

배아복제 연구, 어디부터, 얼마만큼?

서울대학교 의과대학 내과학교실, 서울대학교 장기이식연구소

안 규 리 · 김 재 영

배아복제 일지

생명복제에서 배아줄기 세포를 이용한 치료 기술 개발로 이어지는 생명과학의 새로운 장은 1997년 복제양 돌리의 탄생으로 시작되어 복제인간이 임신 8주에 달했다 보고에 접하는 2002년 5월을 맞고 있다. 생명 복제 기술은 크게 개체복제 기술과 치료용 복제 기술 (therapeutic cloning)으로 나눌 수 있다. 개체복제 기술은 동물의 생식세포 복제 (인공수정) 및 체세포 복제, 인간에서의 체외 인공수정, 그리고 인간복제 분야를 포함한다. 치료용 복제는 다양한 방법을 이용하여 줄기세포를 배양, 치료에 사용하려는 시도로서 인간 체세포 복제, 동물난자 활용방식, 냉동 수정란 방식을 이용하는 기술들이 이에 속한다.

그동안 이 분야에서 일어났던 중요한 사건들을 정

리해 보면 Table 1과 같다. 이 Table 1에서 볼 수 있듯이, 이 분야는 하루가 다르게 변화, 개발되고 있으며, 의학, 생명공학 분야 뿐 아니라 사회 전 분야에 원자핵 기술 개발 당시에 상회에 미쳤던 수준의 변화를 요구한다. 따라서 생명 복제라는 문제는 어떤 특정한 연구자나 단체에서 주도하거나 책임지고 나갈 수 없는, 현 사회 모두의 과제가 되었다. 이 논문에서는 그동안 진행되어 온 생명 복제 및 배아줄기세포 연구의 현황을 점검하고 각 논점을 정리하였다.

1. 동물 생명복제 기술

1) 기술적 측면

생명 복제에는 생식세포 복제와 체세포 복제 2가지 방법이 있다. 생식세포 복제는 1983년 맥그라스와 슬터라는 과학자가 생쥐를 복제한 것이 처음이며 이후 윌라슨이 1986년 면양을 복제하였다. 이 방법은 현존

Table 1. 배아복제 일지

일시	국가	사건
1997	영국	복제양 돌리의 탄생
2000	미국	배아세포 대리모에 이식, 원숭이 복제
2000. 8	한국	서울대 황우석 교수, 동물 난자 이용해서 환자 체세포 복제 배양
2000. 12	영국	영국 의회, 배아줄기 세포 연구범위 확대 승인
2001. 1	미국	부시 대통령, 인간 배아 줄기세포 연구 지원 방침 보류 및 재검토 결정
2001. 2	미국	파킨슨병에 걸린 쥐에게 줄기세포를 이식해서 완치
2001. 7	바티칸	교황 요한 바오로 2세, 배아 줄기세포 연구 중단 촉구
2001. 8. 9	미국	부시, 배아줄기 세포 연구 제한적 허용
2001. 9	한국	마리아 생명공학연, 인간 배아세포를 이용한 국제 특허 출원
2001. 10	미국	돈울프 (오리건 영장류 연구 센터) 붉은털 원숭이 배아복제 ¹⁾
2001. 11. 25	미국	ACT사, 체세포를 이용한 인간 배아복제 첫 성공
2002. 1. 04	미국	이머지 바이오세라퓨틱스; 장기인체이식 복제돼지 탄생
2002. 2. 15	미국	복제 고양이 첫 탄생
2002. 2. 23	영국	지중해성 빈혈 치료를 위한 맞춤 아기 (골수이식용)
2002. 3. 08	한국	박세필 박사 (마리아 병원) 이종간 핵치환술 (사람→소 난자)로 배반포기 배아 생산
2002. 3. 08	미국	조지 데일리 박사(켄브리지 화이트 헤드 연구소) 배아복제를 이용한 유전병 (근위축 증 쥐) 치료 성공
2002. 8?	이탈리아	복제인간 임신 ²⁾

하는 생명체의 복제기술이 아니고 향후 태어날 생명체를 복제하는 것으로 수정란의 할구를 분리한 다음 각각의 할구를 탈핵된 난자에 핵이식하고 배양한 다음 대리모에 이식하는 방법으로 일란성 쌍둥이 또는 일란성 다둥이 생산과 같은 의미를 갖는다.

동물 체세포 복제는 복제양 돌리 (1997년 2월 24일 탄생발표)의 탄생으로 시작되었다. 복제기술이 개발되기 전까지는 암수 생식세포간의 결합 (수정)에 의해서만 정상적인 개체발생이 가능한 것으로 알려져 있었으나, 세포융합 또는 세포 핵 주입과 같은 체세포 핵이식 기술로 개체를 발생시키는 기술이 개발되었다. 영국 Roslin연구소의 Wilmot 박사는 현존하는 생명체의 몸을 구성하는 세포 (체세포)를 떼어내어 이를 공여 핵세포로 하고, 난자를 채취하여 탈핵한 다음 이 난자에 핵이식하였다. 이렇게 얻어진 세포를 체외 배양한 다음 대리모에 이식한 결과 체세포 동물과 동일한 유전자를 가진 돌리가 탄생하였으며, 이와 같은 체세포 복제기술 개발은 인간 복제 기술로 발전될 가능성을 시사하였기 때문에 종교계, 정치계 및 윤리학자들의 심각한 반발을 초래하였다 (Fig. 1).

2) 기대효과³⁾

동물 체세포 복제 기술은 장기 이식용 돼지를 대량 생산 할 수 있는 기술적인 근거를 제공한다. 즉 이식을 하였을 때 심한 거부반응을 유발하는 돼지의 특정 단백질들 (예 gal-1,3-gal)에 대한 유전자들을 제거한 돼지를 일단 만든 다음, 이 돼지의 체세포를 이용하여 동일 유전형질을 가진 복제 돼지를 생산할 수가 있다. 이 기술로 날로 심해지는 장기 부족 문제를 유일하게 해결할 수가 있다.

둘째로 지금까지 공급이 어려웠던 치료용 단백질 대량 생산이 가능해 진다.

치료용 단백질질을 혈액에서 정제하려면 비용이 많이 들고 AIDS, C형 간염 같은 감염의 발생할 위험이 있다. 이 단백질을 유전 공학 기술을 이용하여 만들 수 있으나, 단백질의 구조가 복잡할수록 제대로 된 단백질을 대량으로 얻을 수는 없으며, 이렇게 얻어진 단백질의 정제 과정이 용이하지 않은 경우도 많다. 이에 비해 복제된 형질전환 동물의 젖이나 오줌, 혈액에서 필요한 단백질이 분비될 수 있다면, 대량 생산이 가능하며 가격은 상대적으로 저렴해진다.

셋째, 동물복제 기술을 이용하면 보다 인체에 적합

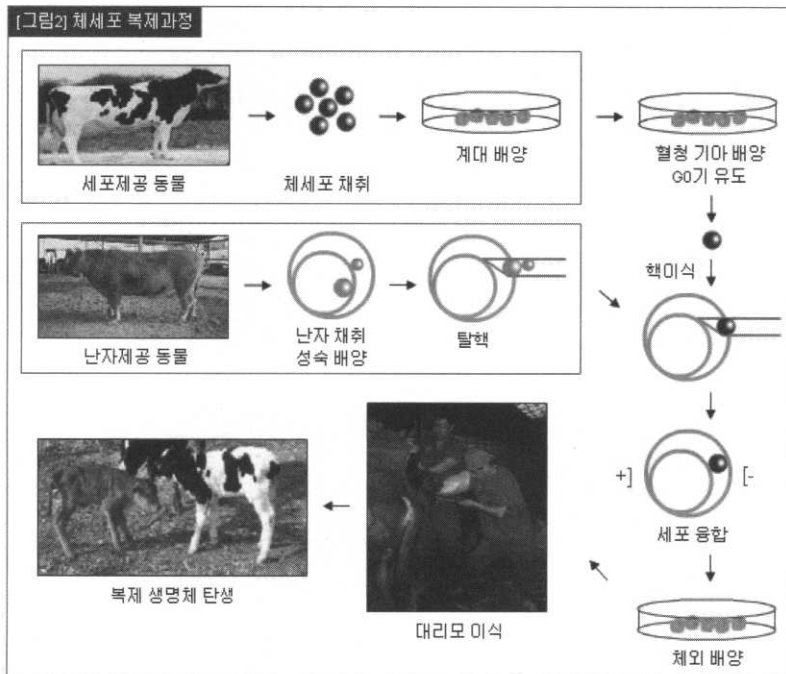


Fig. 1. 자료: 황우석.

한 영양물질을 생산해 낼 수 있다. 예를 들어 우유는 송아지에는 이상적이지만 인간의 유아에게는 모유보다 적절하지 못하다. 따라서 우유의 구성 성분을 인간에게 가장 적합하도록 변화시킬 수 있다면 인간에게 부작용이 적고 더 유용한 우유를 생산할 수 있다. 또한 특정 환자에게 적합한 성분의 우유를 생산할 수 있는 형질전환 복제 젖소의 출현도 가능할 것이다. 사람들 중에는 우유의 특정 단백질에 면역반응을 보이거나 락토오스 같은 성분을 분해하지 못하는 사람이 있는데, 이들에게 공급할 수 있는 우유 역시 젖소를 복제하여 생산할 수 있다.

이외에도 이 기술은 희귀동물의 보존, 우수형질 동물의 번식과 개량, 질환동물 모델 생산 및 세포 및 유전자 치료 기술 개발에 응용될 수 있다.

3) 현황

동물 체세포 복제 기술 개발을 위하여 우리나라에 서는 국가 연구비가 지원된다. 생태계의 균형을 위협하거나 종의 다양성을 해칠 수 있는 경우에는 국가 생명윤리위원회의 심의를 거쳐야 한다.

그러나 동물 체세포 복제 기술이 가진 문제점이 간과되어서는 안될 것이다.

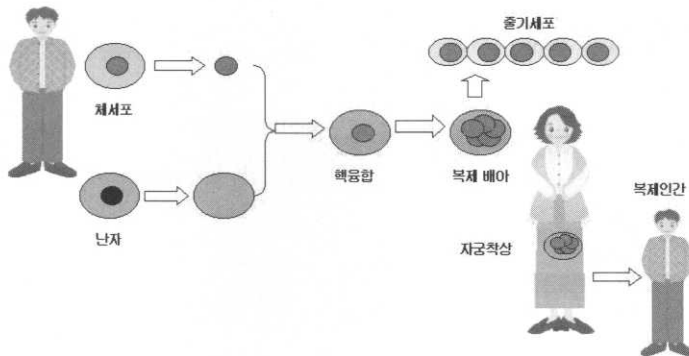
이 기술은 환경을 훼손할 수 있으며, 이 기술로 생산된 동물에 대하여 인간 종족 중심주의에 의한 동물 훼손이 자행될 우려가 있다. 그밖에도 유전자 변형 생물체의 안정성이 증명되지 않고 있는 상황이고, 유전자 변형 생물체에 대한 각종 특허권 문제들이 제기될 수 있다.

2. 인간 복제 (Human cloning)

1) 기술적 측면

체세포 핵이식 기술을 이용한 생명복제 기술을 인간을 대상으로 시행하는 것을 인간 복제라고 한다 (Fig. 2). 공여자의 체세포에서 핵을 꺼낸 다음 여성으로부터 난자를 추출하고 탈핵시켜서 이 탈핵 난자에 핵이식을 시행한다. 이세포를 체외 배양하여 여성의 자궁에 착상시키면, 유전적으로 공여자와 거의 유사한 복제 인간이 태어나게 된다. 이 기술은 매우 간단해 보이지만, 실제로는 성공률이 매우 낮아서 Roslin 연구소의 Walnut 박사가 돌리를 만들 때에도 227번의 실험 끝에 하나의 복제양을 얻은 점을 고려할 때 실제 인간을 대상으로 하는 복제 실험의 가능성은 희박하다는 사실을 주목할 필요가 있다.

언어지는 복제인간은 불완전한 유전학적 복제일 뿐, 제공자와는 서로 다른 인격을 가진 생명체이다. 불완전한 유전학적 복제라는 말은 핵 이외에도 난자에는 실제로 수백 세포질내에 존재하는 미토콘드리아 DNA가 있고, 또 두가닥의 DNA 중 어느쪽 유전자가 발현하는가는 미지수이어서 유전적으로 100% 동일한 인간이 태어날 수 없다는 것을 의미한다. 그리고 인간은 유전자 이외에도 “단백질 우주”라고 부를 수 있는 셀 수 없는 단백질들의 상호작용에 영향을 받으며, 나아가서는 환경의 영향을 받게 된다. 예를 들면 쌍둥이 중에도 삼쌍둥이는 유전자가 거의 동일하지만, 실제로 살아가는 양식이 판이한 경우를 흔히 본다. 예를 들면 가장 가까운 복제인간이라고 할 수 있는 삼쌍둥이인



체세포 복제 및 줄기세포 생성 과정

Fig. 2. 인간 복제 및 체세포 복제를 이용한 줄기세포 생성 과정.

앵과 창은 뚜렷하게 다른 개성을 보였다. 한명은 까다롭고 술을 좋아했지만, 다른 한명은 인자하고 쾌활한 사람이었다. 덧붙여 말하자면 앵과 창은 심지어 서로 다른 아내가 있었고 서로 번갈아가며 North Carolina에 있는 각자의 집에 살면서 21명의 자녀를 낳고 63세까지 살았다⁴⁾.

2) 사회적 측면

(1) 반대 입장⁵⁾

인간 개체 복제는 유일성 또는 개성의 권리의 침해, 인간 존엄성의 침해, 복제인간의 동의 결여, 신 노릇, 복제의 비자연성, 복제인간의 자유박탈 등 개체 복제로 발생하는 개인의 정체성 상실과 이에 따른 사회적 혼란을 야기할 것이다. 만일 자기와 쌍둥이처럼 닮은 사람이 오늘 저녁 TV에 출연한다면 우리가 이를 받아들일 준비가 되어있는가?

이 기술은 부모자식 관계의 파괴를 가져올 위험이 있다. 복제 자녀를 둔 부부가 이혼을 하게 되었을 때, 핵 공여자와 난자 공여자가 책임질 부분의 경계는 어디인가? 또한 유전학적으로는 형제인 복제인간과 공여자가 과연 사회적으로는 부자 관계에 놓이게 되는데, 이를 어떻게 소화해 낼 것인가? 그 뿐 아니라 이 기술은 장기적으로 유전자 풀의 다양성을 감소시키며, 대규모의 우생학적 목적에 사용될 위험이 크다. 결과적 (consequential)으로 이 기술 개발로 인해 인류는 미끄러운 경사길 (slippery slope argument)로 밀려 들어가게 될 것을 예상할 수 있다.

(2) 옹호론적 입장⁶⁾

옹호론자들은 대부분의 반대가 반사적이고 감정적인 반응이며 본능적인 혐오와 공포에 근거한다고 반박한다. 그 근거로 지금 인간복제를 반대하는 사람들은 25년 전 체외수정 (IVF)에도 반대했다는 점을 지적한다. “그들은 체외수정으로 태어난 아이들에게 저질렀던 실수를 인정하지 않은 채 또 인간복제를 가로막기 위해 법석을 떨고 있다”라고 주장한다. 실제로 체외수정으로 태어난 첫 아기 루이스 브라운과 이후 태어난 30만명의 아기는 상상했던 심각한 기형으로 태어나지 않았으며, 정체성의 혼돈을 겪고 있지도 않다.

한편 종교계는 임신과 출산에 과학이 끼어드는 것을 줄곧 반대해왔다. 그러나 불임 부부들의 선택권마저 박탈해서는 안된다고 생각한다는 의견도 있다, 즉 불치의 유전병이 있는 경우나 불임 부부, 어릴 때 숨진 자녀를 되찾고 싶은 부부들에게 이 기술은 새로운

해결방법을 제시할 수 있다는 주장이다. 실제 미국의 헌트 변호사는 1999년 아들이 심장수술 후 숨지자 아들을 복제하기 위한 연구 자금을 지원했다가 철회한 바 있다.

3) 현황

당황해진 사회의 반대와 상관없이 극단적인 개체복제 옹호론자들은 인간 복제를 시도하고 있다. Claud Rael이 시작한 종교 단체가 세운 Clonaid사와 라일리안이 지원하는 프리지트 부아셀리 교수 (뉴욕 해밀턴 대학) 이탈리아의 Severino Antinori 박사, 미국 켄터키의 Panayiotis Zavos 박사 등이 참여한 인간복제 프로젝트 국제 컨소시움 연구진은 비밀 장소에서라도 개체 복제를 강행하겠다고 공언하였다. 여기에는 불임 부부 200쌍이 참여하는 것으로 알려져 있다, 최근 Antinori는 한 불임여성이 인간 복제를 통해 임신, 8주가 됐다고 발표하여 전 세계를 충격에 빠뜨렸다. Claud Rael은 프랑스 사람으로 지구상 첫 우주인의 전수자로 자칭하고 있으며 27세에 과학적 재생을 결심하는 계기를 맞은 후 라일리안 운동을 전개하였으며 전 세계에 약 50,000명의 추종자를 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 우리나라에도 6차례 방문하여 한국인 8명이 복제 신청을 했다는 사실을 밝힌 바 있다.

한편 영국에서는 재생 가능한 조직이나 세포에 대하여 “맞춤아기 (designer baby)” 출산을 허용하였다 (2002. 02. 23)⁷⁾ 영국 인간수정·태생학위원회 (HFEA)가 최근 라지 하시미 부부에게 아들 자인 (3)의 혈액과 일치하는 배아를 선택할 수 있도록 허용한 데 이어 3개월 안에 또 다른 배아선택이 허용될 것으로 보인다 자인은 지중해 빈혈이라는 희귀질환을 앓고 있는데 인공수정을 통해 태어나는 동생의 탯줄 혈액으로 자신의 골수를 대체함으로써 병을 치료할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 앞으로는 자녀들의 희귀질환 치료를 위해 ‘맞춤아기’를 출산할 수 있도록 요청하는 일이 증가할 것이 예상된다.

3. 배아줄기세포 기술 개발

1) 줄기세포란 무엇인가?

명백한 상당수 사회 구성원의 반발에도 불구하고 인간 복제 기술이 중단되지 않는 이유는 줄기세포 치료 목적 복제 (therapeutic cloning) 기술이 가져올 수 있는 가능성 때문이다.

무제한 자가 복제가 가능한 동시에 여러 종류의 세

포로 분화를 할 수 있는 능력 (pluripotency)을 가진 세포를 줄기세포라고 한다. 줄기세포는 분화하면 몸을 구성하고 있는 골수, 신경세포, 심장근육 세포, 췌장 세포 등 200여 종류의 세포를 만들어 낼 수 있다. 따라서 줄기 세포 기술을 개발하면 원하는 조직이나 세포를 무한정 얻을 수 있게 된다. 줄기세포가 특정 장기나 조직으로 발전하도록 하는 신호체계를 밝혀내고 이를 통제할 수 있게 되면 이론적으로는 심장이나 간, 뇌세포, 인슐린을 분비하는 세포 등 필요한 세포와 조직을 만드는 것이 가능하다. 따라서 줄기세포 연구는 지금은 고칠 수 없는 신경계 질환 (알츠하이머병, 파킨슨병, 척추 손상, 다발성 경화증 같은 신경계 질환 및 당뇨병, 심장질환, 간경화, 만성 신부전증 등 난치병 치료의 가능성을 열어줄 수 있다.

이 외에도 앞으로 염색체 이상 질환의 치료 기술의 개발과 자신에 맞는 약물의 선택 등 의학적 용도로 줄기세포 연구 결과를 응용할 수 있다. 이상의 가능성을 가진 줄기세포 연구 분야의 산업경제성은 매우 높

아서 배아 관련 시장 규모가 2005년 3000억 \$에 달할 것으로 보고 있다.

2) 줄기세포를 얻는 방법에는 어떤 것들이 있는가?

줄기세포는 미분화 세포 즉 배아나 태아 세포로부터 얻을 수 있다. 1998년 11월 위스콘신 대학의 Thompson 교수는 포배 (blastocyst)의 inner cell mass로부터, 그리고 존스 홉킨스 대학의 Gearhart 교수는 태아의 성선으로부터 각각 줄기세포 분리에 성공하였다. 한편 줄기세포는 체세포 핵이식으로 생성된 포배로부터 분리할 수도 있다 (Fig. 3). 요즈음 태아를 이용하는 것 보다는 포배를 이용하는 방법 즉 배아줄기세포를 이용하는 방법이 더 많이 사용되고 있다. 배아 줄기세포를 얻는 방법은 기술에 따라 ① 체세포 이식을 하여 형성된 포배를 이용하는 방법(인간 배아 복제), ② 동물 난자를 이용하는 방법, ③ 냉동 수정란을 이용하는 방법 등이 알려져 있으며, 그 장단점을 요약하면 Table 2와 같다.

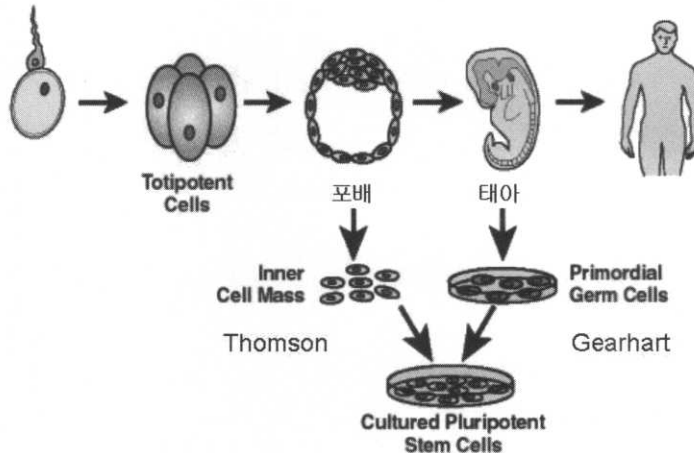


Fig. 3. 줄기세포를 얻는 방법.

Table 2. 줄기세포를 얻기 위한 방법과 장단점⁸⁾

구분	기술적 측면	윤리적 측면
인간 배아 복제	거부반응이 없다	인간 개체복제로 진행될 가능성이 크다
냉동 수정란 방식	환자의 유전자와 일치하지 않아서 거부반응이 생긴다	폐기 처분될 수정란을 사용하므로 비교적 문제가 적다
동물난자 활용 방식	인간 배아복제와 냉동수정란 방식의 중간 단계	사람-동물의 융합이므로 사회적 거부감이 크다
성체줄기세포 방식	기술적으로 어려워 실용화되기까지 많은 어려움이 있다	윤리적으로는 안전하다

3) 인간 배아 복제

(1) 기술적 측면

인간 배아 복제는 사람의 체세포에 사람의 난자를 융합시키는 기술로서 개인의 체세포를 일부 떼어 앞에 언급한 인간 복제와 같은 과정을 거친 다음 자궁에 착상하는 대신 자신과 유전자가 동일한 배아 줄기세포를 만들어내는 기술이다 (Fig. 2). 이 기술을 이용하여 얻어진 조직이나 세포는 제공자와 동일한 유전자로부터 만들어지므로 이식을 해도 거부반응이 없는 완벽한 장기와 세포를 얻을 수 있다. 그러나 수많은 실험을 하기 위해서 여성으로부터 수많은 난자(30-100개)를 채취해야 한다.

(2) 사회적 측면

① 반대 입장

Fig. 2에서 보이는 것처럼, 이 기술은 인간 복제 기술 과정의 대부분을 공유하고 있다. 즉 인간 배아 복제 기술 개발은 복제 인간의 탄생으로 이어질 가능성이 높다. 반대론자들은 인간 배아 복제용으로 만들어진 배아가 줄기세포를 만드는데 사용되지 않고 여성의 자궁에 착상될 경우 말 그대로 복제인간이 탄생할 수 있다고 경고한다. 곧이어 인간 돌리가 지구상에 태어날 가능성이 높아지는 것이다.

그뿐 아니라, 이 기술은 기형 복제 인간의 탄생을 예고한다. 복제된 동물의 건강상태에 관하여 미국의 아트 케플런 (펜실베이니아 대학)은 “복제된 동물이 정상적으로 자라지 못하고 갑자기 숨지는 경우도 많다. 그동안 탄생했던 복제동물은 태어날 때는 건강한 편이었지만 자라면서 비정상적으로 비대한 태반구조를 가져 종종 목숨을 잃었다”라고 하였고, 일본의 과학자들은 자신들이 복제에 성공했던 실험용 쥐들이 간과 폐 이상으로 대부분 죽었다고 보고하였다⁹⁾.

마지막으로 세포질을 얻기 위해 여성으로부터 인위적인 난자의 추출하는 것은 여성의 인권 보호 측면에서 부당하녀, 체세포 핵을 이식해 배반포까지 배양하는 도중 80%가 실패하기 때문에, 성공률이 낮은 기술에 30-100개의 난자를 쓰는 것은 부당하다.

② 옹호론적 입장

면역 거부반응이 없는 치료용 조직이나 세포를 얻을 수 있는 제일 좋은 방법이 인간 배아 복제 기술임에는 틀림이 없다. 이 기술을 충분히 활용하되, 생체 내에 착상이 금지되어 있는 한 복제 인간이 태어날 우려는 없다고 옹호론자들은 주장한다. 배아줄기세포

는 더 분화능력을 가진 세포일 뿐이고, 이와 유사한 세포들-예를 들면 골수세포들-에 대한 연구는 지금까지 진행이 되어왔기 때문에, 배아줄기세포에 대한 논란은 과학적인 실제와는 상당한 거리감이 있다는 점도 지적하고 있다.

(3) 현황

미국 매사추세츠 우스터의 Advanced Cell Technology사 (ACT)는 2001년 11월 25일 인간 배아 줄기세포 배양에 성공했다고 보고하였다¹⁰⁾: ACT는 질병 치료에 쓰일 줄기세포를 얻기 위한 획기적인 실험을 통해 인간 배아가 마침내 미국에서 복제됐다고 밝히면서, 지금까지는 의회 청문회 소환을 피하기 위해 연구 사실을 공개적으로 밝히지 않았다고 언급하였다.

Michael West ACT 사장은 ‘과학적으로나 의학적으로 우리가 만들어낸 실체들은 개개의 인간이 아니다’고 말하고 ‘이들은 오직 세포적인 생명체이며 인간적인 생명체가 아니다’고 강조했다. 미국은 인간 복제에 대한 정부의 지원을 법으로 금지하고 있으나 ACT는 민간 업체이기 때문에 인간 복제 기술 연구가 얼마든지 가능하다.

이어서 중국 연구진이 2년 전부터 인간배아 수신크를 의학연구 목적으로 복제했다고 밝혔다. 중국 후난 (湖南)성 창사 (長沙)시의 상야의대 연구진이 지난해 11월 세계 최초로 인간배아복제에 성공했다고 밝힌 미국 생명공학벤처 ACT사보다 훨씬 앞선 2년 전부터 인간배아 수신크를 복제했다고 전했다.

우리나라에서는 2001년 2월 26일 경희의대 산부인과학교실에서 인간 배아 복제에 성공한 다음에 대리모에 이식하지 않고 파괴하였다고 보고한 바 있다.

4) 동물 난자 활용 방식

(1) 기술적 측면

동물 난자를 활용하여 만들어진 배아 줄기세포는 인간의 유전물질의 99%가 세포 핵에 담겨있기 때문에 거부반응이 없는 자기 세포와 같이 임상에 응용될 수 있다는 장점이 있다. 한편 소, 돼지의 난자는 도축장에서 손쉽게 구할 수 있어서 인간 배아 복제에서 야기되었던 여성 난자를 이용하지 않아도 된다.

그러나, 비록 핵을 제거했다 하더라도 동물의 난자는 동물을 만들기 위해 존재하는 난자에 인간의 핵을 주입하는 경우 기존의 세포질에 존재하는 여러 단백질과 바이러스, 미토콘드리아들이 핵에 어떤 영향을 끼치는지 아직 그 안전성이 규명되지 않았다.

(2) 사회적 측면

① 반대 입장

이 기술에 대하여는 대중의 거부감이 강하게 반영되어서 동물의 난자에 인간의 핵을 이식하는 것을 이종간의 교잡으로 정의하였다. 이종간의 생식세포 복제는 엄격히 금지되어 있으나 체세포 복제에 대해서는 논란이 있다. 우리나라의 과학기술부 생명윤리 자문회가 마련한 생명윤리 기본법 시안에서도 이종간의 교잡(생식세포 복제)은 엄격히 금지되어 있다.

이외에도 이 기술이 인간 배아를 동물의 자궁이나 인공자궁에 착상시키는 연구, 인간과 동물사이의 수정란 연구 등이 단계적으로 진행될 우려가 제기되었다.

② 옹호론적 입장

이 기술은 거부반응이 적은 배아 줄기세포를 얻을 수 있을 뿐 아니라 여성으로부터 난자를 추출하지 않아도 된다는 장점이 있다. 그뿐 아니라 이종간 복제배아는 설사 자궁에 이식돼도 태아로 성장하지 않기 때문에 오히려 ‘인간복제’ 논란에서 자유롭다. 미국 생명윤리자문 위원회(National Bioethics Advisory Committee, NBAC)는 “인간세포와 동물의 난자와의 결합을 통한 배아 생성은 윤리적 문제가 제기된다. 그러나 인간의 배아 줄기세포는 직접적인 문제를 야기하지 않는다. 인간세포와 동물 난자의 결합이 성장 가능성을 갖는 배아를 생산하지 않을 경우에는 윤리적 문제가 되지 않는다”라고 언급한 바 있다.

(3) 현황

이종간 핵치환은 한국산 호랑이 등 멸종위기 동물을 복원하기 위해 세계 곳곳에서 시도되고 있다. 동물 난자를 이용한 줄기세포 개발은 1998년 ACT사가 사람 다리의 체세포를 소의 난자에 넣어 8세 포기까지 배양했다고 발표한 것이 처음이며, 일본, 중국도 2000년 비슷한 단계까지 이종간 핵이식에 성공했다.

우리나라에서는 2000년 황우석 교수가 사람 귀 세포를 소의 난자에 넣어 배반포 단계까지 배양하는데 성공하였고, 2002년 3월 8일 파리아생명공학연구소 박세필 박사팀이 사람의 체세포에서 핵을 추출한 뒤 핵을 제거한 소의 난자에 이를 이식하는 이종간 핵치환술을 통해 사람의 유전형질을 99% 이상 가진 배반포기 배아를 만들어내는데 성공하였다.

5) 냉동 수정란 방식

(1) 기술적 측면

자신의 체세포를 이용할 수 없는 경우, 줄기세포를

분리하기 위하여 사용될 수 있는 방법은 Thompson이 개발한 냉동배아를 사용하는 것이다. 냉동 배아는 불임 시술 과정 중에 만들어진다. 불임 시술은 과배란 유도 후 일반적으로 8-9개의 배아를 인공수정하고, 그 중 4-5개의 건강한 배아를 착상시킨다. 사용하지 않은 배아는 냉동 보관하였다가 5년이 경과하면 폐기하는 것이 관례이다.

냉동 배아로부터 줄기세포를 분리해 낼 수는 있으나, 이 줄기세포로부터 얻어진 조직이나 세포를 환자에게 이식하는 경우 면역 거부반응이 일어나게 된다.

(2) 현황

① 미국

미국의 부시 대통령은 2001년 8월 9일 냉동배아를 이용한 줄기세포 연구를 부분적으로 승인하였다. 즉 연방기금 연구비를 배아세포주 연구에 지원하기로 결정하였으며 그 내용은 다음과 같다(Fig. 4).

i. 연방기금은 파괴된 기존 인간배아에서 추출된 줄기세포주(株) 연구에만 제한적으로 사용된다. 새로운 인간배아를 이용한 어떠한 줄기세포 연구도 연방기금의 지원 대상이 될 수 없다.

ii. 줄기세포 연구는 인간배아를 만들어내는데 필요한 냉동 배아를 제공한 기증자의 명시적인 동의 하에 불임치료를 위해 배양된 인간배아 중 사용하고 남은 것에 대해서만 연구가 이뤄져야 한다. 또 배아 기증자에게 어떠한 금전적인 혜택이 주어져도 안된다.

iii. 줄기세포 연구를 감독하고 연방기금의 사용을 관리할 대통령 직속의 생명공학 위원회를 설립하고 이 위원회가 줄기세포 연구의 구체적인 가이드라인을 정한다. 위원회는 과학자, 의사, 윤리학자, 법률가, 신학자 등 각계 인사로 구성되며 시카고 대학의 의료윤리학자인 리온 카스 박사가 위원장을 맡는다.

미국 정부의 인간 배아줄기 세포 일지는 Table 3과 같다. 처음부터 배아 줄기세포 연구에 반대해온 미국 부시 행정부가 이상과 같은 결정을 하게 된 데는 배아 줄기세포 연구의 일부 성과가 파킨슨 병이나 심근경색 치료에 무시할 수 없는 가능성을 제시함에 따라서 환자 가족들을 중심으로 배아 줄기세포 기술 개발에 대한 요구가 증대하고, 앞으로 상당한 상업적 가치를 가지고 있을 것으로 전망하기 때문으로 추측된다.

부시의 발표 내용에 대해서 과학계와 종교계, 민주당과 공화당, 공화당 내부, 심지어는 부시 행정부와 백악관 보좌진 내에서도 찬반이 맞서는 등 극한 대립

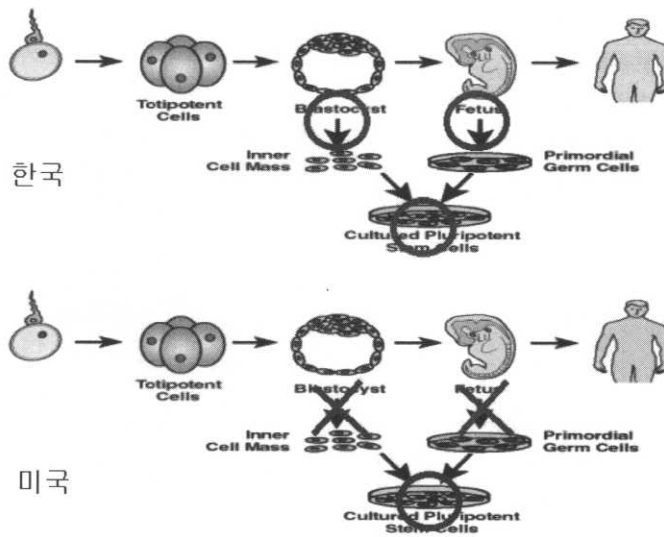


Fig. 4. 우리나라 생명윤리 기본법 및 미국 행정부의 배아줄기세포 이용 범위.

Table 3. 미국정부의 인간 배아 줄기세포 연구 일지¹¹⁾

1999. 1	미 국립보건원 (NIH), 낙태 된 태아 또는 인간배아에서 줄기세포를 추출하는 연구에 대한 연방 기금 지원 금지
2000. 8. 24	美 정부, 인간배아 줄기세포 연구목적 사용지침 발표. 불임치료 후 폐기되는 냉동 배아에서 추출된 줄기세포 연구에 연방기금 지원 허용
2000. 12. 20	영, 의회 배아 줄기세포 연구범위 확대 승인
2001. 1	미, 부시 대통령, 클린턴 행정부가 2000년 8월 내용은 인간배아 줄기세포 연구에 대한 연방기금 지원 방침 보류 및 재검토 결정
2001. 2. 17	파킨슨병 쥐 줄기세포 이식으로 완치
2001. 6. 29	獨 연구용 배아 줄기세포 수입 논란
2000. 7. 12	美 ACT社 인간배아 복제 착수
2001. 7. 14	낸시 레이건 여사 배아 줄기세포 연구 지원 지지
2001. 7. 18	英 유전적 결함 점검 위한 배아 검사 허용
2001. 7. 23	교황 요한 바오로 2세, 부시에 배아 줄기세포 연구 중단 촉구
2001. 7. 27	줄기세포로 태아 뇌결함 교정 가능 연구결과 발표
2001. 7. 28	美 하원의원 202명 부시에 연구지원 촉구
2001. 7. 30	슈퍼맨' 크리스토퍼 리브, 무하메드 알리도 연구지원 촉구
2001. 7. 31	배아 줄기세포로 인슐린 생산
2001. 8. 1	배아 줄기세포로 심장세포 배양 성공
2001. 8. 10	부시, 배아 줄기세포 연구 제한적 허용

양상을 보여왔다. 그러나 근래 여론조사에서 미국민의 60% 내외가 연방기금의 인간배아 줄기세포 연구 지원을 지지하는 것으로 나타나고 공화당 내에서도 점차 찬성여론이 증가하고 있다.

② 각국의 반응

영국 및 호주에서는 인간 배아와 생식체 연구나 복제는 관할 관청의 허락을 받아 시행할 수 있다. 국가

가 배아줄기세포 은행을 운영하고 있으며¹²⁾ 인간 배아는 최초 14일 이내에는 특정한 목적을 위해 실험을 할 수가 있다. 의학적 치료나 연구를 위한 인공적 시험관 제조, 여성 및 인공수정으로부터의 배아 분리는 금지한다. 미국 부시 결정에 대하여 줄기세포 연구를 지지하는 영국의 로벨 배지 박사는 미국 연구원들은 종전보다는 줄기세포 연구 여건이 개선됐지만 아직

충분한 연구 기회가 주어지지 않았다는 의견을 피력하고 있다.

독일은 가장 엄격하게 인간 유전자를 이용한 조작 행위를 금지하고 있다.

원칙적으로 인간 체세포복제가 엄격하게 금지되어 있다. 미국의 결정에 대하여도 에틸가르트 불만 독일 교육부장관은 줄기세포 연구 지원에 제한을 둔 것은 '책임감 있는 결정'이라고 언급했다.

일본, 싱가포르는 2001년 가을부터 인간 배아 줄기세포 연구를 허용한다. 그러나, 미수정란에 체세포 이식을 이용한 인간 복제 배아나 인간과 동물을 교잡한 인간 동물 교잡 배아, 인간 성융합 배아, 인간성집합 배아를 인간이나 동물의 모태에 이식하는 것을 금지한다. 미국의 결정에 대하여 경제산업성 생명산업국의 후쿠시마 노부유키 부국장은 부시 대통령의 결정은 세계적인 추세에 발맞춘 것이라며 '일본도 이러한 연구를 허용하는 쪽으로 가고 있어 부시 대통령의 결정이 잘못됐다고 말할 수 없다'고 말했다.

착상의 순간을 인간의 시작으로 보고 있는 이스라엘은 배아줄기세포 연구를 적극 장려하고 있으며 최근 배아줄기 세포를 심장세포로 분화하도록 유도하는 등 연구에 앞장서고 있다.

③ 우리나라의 반응

냉동 배아를 이용한 배아 줄기 세포 연구 결과는 박세필 박사 (마리아 생명공학연구소)가 2000년 8월 세계 3번째로 인간의 배아에서 줄기 세포를 배양하는데 성공하였다. 마리아 생명공학 연구소는 시험관 아기 프로그램을 진행하면서 여분으로 남아 5년 이상 보관 중이던 냉동배아 6개를 실험에 이용, 냉동 배아를 이용한 줄기세포 배양하는데 성공하였다 이외에도 윤현수 박사 (메즈메디 병원), 정형민 박사 (중문의대 차병원)의 성공사례가 알려져 있다.

사회적으로는 냉동배아를 포함한 배아 줄기세포 이용에 관한 생명윤리 기본법 시안이 작성되어 승인절차를 밟고 있다. 생명윤리자문위원회가 과학기술부에 제출한 계획인 생명윤리기본법 시안에서는 폐기될 냉동배아를 이용하는 줄기세포 연구는 한시적으로 허용하되 배아를 사용하는 경우 정자와 난자 제공자의 동의를 받도록 하고 있다. 또 유산된 태아조직을 이용한 줄기세포 연구도 부모의 동의를 거쳐 한시적으로 허용하지만 체세포 핵이식 방법으로 인간배아를 창출하거나 불임치료 이외의 목적으로 난자를 채취하는 행

위는 금지하고 있다 (Fig. 4). 따라서 국내 생명공학계가 처한 상황과 부시 미국 대통령이 발표한 내용에 명확하게 상충되는 내용은 없지만 우리나라 생명공학계가 '제한적 허용'이란 소극적 태두리에 가뒀진 반면 미국의 학계는 연방정부의 적극적 지원으로 합법적인 연구를 할 수 있도록 보장받는다라는 것이 차이가 있다.

한편 국회 줄기세포 포럼¹³⁾: 간담회에서는 "향후 5년내 이 분야의 산업규모가 60조원에 이르는 등 미래 황금알을 낳는 경제적 과급효과가 있다"며 "우리나라도 그동안 지속해온 과학발전과 생명윤리 사이의 소모적 논쟁을 중단, 인간복제는 금지하되 생명공학산업의 퇴보와 국가적 손실을 막을 수 있도록 미래지향적 관점에서 배아 줄기세포 연구를 법적·정책적으로 뒷받침해야 한다"고 주장했다. 그뿐 아니라 인간배아복제 허용 추진/"한국만 뒤질 수 없다"는 분위기가 조성되고 있다¹⁴⁾: 과학기술부는 2002년 9월말 정기 국회상정을 목표로 인간배아 복제 허용을 내용으로 한 줄기세포 연구 법안을 검토 중이다. 과기부는 최근 청와대 업무보고에서 올해 중으로 '줄기세포 연구 등에 관한 법률'을 제정키로 했다고 보고했다.

(3) 배아란 무엇인가?

이상에 기술한 논란의 근거를 이해하는 데는 "배아란 무엇인가?", 그리고 "생명은 언제 시작하는가?" 하는 두 가지 질문에 대한 근본적인 질문을 고려해야 한다. 지금까지 "배아"에 대하여는 일관성있는 정의를 내리고 있지 않다. 미국 National Bioethics Advisory Commission에서는 배아를 각종 주요 장기가 형성되는 수정 후 2-8주 사이의 유기체라고 정의하고 있다.

수정 후 1주까지를 접합체 (zygote), 그리고 수정 후 8주 이후부터 출생까지는 이미 형성된 각종 장기의 성장만이 일어나는 것으로 태아 (fetus)라고 부른다.

캐나다에서는 착상 이후 8주까지의 접합체를 의미한다. 일반적으로 배아는 배아 전단계 (pre-embryo)와 배아 (embryo)를 혼돈하여 사용하고 있다 (Fig. 5). 인간 배아가 줄기세포 연구에 사용되는 시기는 수정 후 4-5일의 포배로서 착상 전의 배아 배아 전단계에 속하게 된다. 여기에 포배를 성인이나 태아, 심지어 배아와 동일한 지위를 부여해야 할 것인가에 대한 물음이 시작된다.

(4) 생명의 시작이 어디인가?¹⁵⁾

배아가 이상의 방법으로 기술된다면, 다음은 생명

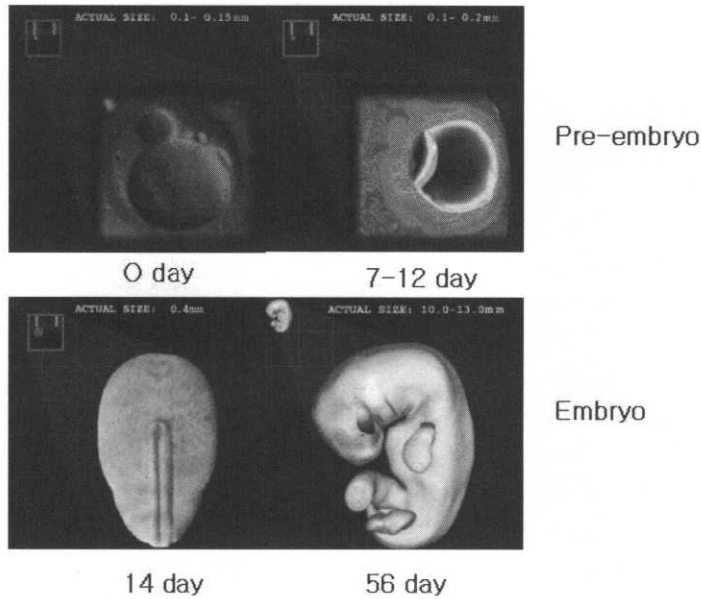


Fig. 5. 배아 및 배아 전단계.

의 시작이 어디인가를 고민할 필요가 있다. 문화와 종교에 따라 생명의 시작점은 상당히 다르게 인지되고 있다. 의식이 시작되는 순간, 영혼이 유입되는 순간(모르몬교), 출생시기, 태동이 느껴지는 시기(토마스 아퀴나스의 견해로 1879년까지 받아들여짐) 등이 생명의 시작으로 제시되었으며, 이외에도 체외 생존 가능성이 확인되는 시기(수정 후 24일), 처음 심장 박동이 시작되는 시기(수정 후 22일), 처음 뇌 기능이 시작되는 시기(수정 후 18일), 처음 원시선(primitive streak) 형성이 일어나는 시기(수정 후 14일), 착상(수정 후 5.5일, 유다교, 우리나라 헌법), 그리고 기독교에서는 생명의 시작을 수정의 순간으로 정의하고 있다.

가장 논란이 되고 있는 개체 생성의 순간에 대하여 과학자들은 원시선(Fig. 5)이 관찰되는 시기라고 설명한다. 이 단계부터 정확한 의미의 배아 발생이 시작되는 것이며 이때 모든 장기형성이 완성되는 것이다. 그리고 이 시기에 무엇보다도 개체성이 확정된다. 14일 이전에는 분할하면 쌍둥이가 되기 때문에 난자와 정자가 하나의 세포로 된 체로(zygote)로서 세포분열이 일어나면서 아직까지는 개체성을 인지할 수 없는 '세포의 덩어리 상태'로 판단하고 있다.

반면 가톨릭교에서는 수정의 순간을 생명의 시작으로 보고 있다. "오늘날 생명을 다루는 과학에서 관건이

되는 것은 언제부터 인간이냐는 질문입니다. 물론 교회 교도권은 '난자가 수정되는 순간부터' 하나의 생명이라고 주장하고 있습니다". "어떤 이들은 잉태의 결과를, 적어도 일정한 날수를 지나기까지는 아직도 인격적인 인간의 생명으로 볼 수 없다고 주장함으로써 낙태를 정당화하려고 시도합니다. 그러나 실제로 '난자가 수정되는 그 순간부터' 아버지의 생명도 아니고 어머니의 생명도 아닌 한 생명이 시작 된 것입니다. 그 생명은 스스로 성장하는 새로운 인간 존재의 생명입니다. 그 존재가 기왕에 인간이 아니라면 결코 인간으로 자라날 수 없을 것입니다..."¹⁶⁾

(5) 사회적 측면

① 냉동 배아 사용 반대

반대론자들은 생명의 시작을 수정의 순간에 두고 있다. 수정의 순간에 이미 개체의 생명이 시작된다면, 체외 수정의 방법을 이용해서 만들어진 인간 배아 역시 신원을 가진 인간의 주체이기 때문에 이로부터 치료에 사용될 다른 분화세포를 만들기 위한 줄기세포를 이용하는 것은 배아에 대하여 비윤리적인 행위, 심지어는 살인행위로 규정한다.

미국 연방정부의 배아 줄기세포 연구는 이미 있는 줄기세포의 사용은 허락하되 새롭게 만들지는 못하도록 하고 있다. 따라서 반대론자들에게는 이미 이중적인 기준을 적용하고 있는 것으로, 도둑질한 물건은 사

용하지만, 도독질을 하지 못하게 하는 것과 같은 의미를 갖는다. 따라서 냉동 배아라고 할지라도 이를 이용한 줄기세포 연구가 절대로 허용되어서는 안된다고 주장한다.

이외에도 돈, 권력, 사회적 지위에 따른 자원 불평등이 일어나서 장기를 더 얻게 된다고 해도 소외당하는 계층이 더 생기게 되고, 결국 부당한 대우를 받는 환자가 생겨날 가능성에 대한 우려와 이 기술 자체가 갖는 위험성에 대한 우려가 제시되고 있다.

② 냉동 배아 사용 찬성

찬성론자들의 일부는 14일 이전이나 착상 전에 있는 포배는 아직 개체를 형성하지 않았기 때문에, 이를 이용한 줄기세포 기술 개발을 허용해야 한다고 주장한다. 일부는 배아의 지위에 대해 점진적 획득이라는 개념을 가지고 있다. 즉 수정란으로부터 태아의 발전 과정에 맞추어 도덕적 지위를 부여하자는 의견이다. “인간 배아는 현 영국 국법 하에 있는 성인이나 아이들에 대한 조항에 따라 취급될 수 없으며, 배아가 이들 (성인이나 아이)들과 동등한 자격을 가져야 한다”는 필연성도 없다. 그럼에도 불구하고 인간 배아는 특별한 도덕적 기준을 가지고 취급되어야 한다 (Wanrock Committee, 1984). “인간 배아가 도덕적으로 존중되어야 할 것은 틀림없으나, 인간에게 주어지는 모든 법적 도덕적 지위를 가져야 할 필요는 없다 (미국, Ethics Advisory Board, 1979). 그 면에서 배아는 아직 인간이 아니다”라는 의견들이다.

일부는 수정의 순간을 생명의 시작으로 받아들이면서도, 뇌사 장기의 이용과 같은 맥락에서 사용하지 않은 배아는 불임 시술이 실패할 경우에 대비하여 냉동을 시키지만, 실제로 불임시술이 성공한 다음에 대부분을 버리게 되므로 만일 환자 부부가 이 배아를 버리는 대신 연구에 사용할 수 있도록 허용한다면, 이는 다른 사람의 이익을 위해 도덕적으로 받아들여질 만하다고 주장하며, 부시의 정책에 대하여도 가이드라인이 도덕적으로 흠이 없는 것은 아니지만, 어느 정도의 타협점은 제시한다고 생각하고 있다.

4. 대안

1) 성체줄기세포 기술의 개발

성체 줄기세포는 분화가 끝난 성체 조직 내에 있는 미분화세포로서 조직의 재생에 관여하며, progenitor cell이나 genitor cell을 생산하는 세포이다.

성체 줄기 세포는 탯줄, 태반, 골수 망막, 뇌, 치근, 간, 피부, 소화관 등 여러 조직에서 탯줄 등에서 발견되며 자신의 성체줄기세포로부터 만들어진 세포나 장기는 거부반응을 피할 수 있는 장점이 있다.

최근 성체 줄기세포가 실제로 생각했던 것 보다는 분화 능력이 뛰어나다는 사실이 알려지면서 배아 줄기세포를 대신할 수 있는 방안으로서 성체 줄기세포 연구가 활발해 지고 있다. 특히 한 장기에서 추출한 성체 줄기세포가 다른 장기의 세포로 분화할 수 있다는 사실이 알려지면서 이 분야 개발에 많은 기대가 쏠리고 있다, 그러나 지금까지 알려진 바에 의하면, 성체줄기세포는 다음과 같은 한계를 가지고 있다. ① 신체의 모든 조직에 성체 줄기 세포가 있는 것이 아니며, ② 수가 매우 적고, 이 현상은 나이가 증가함에 따라 심해지며, 성장 속도가 매우 느리고, ③ 채취 기술이 어렵고 정제하기도 매우 어렵다. ④ 배아에서 채취한 줄기 세포는 모든 형태의 세포와 조직으로 전환할 수 있으나 성숙한 세포에서 채취한 줄기 세포는 이러한 신축성이 부족할 수 있다. ⑤ 그리고 지금까지 다분화 능력이 입증되지 않았다. 그리고 ⑥ 유전자 질환 환자에서 채취한 성체 줄기 세포는 동일한 유전적 질환을 발현할 수 있다. 이상과 같은 이유에서 줄기세포 연구가 가져다 줄 이익이 많다고 여겨지면 여겨질수록, 성체와 배아줄기세포 모두가 연구 대상이 되어야 할 필요가 있다. 그 이유는 아직 어느 줄기세포가 어디에 사용될 것인가가 정해지지 못하고 있기 때문이다.

2) 처녀 생식 혹은 단성생식

난자가 수정 없이 분할하는 것을 단성생식 혹은 처녀생식 (parthenogenesis)라고 한다. 이 단성생식 (처녀생식)을 통해 미수정란에서 줄기세포를 얻는 기술이 개발되었다. 미국 생명공학회사 ACT는 최근 Science 통해 원숭이의 미수정란에 화학적 전기적 자극을 가해서 수정된 난자처럼 세포 분화시킨 다음, 4-5일 된 포배기 단계에서 줄기세포를 분리하는 실험에 성공했다고 보고했다. ACT는 이를 사람 난자에 적용하면 난자를 제공한 여성에게 면역거부반응을 일으키지 않는 세포치료술로 활용할 수 있을 것으로 기대했다 (Fig. 6).

국내에서도 마리아생명공학연구소 (소장 박세필)는 “정자와 수정하지 않은 쥐의 난자를 분화시켜 줄기세포 3개를 얻어냈으며, 현재 석달째 배양 중”이라고 밝혔다¹⁷⁾. 연구자들은 “수정되지 않은 난자에서 줄기세포

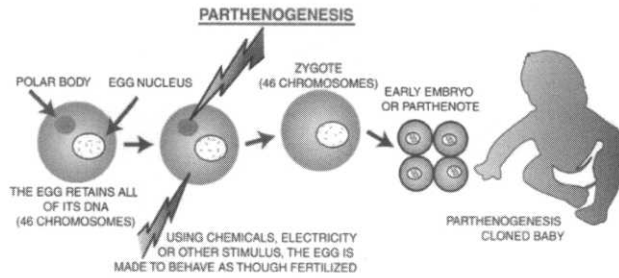


Fig. 6. 단성생식 혹은 처녀생식.

포를 얻을 수 있다면 배아를 파괴하는 방식에 비해 생명윤리 문제를 피해 갈 수 있을 것"이라고 주장하고 있다. 그러나 이 기술 역시 '인간 종의 일원인 난자를 파괴하는 것은 새로운 윤리 문제를 낳을 것'이라는 의견도 나오고 있다.

3) 줄기세포 연구의 방향

이외에도 역분화 (De-differentiation) 및 상호 분화 (Trans-differentiation) 기술을 이용한 줄기세포 개발 연구가 진행되고 있다. 여기에 머물지 않고 이 분야 연구자들은 분화의 각 단계 기전을 밝혀 가면서 기존에 전혀 존재하지 않았던 방법을 개발하고 이용할 것이다. 또한 현재 물방울 크기의 인공난자가 영국, PPL사 (Scotland)에서 만들어졌다.

생명복제와 줄기세포 기술 분야는 한 가지 성공 보고가 나올 때마다 격렬한 찬반 토론을 일으켰다. 이 이유는 한편으로는 지금까지 인간과 생명을 다루는 신학, 철학적 개념의 생명은 정의나 윤리의 기준으로 설명되었던 반면, 생물학이나 의학적 개념은 생명을 호기심의 대상인 하나의 현상으로 이해하고 있기 때문이라고 생각된다. 마당에 나무 한 그루가 서 있는데, 이 나무가 이 자리에 있는 것이 옳으나? 하는 질문에 대하여 과학자들은 이 나무는 소나무이며 잎사귀가 매우 작다라고 대답하는 격이다.

인류의 미래를 위하여 보다 현명한 결정을 내리기 위하여는 사회 구성원들이 생명과학에 대한 전문적 이해의 폭을 넓히고 대화의 길을 확보하는 것이 필요하다. 이에 부시 행정부 뿐 아니라 미국 언론인 상당수가 생명과학 공부를 다시 시작하였다는 소식은 매우 고무적이다. 생명 과학자들은 우리가 속한 사회와의 꾸준한 대화를 통해서 생명 현상을 넘어선 생명에 대한 포괄적인 이해의 폭을 넓혀야 할 것이다. 그리

고 지금의 사실만을 과장하지 않고 정확히 전달해야 할 것이다. 막 시작된 줄기세포 연구가 치료에 응용되기까지는 적어도 20년 이상이 소요될 것으로 추측된다. 수많은 분화 과정이 밝혀져야 하며, 면역 거부반응을 피하기 위한 다단계의 숙체가 해결되어야 한다. 그뿐 아니라 줄기세포 치료시 암발생 위험을 포함한 다른 위험인자에 대한 장기간의 연구가 뒤따라야 하기 때문이다¹⁸⁾.

참 고 문 헌

- 1) 연합뉴스, 2001. 10. 28
- 2) 조선일보, 2001. 8. 8
- 3) 황우석 : 생명복제 기술의 현황과 전망
- 4) 그레고리 E 펜스 (이용혜 옮김) : 누가 인간 복제를 두려워하는가? 양문출판사
- 5) 구영모, 황상익 : 생명복제 연구 및 활용에 따른 몇 가지 윤리적 문제들. *Korean J Med Ethics* 3: 199-209
- 6) 그레고리 E 펜스 (이용혜 옮김) : 누가 인간 복제를 두려워하는가? 양문출판사
- 7) 동아일보, 2002. 2. 25
- 8) 중앙일보, 2001. 11. 27
- 9) 연합뉴스, 2001. 1. 15
- 10) 워싱턴=연합뉴스, 2001. 11. 25 이도선 특파원
- 11) 연합뉴스, 2001. 8. 10
- 12) New York Times, 2002. 3. 1
- 13) 전자신문, 2001. 8. 22
- 14) 동아일보, 2002. 3. 7
- 15) 조규만 신부 : 인간 존엄성에 대한 신학적 성찰 - 제 2회, 생명윤리 세미나 -
- 16) 교황 요한 바오로 2세, 회칙 [생명의 복음] 60항
- 17) 한겨레신문, 2002. 2. 7
- 18) 김건열 : 인간복제, 희망인가 재앙인가. 단국대학교 출판부 2001