핵이식란에 자극을 가하게 되는데 이에는 외과적 주입법, 바이러스 이용법(센다이 바이러스) 및 전기자극법등이 있다.

필자의 연구팀에서는 전기세포 융합장치를 이용하여 나름대로 설정한 자극조건(전압, 통전시간)을 가해 세포융합을 유도하고 있다.

○핵이식 수정란의 체외배양

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

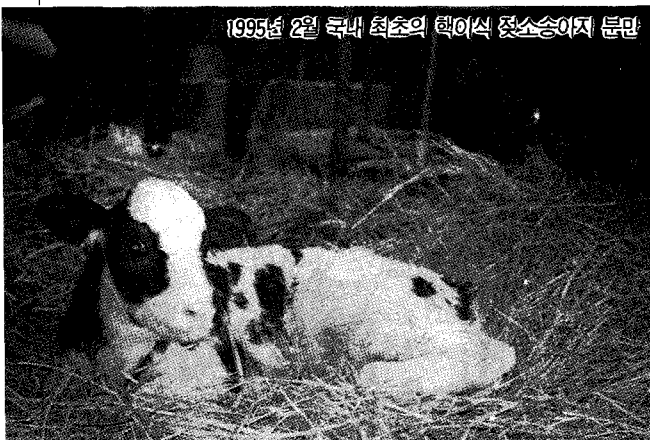
○핵이식 수정란의 수란우에의 이식

후기배 상태로 잘 발육된 핵이식 수정란은 전술한 일반 수정란이식법과 같은 방식에 의해 수란우의 자궁각내에 이식하여 착상, 임신, 분만을 유도하여 복제 송아지를 생산할 수 있다.

4) 재순환 복제

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

5) 핵이식 송아지의 국내생산



1995년 2월 국내 최초의 핵이식 젖소송아지 분만

상술한 방법과 과정을 거쳐 필자의 연구팀은 1995년 2월 8일 젖소에서 국내 첫 복제송아지를 생산하였으며 1995년 12월 25일에는 한우의 복제쌍태송아지를 순산한 이래 지속적으로 적용시험을 진행중이다.

6) 핵이식 송아지 생산의 문제점

핵이식송아지의 생산에는 복잡한 여러단계의 첨단 기술이 관여되기 때문에 그 효율향상에 관한 연구가 진전되어야 할 것이며 정상 임신기간보다 늘어난 장기태로 인한 출생시 과체중 문제점도 해결되어야 할 과제이다.

5. 한우의 쌍태 송아지 생산

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

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

이중 쌍태송아지 생산은 국내 수정란 이식기술의 향상과 더불어 현실적 방안으로 대두되고 있으며 농촌진흥청 축산기술연구소 및 대학등에서 심혈을 기울여 발전시키고 있다.

그 방법으로는 저단위 호르몬제를 투여하여 복수 배란을 유지시키고 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 수 있어 실용적 기법으로 추천하고 싶지는 않다.

두번째로는 인공수정과 수정란이식을 병행하는 방법으로 발전시에 인공수정을 하고 발정후 6~7일에 황체가 존재하는 자궁각의 반대편에 수정란을 1개 이식하는 것으로, 축산기술연구소 오성중, 손동수 연구

관람에 의해 약 20% 이상의 쌍태성적을 얻고 있다.

세제로는 수정란을 2개 이상 이식하여 쌍태를 얻는 2~3개의 수정란을 이식하거나, 좌, 우 자궁각에 각각 1개씩을 이식한다. 그러나 어느 방법이던지 현재까지 국내의 쌍태유기율이 20% 남짓에 지나지 않아 일본의 45%에는 크게 미달되는 수준으로 향후 부단한 노력으로 50% 가까운 성적으로 향상시켜야 할 것이다.

이 방법은 엄격한 선발과정을 거친 우수유전형질보유 공란우에서 채취한 수정란에 핵이식기법을 도입함으로써 그 경제적 의의를 더욱 향상시킬 수 있게 될 것이다.



1995년 12월 분만된 국내 최초의 복제 한우 쌍태 송아지

초지대리이용관리자 모집공고 (제3차)

고양시 공고 제542호

초지법 제22조 제1항 및 동법시행령 제11조 제2항, 동법시행규칙 제15조의 7, 규정에 의거 초지대리이용 관리자를 지정하고자 다음과 같이 공고합니다.

1. 대상초지내역

초지소재지	조성내역		소유자	
	년도	면적(ha)	주소	성명
고양시 원흥동 528-62	69	6.32	고양시 원당동 산 38-23	한양관광(주) 우윤근

2. 대리이용관리자 모집사유: 초지부실관리로 인한 전면 갱신 및 가축입식

3. 공고기간: 1996. 1. 6 - 1996. 1. 13 (7일간)

4. 신청기간: 1996. 1. 6 - 1996. 2. 5 (30일)

5. 신청자격

- 대상초지를 성실히 관리하고 초지법에 의한 기준두수 이상의 가축을 입식하여 축산업을 경영할 능력과 의욕이 있으며
- 초지법 제22조 제3항의 규정에 의한 초지사료용 및 시설물 사용료등을 지급할 능력이 있는자

6. 신청서류

- 초지법 시행규칙 제12조 제1항의 규정에 의한 신청서 및 구비서류

7. 기타 자세한 사항은 고양시청 산업과 축정계((0344) 965-1340)로 문의하시기 바랍니다.

1996. 1. 6.

고양시청