

복제기술의 추세와 문제점

Trends in Animal Cloning and Genetic Engineering

이병욱

- I. 서론
- II. 포유동물의 복제
 - 1. 복제의 방법
 - 2. 인간복제 방법
- III. 복제기술의 추세
 - 1. 기간세포를 이용한 조직과 장기생산
 - 2. 유전자 치료
 - 3. 트랜스제닉 생명체
 - 4. 동물로부터의 장기와 조직의 이식
- IV. 개인과 국가의 관점에서 본 복제기술
 - 1. 개인과 복제기술의 관련성
 - 2. 국가와 복제기술의 관련성
- V. 결론
 - 1. 기독교윤리와 신앙관의 재확립
 - 2. 기독교세계관에 입각한 과학교육

Abstract

We live in an era where human cloning is possible. It was recently reported that a lamb was asexually produced by a mammary cell-derived nuclear transfer into anucleated oocyte. Animal production by nuclear transfer rather than by conventional mating has plunged the world into a debate about the possibility of human cloning by almost identical technique used in lamb cloning. Christians have been greatly concerned about this issue since it is an essential belief that creation is accomplished according to the divine will.

This article will briefly describe a history of several cloning experiments and methods used in them. The techniques to clone humans will be described in detail. It will be outlined that the genetic engineering techniques which can be applied for animal cloning are actively carried out nowadays. It has been said that these techniques will greatly contribute to the health and development of humankind in the future. It however should be mentioned that the very same techniques may spread serious problems all over the world. The reason that it is difficult to stop human cloning research will be discussed in the individualistic or national point of view. Finally, two suggestions will be offered to spare Christianity the hazards of misuse of science and human cloning.

I. 서론

1997년에 Scotland의 Roslin Institute는 Wilmut박사의 주도로 양의 체세포로부터 분리한 핵이식(nuclear transfer) 방법으로 복제양 Dolly를 생산하였다고 보고하였다.¹⁾ 초기에는 발생학의 신기원을 열었다는 찬사와 함께 이 실험의 신빙성에 대해 논란이 많이 있었다. 하지만 DNA microsatellite의 분석과 DNA fingerprinting 분석에 의해 Dolly는 분명한 복제양으로 증명되었다.^{2, 3)} 더욱이 1998년에는 일본 Kinki University의 Tsunoda박사의 주도로 소의 복제가 성공하였으며⁴⁾ 같은 해에 University of Hawaii의 Yanagimachi박사의 주도로 쥐(mouse)의 복제가 성공적으로 수행되어⁵⁾ 발생학계에서 수십 년간 불가능하다고 여겨졌던 포유동물의 복제가 보편적인 것으로 되어가고 있다.

발생학자들이 생명체의 복제에 관심을 가진 것은 오랜 역사를 갖는다. 하나의 세포(cell)인 수정란이 발생 분화 과정을 거쳐서 수 조에서 수십 조 개의 다양한 세포들로 구성되어진 성체로 변화되어 가는 현상은 경이로움이었다. 생명과학의 발달과 더불어 생명체의 모든 유전정보가 핵(nucleus)이라는 세포내 소기관에 존재하고 있다는 것이 알려졌다. 또한 분화가 완결된 모든 체세포(somatic cell)들도 최초의 수정란이 보유하고 있던 유전정보와 똑같은 양의 유전정보를 보유하고 있다는 사실이 밝혀졌다. 이후에 유전물질이 제거된 미수정란, 즉 무핵란(enucleated 혹은 anucleated oocyte)에 체세포에서 분리한 핵이 이식되었을 때에 전형성능(totipotency)을 부여할 수 있을지의 여부에 큰 관심을 갖게 되었다. ‘전형성능’이란 ‘하나의 세포나 조직이 적절한 조건에서 완전한 하나의 생명체로 발생 분화될 수 있는 유전적 능력을 보유하였음’을 의미한다.

동물의 전형성능에 관한 최초의 학술적 발표는 1952년 Briggs와 King에 의해 이루어졌는데 개구리(*Rana pipiens*)를 이용한 발생실험

결과이다.⁶⁾ Briggs와 King은 분화 중인 배세포로부터 미세관을 이용하여 채취한 핵을, 핵이 제거된 다른 개구리의 알에 주입시켜서 성체 개구리까지 발생 분화시켰다. 이 실험을 통하여 *R. pipiens*의 경우는 발생 중인 배세포에서 채취한 핵을 공여받은 개구리의 알은 전형성능을 갖는다는 것이 증명된 것이다. 하지만 gastrulation 시기 이후의 조직에서 채취한 핵을 공여받은 경우는 정상적 발생이 더이상 진행되지 않았으므로 전형성능이 상실되었음을 발견하였다.

1968년 Gurdon은 두꺼비의 일종인 *Xenopus laevis*(South African clawed frog)를 사용하여 전형성능을 실험하였다. Gurdon은 미세한 유리관을 이용하여 올챙이 체세포로부터 핵을 채취하여, 자외선 조사(ultraviolet irradiation)로 핵을 파괴한 알에 이식하였다. 이를 blastula까지 분화시킨 후에 핵을 다시 채취하여 이식하는 방법으로 올챙이까지 계속적으로 분화시킴으로써 *X. laevis*의 경우는 올챙이의 세포로부터 분리된 핵을 공여받은 경우도 전형성능을 보유하고 있음을 증명하였다.⁷⁾

식물의 경우 무성생식적으로 새로운 성체가 되는 경우가 동물의 경우보다는 더 보편적이다. 많은 식물체의 경우 가지나 잎 등 성체의 일부분을 이식하는 경우 새로운 뿌리가 발생하고 완전한 식물체로 되는데 이는 식물의 전형성능이 동물보다 월등함을 나타낸다. 1958년 하나의 당근 뿌리 세포로부터 완전한 당근(잎, 줄기, 뿌리 등 완전한 식물체)을 만들어 낸 Steward의 실험은 유명하다. 이후에 품종이 우수한 식물체의 세포를 씨앗처럼 만들어 판매도 가능하도록 생산하였는데 이를 somatic embryo라고 부른다.⁸⁾

이런 하등한 동물이나 식물에서의 복제 성공에도 불구하고 오랫동안 성체가 된 포유동물의 경우는 복제가 불가능한 것으로 생각되었다. 이는 Dolly의 탄생 전까지는 체세포의 핵을 이용하여 포유동물을 복제하려는 여러 차례 시도가 실패하였기 때문이다. 이로 인해 포유

동물의 경우 완전히 분화가 끝이 난 세포가 보유하는 핵은 전형성을 회복시킬 능력을 상실하였다고 믿어져 왔다. 더욱이 체외에서 발생 분화하는 양서류 등의 하등동물과는 달리 포유동물은 수정란이 체내의 자궁(uterus)에서 발생 분화되어야 하기 때문에 연구와 관찰에 더 어려움이 많았다.

Dolly의 생산은 포유동물의 성체 복제는 불가능하리라는 기존의 설을 일축한 것이다. 복제기술의 발달은 생명과학적 측면이나 의학적인 측면에서는 인간이 오랫동안 가져왔던 많은 의문을 풀 수 있게 해 줄 것이며, 산업적으로 많은 응용잠재력을 갖는 것으로 평가받고 있다. 하지만 유전자의 인위적 조작에 의한 생물 다양성의 파괴 가능성이 꾸준히 제기되어 왔다. 더욱이 사회 윤리나 기독교 윤리 관점에서 보면 동일한 기술이 인간복제에 사용될 가능성도 있기 때문에 깊은 우려의 소리가 들리고 있다. 그러면 복제의 방법과 복제기술에 응용될 수 있는 생명과학적 기술들을 설명하면서 인간복제의 문제점들을 생각해 보도록 하자.

II. 포유동물의 복제

1. 복제의 방법

복제란 ‘클론’(clone)을 생산하는 것이고, 클론이란 ‘똑같은 유전정보를 갖는 개체’들을 지칭한다. 발생학을 연구하기 위해서 클론을 생산하는 여러 가지 방법들이 시도되었다. 여기서는 그중에서 몇 가지를 설명해 보기로 하자.

첫째는 할구(blastomere) 분할법이다. 수정란에서 분열하여 2세포기 혹은 4세포가 되었을 때 할구의 투명대(zona pellucida)를 제거하고 할

구를 분할하여 분할난을 얻고 이를 인공 투명대로 다시 둘러싸 실험관에서 분화시킨 후에 자궁에 인공 착상시키는 방법으로 4세포기에 분할하였다면 이론적으로 4개체의 클론을 얻을 수 있다.

둘째는 발생 중인 배세포에서 채취한 핵을 이식하여 복제하는 방법이다. 수정란이 분열하여 8 - 16세포기가 되었을 때에 각각의 세포로부터 핵을 채취하여 무핵란에 이식하는 방법이다. 원칙적으로 Briggs와 King이 개구리의 복제에 사용하였던 방법으로 많은 포유동물들도 이 방법으로 복제가 시도되었고 성공하였다. 초기에는 쥐의 분화 발생을 연구하기 위하여 1970년대부터 이 방법이 사용되었다. 하지만 1986년 Willadsen은 이 방법을 사용하여 양의 복제를 시도하였으며,⁹⁾ 1997년 Wolf 등은 Rhesus monkey의 복제를 성공적으로 수행하여서 대형 포유동물의 복제시대를 열었다.¹⁰⁾

셋째는 성체의 체세포로부터 채취한 핵을 이식하여 복제하는 방법이다. 이 기술은 Dolly를 생산하는데 사용되었던 기술로서 위의 어느 기술과도 다르다. 그 이유는 Dolly는 최초로 완전히 성장한, 즉 분화가 완결된, 암양의 체세포인 유선세포(mammary derived cell)로부터 핵을 분리하여 복제된 동물이기 때문이다. 앞에서 언급하였듯이 완전한 성체로부터의 복제는 불가능하리라고 생각되어져 왔지만 Dolly의 생산 이후에 성체의 체세포에서 분리한 핵을 이용하여 소와 쥐의 복제도 성공함으로써 이 기술은 모든 포유동물에 적용될 수 있는 보편적 기술이 되어 버렸다.

현재 복제기술의 문제점으로는 수율이 너무 낮다는 것이다. 첫 복제동물인 Dolly의 경우 277번의 실패 후에 생산되었다. 또한 복제에 성공한 다른 동물들도 비교적 낮은 복제 성공률을 나타내고 있다. 다른 문제점은 한동안은 복제된 모든 동물들이 암컷(female)이었다는 것이다. 물론 복제동물을 암컷으로 생산한 이유 중에는 새끼(offspring)들을 출산시키기 위한 목적과 젖에서 필요한 치료용 단백질

질을 생산하고자 하는 목적이 있었다. 하지만 수컷을 생산하기 위한 여러번의 시도가 실패하였는데 이는 아마도 성염색체(sex chromosome)의 차이점에 기인한 문제들로 추측을 하고 있을 뿐이었다. 하지만 최근에 암컷 쥐(female mouse)의 복제에 성공하였던 University of Hawaii의 Yanagimachi박사팀에 의해서, 비록 수율은 현저히 낮지만 수컷 쥐(male mouse)의 복제도 성공하였다는 보도에 접하면서 이 문제는 해결된 것으로 보인다.

복제동물에서 나타나는 더 심각한 문제점이 최근의 복제양 Dolly를 처음 생산한 Roslin Institute에 의해서 발표되었다.¹¹⁾ 연구소의 발표에 따르면 Dolly는 현재 3년생이지만 9년생 정도의 노화를 보인다는 것이다. 왜냐하면 Dolly를 생산하기 위해 핵을 채취한 암양이 6년생이었으므로 복제양은 태어날 때 이미 6년생의 노화 정도를 보였다는 것이다. 이는 노화는 외형에서뿐만 아니라 세포 내의 핵 안에 존재하는 염색체에서도 진행되기 때문이라고 추측하고 있다. 인간을 포함한 진핵생명체의 염색체의 양 끝은 텔로머(telomere)라는 서열 구조를 가지고 있는데 이 구조는 세포가 노화될수록, 즉 많은 분열을 할수록 짧아진다. 다시 설명하면 신생아의 경우 텔로머의 길이가 가장 길고 나이가 들면 들수록 짧아지는 것이다. 그러므로 6년생이었던 암양에서 분리한 핵으로 복제된 양의 핵 내에는 자연적으로 새로이 태어난 양보다 훨씬 짧아진 텔로머를 갖는 염색체들이 존재하는 것이다. 그 결과 6년생과 유사한 세포 노후도를 나타내는 것이다. 이 문제의 해결이 동물의 복제 연구에 상당한 난제가 되겠지만 생명과학자들은 이미 텔로머의 길이를 연장시키는 효소인 텔로머레이즈(telomerase)를 발견하였으므로 이를 이용하여 문제를 해결하려 할 것이다.

복제가 보편화되면 가장 심각한 문제는 생명체계의 대혼란에 따른 피해일 것이다. 최근의 연구에 따르면 복제동물은 여러 가지 유전적

결합이 많은 것으로 밝혀지고 있다. 그 원인 중에 하나로 유전자군의 경쟁력 결여에 기인하는 것으로 생각되고 있는데, 정상적인 생식 세포인 난자나 정자의 생성시에 필연적으로 수행되는 유전자 재조합에 새로운 유전자 군이 형성되지만 복제에 사용되는 체세포의 핵에는 이런 재조합 과정이 존재하지 않기 때문이다. 또한 복제과정 중에 필연적으로 발생하는 고율의 염색체 이상에 의해 생산될 수 있는 돌연변이체의 문제이다. 돌연변이체의 생산은 과학자도 미처 예기치 못한 재앙을 인류에게 야기시킬 수도 있을 것이다. 극단적인 예이지만 제한된 종류의 복제동물, 예로 젖을 많이 분비하는 암소로부터 복제된 젖소들로 모든 목장이 가득 채워진다면 차후에는 젖소의 유전인자의 다양성 파괴에 의한 재해를 당할 수도 있는 것이다.

여하간에 발생과 분화가 완전히 끝이 나고 성체로서 활동 중인 생명체의 복제가 가능하다는 사실은 많은 논란을 불러일으켰다. 특히 이 기술이 인간에게 적용되어 성인이 자신의 복제를 원할 때 큰 문제점을 야기시킬 수도 있다는 것이다. 아직 인간복제가 성공하였다는 연구 보고도 또한 시도하였다는 보도도 없지만 만일 인간복제가 시도된다면 어떤 과정을 따라서 수행될 것인가를 동물복제 방법을 참고로 하여 설명해 보겠다.

2. 인간복제 방법

인간은 모든 생명체와 같이 세포라고 하는 기본 단위로 구성되어 있다. 예로 간은 간세포로, 뇌는 뇌세포로 구성되어 있다. 신체를 구성하는 대부분의 세포는 체세포라고 부르는데 각각의 체세포 내에는 똑같은 모양의 염색체(chromosome)가 두 개씩 쌍을 이루어 존재한다. 사람의 모든 체세포 내에는 23쌍, 즉 46개의 염색체가 존재한다. 염색체는 몇 종류의 히스톤(histone)이라 하는 단백질과 함께 유전물질

인 DNA(deoxyribonucleic acid)로 구성되어 있다. DNA는 adenine(A), cytosine(C), guanine(G) 및 thymine(T)의 4개의 염기 (base)를 갖는 nucleotide의 중합체로서 이중나선 구조(double helix structure)로 되어 있다. 23개의 염색체는 약 30억 개의 염기쌍으로 구성되어 있으므로 각 체세포 내에는 약 60억 개의 염기쌍으로 구성된 DNA가 존재한다. 보통 성인의 경우 약 100조 개의 세포로 구성되어 있으며, 생식 세포를 제외한 모든 체세포는 핵 내에 모두 동일한 유전정보를 보유하고 있는 것이다. 모든 인간의 생김새가 다르고 또한 고유의 개성을 가지고 있는 것은 이 유전정보가 다름에 기인한다. 예컨대 자녀는 아버지와 어머니로부터 유전물질을 물려 받으므로 부모를 닮는다. 그러나 자녀 안에 있는 유전정보가 부모와 같을 수는 없다. 그러므로 자녀들은 외형이나 성격이 부모를 닮기는 하지만 부모와는 다른 그 자신의 독특한 개성을 갖는 인격체로 성장해 가는 것이다.

신체를 구성하는 세포들 중에서 자손에게 유전물질을 전달하기 위해 만들어지는 세포가 존재하는데 이를 생식세포라 부른다. 통상 남자의 생식세포를 정자(sperm)라 하고 여자의 생식세포를 난자(ovum 혹은 oocyte)라고 칭하는데 각각 23개의 염색체를 가지고 있다. 23개의 염색체를 갖는 정자와 23개의 염색체를 갖는 난자의 결합에 의해 23쌍(46개)의 염색체가 회복된 난자를 수정란이라 부른다. 이 수정란은 나팔관(oviduct)을 통과해 오는 동안 분열하여 배반포(blastocyst) 시기일 때 자궁에 착상한 후 태아로 분화되어 가고 신생아로 출산되게 된다. 물론 정상적으로 태어나는 신생아들의 모든 체세포들은 23쌍의 염색체를 가지고 있다.

여아는 출생시에 난소에 제1감수분열 전기(prophase I) 상태의 난자를 보유하고 태어난다. 제1감수분열 전기 상태의 난자는 사춘기가 되어 2차 성장을 하여 배란을 할 때 감수분열(meiosis) 과정을 거쳐서 제2감수분열 중기(metaphase II)의 상태의 난자가 된다. 정상적인

경우에는 제2감수분열 중기의 난자의 상태로 수정이 된 수정란은 수정 직후에 감수분열을 종결하여 태아로 발생 분화되기 시작하는 것이다. 인간복제는 여성에게 미성숙란(제1감수분열 전기 상태의 난자)의 성숙을 촉진하는 호르몬의 투여로 시작된다. 호르몬의 투여는 여러 개의 미성숙란이 동시에 수정이 가능한 제2감수분열 중기 상태의 난자로 숙성되도록 촉진한다. 이후에 여성의 난소로부터 제2감수분열 중기(metaphase II)의 난자만을 채외로 꺼내는 것이다. 이 난자로부터 23개의 염색체를 미세한 주사기를 이용하여 제거하는데, 염색체가 제거된 난자를 무핵란 혹은 탈핵란(enucleated oocyte)이라 한다. 이후 이 무핵란에 23쌍의 염색체를 미세한 주사기를 이용하여 주입하거나 세포융합의 방법으로 도입한다. 하지만 이 23쌍은 생식세포간의 결합으로 만들어진 것이 아니고 복제할 인간의 체세포로부터 직접 획득한 것이다. 즉 복제할 인간의 체세포를 채취하여 실험관에서 인공적으로 배양을 시키면 세포는 분열하며 성장해 나간다. 계속 성장을 수행하던 체세포들은 성장배지로부터 영양분을 배제하면 세포분열이 G0/G1 시기(first gap phase)에서 멈춘다. G0/G1 시기는 세포분열에 필수적인 유전정보, 즉 염색체의 2배 합성이 이루어지기 전의 시기로서 23쌍의 상태로 존재한다. 이 세포들로부터 23쌍의 염색체를 갖는 핵을 채취하여 무핵란에 이식하거나 간단히 무핵란과 체세포와의 세포융합을 통하여 23쌍의 염색체를 갖는 복제란을 만든다. 이렇게 획득한 23쌍의 염색체를 주입받은 이 난자는 체세포를 공급한 인간과 동일한 유전물질을 갖게 되는 것이다. 이 난자를 전기나 화학물질 등으로 자극하여 태아로의 분화가 가능하도록 활성화시키고 실험관에서 배양한 후에 난자를 제공한 여성의 자궁에 인공적으로 착상시켜 아기로 출산시킨다. 이 방법으로 태어난 복제 아기는 자신만의 독특한 유전정보를 갖는 정상적 신생아와는 다르게, 핵을 공여한 인간과 똑같은 유전정보를 갖게 되는 것이다. 다르게 표현하

면 핵 공여자의 나이가 사십세였다면 똑같은 유전자를 갖는 복제 아기는 연령적으로 한살인 것이다. 또 백 명의 아기를 복제하였다면 핵 공여자와 백 명의 아기들 모두 유전적인 측면에서 똑같다. 물론 유전정보가 똑같다 할지라도 성장과정의 차이나 교육의 영향 등에 의해 각기 개성 있는 독립된 인간으로 성장해 나갈 수도 있을 것이다. 그러나 외부적 환경에 의해 영향을 받을 수 없는 유전적 본질, 즉 세포 하나 하나에 존재하는 육십 억 쌍의 유전정보는 변화시킬 수 없는 것이다. 복제인간의, 환경과 교육에 의해 변화될 수 없는, 생리작용(physiological)이나 면역체계(immune system) 등은 23쌍의 염색체를 공여한 인간과 동일하다. 그러므로 복제로 태어난 인간의 장기를 염색체 제공자에게 기증할 경우 통상 장기이식(organ transplantation) 시에 발생하는 가장 치명적인 면역거부 반응 등의 부작용이 전혀 없게 되는 것이다.

III. 복제기술의 추세

포유동물의 복제기술은 인간의 복제에 이용될 수도 있다는 가능성만으로도 엄청난 반대와 염려를 야기시켰다. 하지만 우리가 간과할 수 없는 것은 동물복제의 기술 외에도 많은 생명과학 기술들이 심각한 문제점을 야기시킬 수도 있다는 것이다. 동물복제의 기술이 접목될 수 있는 현대의 생명과학 기술들을 설명하면서 이 기술들이 인류의 건강과 복지에 공헌할 가능성뿐만 아니라 오용될 경우에 야기될 심각한 문제점도 가지고 있다는 것을 지적하려 한다.

1. 기간세포를 이용한 조직과 장기 생산

완전한 인간의 복제는 그 가능성만으로도 큰 염려를 야기시켰다. 이런 이유로 하여 현재는 완전한 인간을 복제해 내는 대신에 필요한 장기나 조직만 복제하려는 연구가 활발하게 수행되고 있다. 복제기술이 발전되기 전에는 조직의 복제 연구들이 주로 완전한 성체가 된 후에도 계속 분화가 진행중인 기간세포(stem cell)로부터 새 조직을 얻는 방법에 집중되어 있었다.¹²⁾ ‘기간세포’란 ‘각 조직이나 기관으로 분화해 가기 전의 세포집단’을 칭하며 발생 시에 특정한 조직이나 기관으로 분화해 갈 수 있는 능력을 가지고 있다. 예를 들면 성체가 되어서도 계속 분열하는 골수로부터 적혈구의 생산이나 태아의 뇌조직을 이용한 신경 재생산을 위한 연구가 시도되었다. 또한 심장조직, 근육, 뼈, 피부조직, 신경조직(neuroglia), 특정 호르몬을 생산하는 세포조직 등을 생산하려는 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이런 연구들은 미국의 경우 연방 연구비로 연구가 가능하다.

하지만 현재 가장 큰 관심을 끄는 연구는 성인의 세포나 조직으로부터 일부 조직의 재생산이 아니라 발생 중인 배아(embryo)로부터 필요한 모든 조직이나 장기를 분화 발생시키고자 하는 연구일 것이다. 특히 낙태아(aborted fetus)와 인간의 배아(human embryo)를 사용하여 여러 조직을 동시에 생산할 수 있다는 실험 결과들이 1998년 *Science*에 발표되었을 때 생명과학계와 의학계의 큰 관심을 끌었다.^{13, 14)} 위에서도 언급하였던 것처럼 1개의 수정란(1개의 세포)은 신생아가 되기 위해서는 발생 분화를 통하여 수십 조 개의 세포가 되며 수백 종류의 다양한 세포들로 변화되어 간다. 정상적 발생인 경우 하나의 세포인 수정란은 세포분열을 거듭하여 배반포 시기에 이르고 자궁에 착상한 후에 더욱 분열하여 3겹의 세포층을 갖는 모양이 되는데 이중에서 외엽(exoderm)은 신경세포 등의 신경조직으로 분화되어 가고, 중엽(mesoderm)은 뼈, 연골, 인대 등

으로 분화하며, 내엽(endoderm)은 위, 소장 등 내장조직으로 분화해 가서 궁극적으로 신생아의 모양을 형성하게 된다.

필요한 장기만을 복제하기 위해서는 세포군의 분화가 완료되어 특정 조직이나 장기로의 운명이 결정되어지기 전인 배아 기간세포(embryonic stem cell, ESC)의 상태일 때 분리를 해야 하는 것이다. 즉 수정란이 완전한 태아로 발생하기 전에 세포군들을 미세 수술로 분해하여 독립적으로 분화시킴으로써 원하는 조직이나 장기만을 복제하겠다는 의도인 것이다. 수정란이 분열하여 배반포 시기에 도달하면 내부세포괴(inner cell mass, ICM)라 칭하는 세포군이 존재한다. 정상적인 경우 이 ICM이 분화하여 신생아로 만들어져 가는 것이다. 이 ICM을 미세 수술로 절개 채취하여 *in vitro* 상태에서 배양하면 ESC로 분화하는데 이로부터 원하는 조직이나 장기를 분화시킬 수 있는 것이다. 특히 ESC는 원하는 모든 조직을 형성해 낼 수 있는 능력(pluripotential)을 가지고 있으므로 관심과 연구가 집중되고 있다.

현재의 기술은 장기(organ)까지는 분화시킬 수 없는 수준이다. 즉 이 ESC를 이용하여 혈액세포, 근육세포 등은 만들 수가 있으나 심장이나 위 등의 완전한 장기의 생산은 불가능하다. 하지만 현재 수정란에서 조직이나 기관으로 분화되어 가기 위해 필수적인 세포간의 신호전달 체계(intercellular signaling)가 집중적으로 연구되고 있으며, 이 체계에 이용되는 전달물질의 종류와 기작도 빠른 속도로 이해되어 가는 중이므로 가까운 미래에 세포조직뿐만 아니라 장기, 예로 심장 전체의 생산도 가능하리라 여겨진다. 과학자들은 가까운 장래에 간염, 근육소실, 악성빈혈, 심장질환, 만성적 유전병 등으로 손상된 조직을 복제된 조직으로 대체하여서 제반 증상의 호전이나 완치도 가능하리라고 이야기한다. 최근 이런 기술을 보유한 회사의 주식 값이 폭등하였으며 또한 세간의 관심을 알게 한다. 또한 Dolly를 탄생시킨 Roslin Institute는 최근 조직이나 장기의 복제를 위한 거액의

연구비를 Geron이라는 유전공학 회사로부터 제공받았다는 보도도 있었다.

<문제점> 인간의 조직이나 장기의 생산을 위해서 인간의 발생 중인 인간의 배아를 이용하여야 한다는 데에 있다. 더욱이 면역거부 반응이 없는 조직이나 장기의 생산을 위해서는 조직이나 장기가 필요한 인간의 핵을 공급받은 복제란을 사용해야 한다는 것이다. 즉 복제기술과 기간세포 분화 기술의 협작이 되는 것이다. 심장판박증 등 심장질환 치료 시에도 자신의 조직을 이식할 수 있게 하여 면역거부 반응을 근본적으로 방지할 수 있는 것이다. 하지만 수정란을 이미 하나의 고귀한 인간이라고 보는 종교계나 사회, 윤리적 시각에서는 이것이 큰 문제로 대두되는 것이다.

이런 이유로 해서 인간의 핵을 동물의 난자에 이식하려는 연구도 진행 중이다. 돼지나 양의 난자로부터 핵을 제거하고 인간의 핵을 이식하는 것이다. 1998년 *Science*에는 Advanced Cell Technology라는 회사가 *The New York Times*에 발표한 소(cow)의 난자에 인간의 핵을 주입하여 분화시켰다는 발표로 인한 논란이 실려 있다. 세포질 유전에 의해 발현되는 유전현상에 커다란 문제가 발생할 수도 있다. 예로 독립적으로 DNA를 보유하고 있는 세포의 소기관인 미토콘드리아(mitochondria)는 모계, 즉 난자로부터 제공되므로 소의 난자를 인간의 핵이식에 이용할 경우에는 소의 미토콘드리아를 갖는 인간이나 인간의 조직을 생산하게 되는 것이다. 이런 경우에 어떤 심각한 결과가 초래될지는 아무도 예측이 불가능한 것이다.

2 유전자 치료

현대 의학의 발달은 많은 질병의 치유를 가능하게 하였다. 하지만 부모로부터 물려받은 유전병의 경우는 대부분 완전 치료가 거의 불가능

한 것이 현실이다. 예로, 특히 백인에게 높은 빈도로 존재하는 유전병인 cystic fibrosis(CF)는 인체 세포의 염소 이온(Cl^- , chloride ion)의 수송 이상에 기인한다. 그 결과 신체, 특히 폐에서 분비되는 점액의 점도가 비정상적으로 높아서 폐에서 생산되는 점액을 제거하는 능력이 약화된 증상을 보인다. 이로 인해 CF를 유전병으로 갖는 환자는 폐에 점액이 지속적으로 축적되어 호흡에 곤란을 일으킨다. 또한 폐에 축적된 점액으로 인하여 높은 세균감염 빈도를 보이고 여러 합병증으로 급기야는 사망에 이르게 된다. CF의 완전 치료는 현재로서는 불가능하며, 여러 가지의 약물요법을 사용하여 증상을 완화시켜도 대개 20세 전후에는 사망에 이르게 되는 것으로 알려져 있다.

하지만 분자생물학의 발달로 CF는 cystic fibrosis transmembrane conductance regulator(CFTR)라는 유전자의 이상에 기인한다는 것이 밝혀졌다.¹⁵⁾ CF 환자의 약 70%에서 CFRT 유전자의 돌연변이가 발견되었다. CF의 원인이 되는 유전자가 발견됨에 따라, 화학적 약물에 의한 간접적인 치료가 아닌 직접적인 치료의 가능성을 생각하게 하였다.¹⁶⁾ 이는 바로 ‘유전자 치료’(gene therapy)라고 불리는 방법을 이용하는 것으로 ‘유전병의 원인이 되는 돌연변이 유전자를 정상적인 유전자로 치환하거나 부가적으로 도입하여서 정상 단백질을 발현 시킴으로써 유전병의 근본적 치료를 하고자 하는 방법’이다. 예로 CF의 경우에는 돌연변이가 일어나지 않은 완전한 CFRT 유전자를 CF 환자의 폐세포에 도입하여 발현시키면 완전 치료가 가능할 수도 있다는 이론이다. 완전한 CFTR 유전자의 폐세포 내로의 도입을 위한 전달체(vector)로는 인간에 기생하는 바이러스인 레트로바이러스(retrovirus)가 이용되었다. CF 외에도 adenosine deaminase(ADA) 결여증, 유전성 고콜레스테롤증(familial hypercholesterolemia)에 유전자 치료가 시도되었다.¹⁷⁾ 하지만 공통적 문제점은 치료용 유전자의 세포 내로의 전달율이 너무 낮다는 것이다. 즉 성체는 이미 수십 조 개의 세포들

로 구성이 되어 있으므로 특정 조직의 모든 세포에 정상 유전자를 도입하는 것은 수율이 너무 낮았다. 또한 인간의 면역체계는 새로이 도입되는 단백질을 이물질로 인식하는 경향이 있기 때문에 치료효과가 매우 낮았다. 이런 이유로 하여 CF를 포함한 모든 유전병들에 대해서 수정란의 단계에서 진단하고 만일 이상이 있다면 수정란의 단계, 즉 1개의 세포일 때 정상적 유전자를 도입하여 주면 완전 치료가 가능하다는 이론이 도출되었다. 수정란 단계에서 유전병의 원인이 되는 유전자를 정상 유전자로 치환하면 이후에 세포 분열로 분화되는 모든 세포에는 정상 유전자가 존재함으로써 유전병의 완전 치료가 가능하지 않겠느냐는 것이 현재 연구의 추세인 것이다.

〈문제점〉 미래의 세계에서 유전자 치료 기술이 부모가 유전병을 가지고 있는 경우 수정란 단계에서 유전병의 원인이 되는 유전자를 수리함으로써 유전병을 갖지 않는 신생아를 생산하려는 의도, 즉 유전병의 치료에만 이용될 것인가 하는 의문이 생긴다. 즉 수정란 상태에서의 유전자 조작이 유전병의 치료에만 사용되는 것이 아니라 소위 우량 유전자의 도입을 통한 유전적 우량 인종의 생산이나 특정 목적을 위한 인간의 생산을 시도하고자 하는 목적으로 사용될 수도 있다는 것이다. 특히 미국의 주도로 인간의 모든 유전정보를 해독하고 있는 Human Genome Project가 2003년 경이면 완결될 예정이다.¹⁸⁾ 약 30억 염기쌍(base pair), 즉 약 10만 개의 유전자에 대한 염기 서열의 해독이 끝이 나는 것이다. 물론 10만 개 유전자의 염기 서열에 대한 해독이 완결되어도 모든 유전자의 역할을 즉시 파악할 수 있는 것은 아니다. 하지만 수십 년의 오랜 연구가 필요하겠지만, 궁극적으로 각 유전자의 역할을 이해할 시점에 도달할 것이다. 이 연구가 완결된 후의 미래는 아무도 예상할 수가 없는 것이다. 부모가 원하는 성격과 외모, 혹은 지능을 가진 자녀를 수정란의 유전자 조작을 통해 생산하는 것이 원하는 결혼예복을 맞추는 것과 같이 용이해지는

미래의 세계가 도래할지도 모른다. 이는 또한 우리 개개인은 우연히 만들어진 존재들이 아니라 창세 전부터 하나님의 놀라우신 섭리 하에 계획되어 창조되었다는 기독교의 진리에 심각하게 위배되는 것이다. 더욱이 하나님은 외모나 지능 등 어떤 조건에 따라 우리를 사랑하는 것이 아니라고 믿고 가르쳐 왔던 기독교의 정신이 심각한 도전을 받게 되는 것이다.

3. 트랜스제닉 생명체

‘트랜스제닉 생명체’(transgenic organism)란 자신이 원래는 보유하지 않는 다른 생명체의 유전자를 분자생물학적 조작을 통하여 보유하게 되고 그 유전자로부터 발현되는 다른 생명체의 특정 단백질을 생산하는 생물체를 지칭한다. 예로 당뇨병의 치료에 사용되는 인슐린(insulin)이나 왜소증 치료에 사용되는 성장호르몬(human growth hormone, hGH) 등은 인간의 유전자를 보유한 대장균(*Escherichia coli*)에 의해 만들어진 다. 이처럼 인간의 유전자를 보유한 대장균은 트랜스제닉 생명체의 한 예일 것이다.

하지만 대장균 등의 세균이 대다수 고등동물의 단백질을 생산할 경우에는 큰 문제점에 봉착하게 된다. 즉 몇 종류의 단백질들은 대장균에서 생산할 경우에도 활성형(biologically active form)으로 생산이 가능하지만 대부분의 포유동물 단백질들은 대장균 같은 원핵 생명체에서는 활성형으로 생산이 불가능하다. 그 이유는 고등생물체의 경우는 단백질을 합성한 후 세포내 소기관인 골지체(Golgi complex)에서 단백질을 활성형으로 변형시키는 경우가 많은데 세균에는 이 소기관이 결여되어 있기 때문이다. 즉 단백질을 활성형으로 변형시키는 데는 당을 연결하는 경우(glycosylation) 등 단백질이 아닌 다른 분자구조를 부착시키는 경우와 단백질의 절단을 통한 변형 등이 있

는데 이는 원핵 생명체가 수행할 수 없는 과정이다. 더욱이 골지체에서의 단백질 변형의 양상은 종(species) 간에도 많은 차이가 있는 것으로 밝혀지고 있다. 즉 같은 진핵 생명체라도 가장 하등한 효모(yeast, *Saccharomyces cerevisiae*)와 인간의 단백질 변형 방법은 큰 차이를 보인다. 이런 이유로 하여 현재까지는 의약용으로 사용되는 인간의 단백질을 생산하기 위해서는, 단백질을 생산하도록 유전자 조작이 된 고등 포유동물의 세포를 배양기에서 인공적으로 배양하여야 했다. 포유동물의 세포를 배양하기 위해서는 고도의 배양기술과 함께 비싼 성장배지가 필요하다. 또한 인공 배양된 동물세포가 원하는 단백질을 대량 생산하더라도 순수한 단백질을 얻기 위해 고도의 정제기술이 필요하며, 설사 그렇다 하더라도 정제 수율이 그리 높지 않았다. 이런 이유들에 기인하여 유전공학적 방법으로 생산되는 의약품들은 매우 고가이며 이는 의료적 차원에서 많은 환자들에게 공급하는 데 문제점이 되어 왔다.

이런 문제를 해결하기 위해서 유전공학자들은 저비용으로 의약품 단백질을 생산할 수 있는 방법을 연구하기 시작하였으며, 현재 가장 각광받는 방법으로 생존하는 포유동물에서 필요한 의료용 단백질을 생산해 내는 것이었다. 단백질을 생산하는 동물세포를 고가의 성장배지를 이용하여 배양기에서 자라게 하는 것이 아니라, 사료만으로도 성장이 가능한 살아 있는 트랜스제닉 동물의 생산에 관한 연구가 수행되었고 현재도 수행 중이다. 그 결과 Dolly를 생산했던 Wilmut 박사팀은 혈액응고 인자 IX(Human Factor IX)라는 인간의 유전자를 보유한 복제양을 생산하였으며,¹⁹⁾ Boston의 Tufts University의 연구진은 인간의 antithrombin III을 젖을 통해 분비하는 염소를 생산하였다고 발표하였다. Antithrombin III는 혈액의 응고를 억제함으로써 심장마비 및 뇌졸중의 발병율을 현저하게 감소시킬 수 있는 단백질이다. University of Massachesetts에 의해 트랜스제닉 소(cow)가 복제의 방법

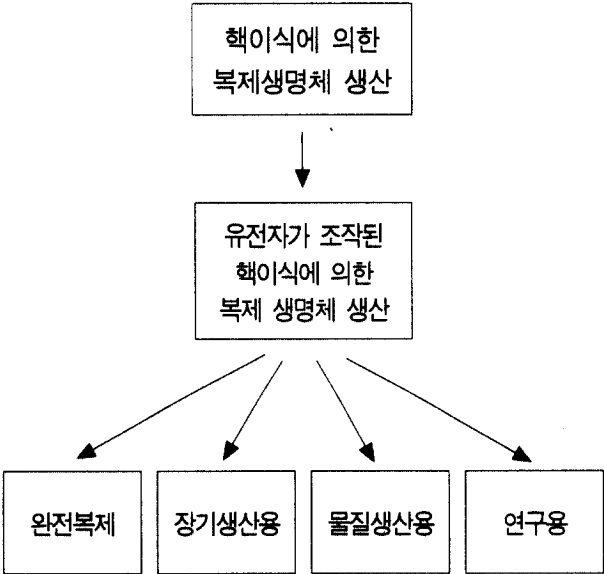
으로 태어났다.²⁰⁾ 특정 치료용 단백질을 생산하는 동물이 생산되어지면, 이후에는 이런 트랜스제닉 생물로부터 혈액을 채취하여 특정한 의약품 단백질을 생산하는 복제동물을 대량으로 생산할 수 있게 된다.

4. 동물로부터의 장기와 조직의 이식(xenotransplantation)

동물이나 인간복제의 필요성을 주장하는 가장 큰 이유 중의 하나는 바로 장기나 조직의 원활한 공급이다. 세계적으로 많은 수의 환자들이 장기 이식을 기다리다 죽어가고 있으며 또한 장기 이식이 되었다 하더라도 면역거부 반응으로 인해 무용지물이 되는 경우가 많다. 면역거부 반응에 대해서는 사이클로스포린(cyclosporin)이라는 획기적인 면역억제제가 개발이 되었고, 또한 면역 기작의 연구를 통하여 많은 부분을 해결하였다. 하지만 필요에 비해 부족한 장기나 조직은 인위적으로 생산할 수 없는 것이 현실이다. 그 결과로 동물의 장기나 조직을 인간에게 이식을 하기 위한 연구가 시작되었다. 특히 인간과 장기의 크기와 형태가 유사하면서도 다량으로 도축이 가능한 돼지를 대상으로 많은 연구가 진행되고 있다.

<문제점> 종간 장기 이식의 문제점은 첫째 인간의 면역기능이 돼지의 장기 이식을 허용하지 않는 면역거부 반응이다. 이런 이유로 실험적으로 진행되었던 50여 차례의 다른 종간의 장기 이식 실험은 모두 실패하였다. 더욱 염려되는 것은 인간에게 치명적인 새로운 질병이 발생하는 것이다. 인간은 인간 고유의 많은 병원성 생명체를 보유하고 있으며 대다수의 경우 큰 문제를 일으키지 않고 인간의 신체나 염색체 내에 기생해 왔다고 볼 수 있다. 같은 맥락에서 동물들도 동물 고유의 병원성 유전물질들을 보유하고 있으며 보통의 경우에는 이들은 인간에게 큰 위협이 되지 않는다.²¹⁾ 하지만 돼지의 장기를 인간에게 이식함으로써 돼지에게만 존재하던 병원성 생명체가 인간

에게 전이되지 않겠느냐는 것이다. 즉 돼지의 병원균이나 바이러스 등의 치명적인 병원성 생명체가 장기를 이식받은 인간에게 옮겨가고 더욱이 다른 인간에게도 전염되어 간다면 인류에 치명적일 수도 있는 것이다. 이에 대해 종간 장기이식의 지지자들은 세균이 없는 상태로 성장시킨 동물(germ-free animal)을 얻는 것은 기술적으로 가능하다고 주장한다. 현재의 기술로는 세균에 노출되지 않은 동물의 생산은 가능하다. 그러나 동물의 염색체 내에 기생하는 바이러스(endogeneous virus)들까지 제거된 동물을 생산하는 것은 현실적으로 불가능하다. 더욱이 어떤 종류의 바이러스들이 얼마나 많이 존재하는지를 검색할 능력이 아직까지는 없는 것이다. 그러므로 종간의 장기 이식은 매우 큰 위험성을 내포하고 있는 시도라 하겠다.



<표 1> 복제의 추세

IV. 개인과 국가의 관점에서 본 복제기술

1. 개인과 복제기술의 관련성

Roslin Institute에서 Dolly의 탄생을 발표하였을 때 인간복제 가능성을 문의하는 전화가 폭주하였다는 소식을 접한다. 최근에는 인간복제를 지지하고 또 원하는 인간은 적절한 가격에 복제를 해 주겠다는 과학을 앞세운 신흥종교까지 나타나고 있다. 학계 일각에서는 인간의 복제는 이제 더이상 기술의 문제가 아닌 단지 시간의 문제인 것으로 받아들이는 것이 사실이다. 인간은 왜 복제에 이처럼 지대한 관심을 갖는 것일까? 가장 근본적인 대답은 질병 없이 오래도록, 가능하다면 영원히 살고 싶다는 인간의 욕망을 충족시켜 줄 한 수단이 되기 때문인 것이다. 복제기술의 매력은 나만이라도 영원히 살고 싶다는 개인의 욕망을 충족하기 위해서 이기적으로 이용되어질 때 그 개인에게는 지극히 유용할 수도 있다는 것이다. 예컨대 복제기술이 보편적으로 허용된다면, 심장병을 앓는 어떤 개인이 자신의 복제인간으로부터 분리한 심장이나 혹은 기간세포로부터 발생된 심장을 어떤 부작용도 없이 안전하게 이식받을 수 있을 것이다. 자신의 체세포에서 분리한 염색체를 이용하여 만들어진 복제 심장의 이식은 칼로 베인 피부가 아물듯이 아무 부작용이 없이 가능하다. 하지만 심장은 하나이므로 심장을 제공한 복제인간은 죽음을 맞이할 것이다. 같은 맥락에서 심장을 복제하기 위하여 사용되어진 복제 수정란도 역시 죽음을 맞는 것이다. 복제기술이 더욱 발달한다면 신체 전체를 교환하는 것이 가능할 수도 있을 것이다. 예로 자신의 신체가 쇠약해지는 것을 느낀 어떤 노인이 풍부한 경험을 갖는 자신의 두뇌를 20대의 젊은 복제인간의 두뇌와 교환하려 할 것이다. 이를 통해 이 노인은 젊은 신체와 아울러 자신의 경험 및 지식을 간직한 두뇌도

유지하려는 시도도 가능한 것이다. 너무 황당한 추측이라는 견해가 있을 수 있으나 생명과학과 의학계에서는 뇌 이식에 관한 논의가 이미 있어 왔다. 나만이라도 영생을 하고 싶다는 인간의 이기주의와 왜곡된 과학적 호기심의 결합이 될 것이 분명한 인간복제에 관한 연구는 이미 중단할 수 없는 과제가 되어 버렸는지 모른다.

2 국가와 복제기술의 관련성

인간복제 기술의 위험성은 많은 국가들에서 공식적으로는 인정되고 있다. 대부분의 선진국가들에서는 학계와 교계가 총망라된 여러 위원회들이 형성되어 인간 자체를 이용한 여러 가지 실험에 대한 금지법규들을 만들었으며 또한 계속적으로 수정 보완하여 나가고 있다. 하지만 제도적 장치나 견해들, 즉 인간복제는 창조주가 세운 창조 질서의 파괴라는 기독교계의 견해나, 고귀한 인간 존엄성의 파괴라는 철학적 의미나, 순수한 과학에 대한 과학의 폭력이라는 과학계 자체의 반대 의견이나, 인간복제 실험에 대한 정부의 강력한 통제 정책 등이 모든 개인이나 모든 국가에 보편적으로 다 적용되지는 못한다는 것이다. 복제인간을 만드는 기술은 기술 그 자체로는 그리 복잡한 기술이 아니다. 그러므로 정부나 사회 단체의 강력한 통제가 없는 일부 개발도상의 국가들이나 외부로부터의 견제나 통제가 불가능한 독재 국가에서 더욱 신속하게 발전되어 갈 가능성도 있다. 또한 최첨단의 과학기술을 갖고 있으나 개인 재산의 사용을 통제할 법적 제도가 없는 국가에서 개인의 연구비에 의한 복제실험을 공식적으로 금지시킬 방법은 없다.

더욱 주목해야 할 문제점은 고도의 과학기술을 갖는 선진 각국의 입장이다. 선진 각국의 공식적 입장은 '복제를 포함하여 인간을 실험 도구로 이용한 연구 절대불가'이지만 '국익을 우선하는 것만이 국가

간의 생존경쟁에서 승리를 할 수 있다'라는 국가이기주의 앞에선 어떤 정책도 무용지물이 되고 마는 것이다. 모든 국가에서 생명과학 기술은 전자, 컴퓨터 기술과 함께 차세대를 이끌어갈 기술로 평가받고 있으며, 생명체의 근본인 유전정보를 원하는 방향으로 변화시킬 수 있는 생명과학을 연구함으로써 파생되어질 경제적 이득의 규모는 천문학적일 것으로 추산되고 있다. 그러므로 공식적 입장과는 달리 인간복제를 포함한 모든 생명과학 기술에서 서로 주도권을 잡으려는 각국의 숨은 의지를 무시할 수는 없을 것이다. 예로 100여년 전 다윈의 진화론으로 인류 역사에 한 획을 그었다고 자부하는 영국은 현재 동물복제를 비롯하여 배아(embryo)를 이용한 장기 생산 등의 기술에 선두주자로 나서고 있다. Roslin Institute는 기술을 개발해 주는 대가로 이미 상상을 초월한 막대한 연구비를 세계 여러 회사로부터 지원받고 있다. 영국 정부는 이에 편승하여 인간복제 실험에 관한 금지법규를 서서히 완화하고 있는 실정이다. 세계 최강국이며 대부분의 과학분야에서 영국보다 앞선 미국이 이를 그냥 조용히 관망만 하고 있을 것이라고 생각하는 나라는 없을 것이다. 사실 미국 대통령의 자문위원들이 인간의 배아를 이용한 장기 생산 실험을 허용할 것을 건의했다는 외신을 접한다. 인간 배아를 이용한 장기나 조직의 생산은 파킨슨 증후군 등 인류의 난치병을 치료하는 데 필수적이라는 것이다. 이와같이 국가간의 주도권 다툼은 인간복제 연구를 중단할 수 없는 심각한 원인이 되는 것이다.

V. 결론

본 논문은 지금까지 인간을 비롯한 동물의 복제방법과 현재 활발히 연구 중인 복제 관련 기술과 그 문제점들에 대해 생각하여 보았다. 우리

는 지금 인간복제가 가능한 시대에서 신앙생활을 영위하고 있다. 핵 이식의 기술은 복제동물을 생산해낼 수 있는 능력뿐만 아니라 여러 가지 응용을 통하여 조직과 장기만을 생산할 수도 있으며, 많은 의약품 단백질들도 대량으로 생산해낼 수 있는 길을 열었다. 수정란 조작을 통한 유전병의 완전 치유가 가능해질 시대에 우리는 살고 있는 것이다. 복제기술은 이제 발생학의 연구 등 단순한 과학적 차원이 아니라 많은 응용 잠재력과 경제적 측면에서 고려되고 있으며 복잡하게 응용이 되어가고 있다(표 1). 잘못 사용되어진 복제기술이 야기시킬 문제점을 일일이 지적하자면 끝이 없을 것이다. 과학사에 비추어 보면 초기에는 선의의 목적으로 시작된 많은 과학 연구들이 초기 연구자들의 본래 의지와는 관계 없이 발전되고 악용되는 경우가 빈번하였다. 그러면 창조주 하나님의 창조사역을 믿고, 성령님에 의한 예수님의 동정녀 탄생을 진리로 믿는 우리 기독교인들에게 무엇이 필요할 것인가? 필자는 다음 두 가지를 제시하고자 한다.

1. 기독교 윤리와 신앙관의 재확립

인간복제의 문제는 사회규범에 따라 논의되고 해결될 것이라고 안일하게 대처할 성질의 문제가 아니다. 인간복제의 문제를 사회윤리나 인간윤리에 의해 해결될 수 있다고 생각한다면 큰 난관에 봉착하게 된다. 어느 과학자도 복제기술을 악용하기 위해서 개발한다고 주장하지 않는다. 모두 나름대로의 연구를 수행하기 위한 논리와 명분을 가지고 있다. 하지만 과학의 윤리와 명분은 사회의 변천에 따라 변화되어 온 것이 정례이다. 그러므로 인간복제의 문제를 인간의 윤리나 사회규범의 관점에서 이해하고 해결하리라 생각해서는 안되는 것이다.

아담의 범죄 이후 인간은 하나님의 신적 능력에 도전하고자 하는

많은 사건들을 일으켜 왔다. 우리가 직시해야 하는 것은 이 모든 사건 뒤에는 늘 사단의 유혹과 속임수가 존재하였다는 것이다. 우리는 '왜 인간복제가 20세기 말에 생명과학계뿐만 아니라 온 인류의 최대 관심사가 되었는가'를 직시해야 한다. 이는 흠사 바벨탑을 쌓았던 시대에 바벨탑이 온 인류의 최대 관심사가 되었던 것과 유사하지 않을까? 그러므로 인간복제는 사회윤리나 인간윤리 정도의 차원이 아니라 하나님을 향한 인간의 신앙 파괴라는 사단의 고차원적 유혹이라는 차원에서 이해해야 한다는 것이다. 우리 교회에서는 인간복제는 기독교 근본 진리이신 삼위 하나님에 대한 사단의 직접적인 도전이라는 인식을 확고히 가져야 한다. 기성 기독교인들만 이런 인식을 갖는 것이 아니라 특히 중요한 것은 과학이 더욱 발달될 21세기에 살아나갈 우리의 자녀들에게 이에 대한 올바른 신앙관을 심어주기에 최선을 다해야 할 것으로 생각한다. 생명의 본질인 영생과 사망은 창조주 하나님의 고유 영역인 것을 더욱 힘써 믿고 또 가르쳐야 한다. 우리 개개인은 우연히 만들어진 존재들이 아니라, 창조주 하나님께서 창세 전부터 특별한 계획과 섭리에 의해서 준비하신 존재라는 것을 더욱 힘있게 가르쳐야 한다. 가장 중요한 것은 우리 인간이 진실로 영생하는 길은 인간의 복제를 통한 물리적인 것이 아니라, 성경에서 가르치셨듯이 '예수님을 구세주로 믿고 그분을 의뢰하는 것'이라는 기독교 근본 진리의 강조, 재강조가 더욱더 필요하리라 사료된다.

2. 기독교 세계관에 입각한 과학 교육

과학의 발달 그 자체는 하나님께서 인간에게 주신 지혜의 산물이라 할 수 있다. 과학이 올바른 가치관에 입각하여 수행되고 또 해석되어질 때 하나님의 오묘하신 창조를 통한 자연계시를 이해하기 위

한 최선의 방법임에 틀림이 없다. 특히 최근에 급속하게 발달하기 시작한 유전자 조작 기술로 대변되는 분자생물학적 기술들은 올바른 방향으로만 사용되면 기존의 의학적 방법으로는 치료가 불가능했던 질병의 치료나, 인류가 아직도 해결해야 할 식량고갈 문제, 혹은 고도의 성장으로 야기된 환경오염 문제를 해결하는 방법을 제시할 수도 있다. 과학지식은 인류에 공헌하는 신기술의 발견을 가능케 하고 더 나아가 창조주 하나님의 오묘하신 사역을 더 깊이 깨닫게 하고 더욱 경외하게 할 수 있을 것이다. 하지만 인간의 끝없는 호기심을 해결하기 위한 수단으로 왜곡된 과학은 지양되어야 한다. 특히 인간 자신을 실험과 조작의 대상으로 삼는 것은 지탄받아 마땅하다.

그러므로 가능하다면 인간복제를 비롯한 과학에 관한 정확한 정보를 어린 기독교학생들에게 전달할 기회를 많이 갖는 것이 바람직하리라 사료된다. 21세기의 교회에 봉사자가 될 어린 학생들로 하여금, 과학이 오용될 경우의 심각성을 인식케 하는 적극적인 교육 자세가 필요하다. 건전한 과학의 연구와 교육은 왜곡되어진 과학에 대처하는 최선의 무기임에 틀림이 없을 것이다. 과학이 무엇인지 모르기 때문에 막연히 오는 공포심을 가지고 바라볼 필요는 없을 것이라고 생각한다. 더욱이 동물복제를 비롯한 모든 과학기술들이 우리가 신앙생활 영위하는데 아무 관련이 없다고 치부하거나, 현대 과학은 모두 반신앙적이고 사단의 역사라고 가르치는 것 또한 위험하기 그지 없을 것이다. 주위를 둘러보면 우리는 이미 많은 유용한 과학기술의 혜택 속에 살고 있다. 그러므로 우리 종교계는 정확한 과학지식을 습득함으로써 인간복제를 포함한 모든 과학의 양면성에 대해 논쟁할 자세가 되어 있어야 할 것이다.

만약 인간복제가 실현된다면 이 사건이 인류에 파급시킬 모든 효과에 대해 지금 모두 답하기는 쉽지 않다. 더욱이 복제기술의 응용이 가능한 분야까지를 생각해 보면 더욱 흥미함을 느낀다. 이를 위

해 앞으로도 더욱 많은 연구가 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Wilmut, I., A. E. Schnieke, J. McWhir, A. J. Kin., and K. S. H. Campbell, "Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells", *Nature* 385, 1997, pp. 810~813.
2. Sarah, B., H. Griffin, C. Haley, J. McWhir, and I. Wilmut, "DNA microsatellite analysis of Dolly", *Nature* 394, 1998, p. 329.
3. Wilde, C., L. M. B. Finch, M. Wells, and M. Peaker, "DNA fingerprinting Dolly", *Nature* 394, 1998, pp. 329~330.
4. Kato, Y., T. Tani, Y. Sotomaru, K. Kurokawa, J. Kato, H. Doguchi, H. Yasue, and Y. Tsunoda, "Eight calves cloned from somatic cells of a single adult", *Science* 282, 1998, pp. 2095~2098.
5. Wakayama, T., A. C. F. Perry, M. Zuccotti, K. R. Johnson, and R. Yanagimachi., "Full-term development of mice from enucleated oocytes injected with cumulus nuclei", *Nature* 394, 1998, pp. 369~374.
6. Briggs, R., and T. J. King, *Transplantation of living nuclei from blastula cells into enucleated frog embryo*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 38, 1952, pp. 455~463.
7. Gurdon, J. B., *Transplanted nuclei and cell differentiation*, Sci. Amer, 219, 1968, p. 24.
8. Hopkins, W. G., *Introduction to Plant Physiology*, Chapter 22, John Wiley & Sons, Inc. New York, USA. 1995.
9. Willadsen, S. M., "Nuclear transplantation in sheep embryo",

Nature 320, 1986, pp. 63~65.

10. Meng, L., J. J. Fly, R. L. Stouffer, and D. P. Wolf, "Rhesus monkey produced by nuclear transfer", *Biol. Reprod.* 30, 1997, pp. 147~176.
11. Shiels, P. G., A. J. Kind, K. H. S. Campbell, D. Waddington, I. Wilmut, A. Colman, and A. E. Schnieke, "Analysis of telomere lengths in cloned sheep", *Nature* 399, 1999, pp. 316~317.
12. Vogel, G., "Harnessing the power of stem cells", *Science* 283, 1999, pp. 1432~1434.
13. Marshall, E., "A versatile cell raises scientific hopes, legal questions", *Science* 282, 1998, pp. 1014~1015.
14. Thomson, J. A., J. Itskovitz-Eldor, S. S. Shapiro, M. A. Waknitz, J. J. Swiegiel, V. S. Marshall, J. M. Jones, "Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts", *Science* 282, 1998, pp. 1145~1147.
15. Riordan, J. R., J. M. Rommens, B. Kerem, N. Alon, R. Rozmahel, Z. Grzelczak, J. Zielenski, S. Lok, N. Plavsic, and J.-L. Chou., M. L. Drumm, M. C. Iannuzzi, F. S. Collins, L. -C. Tsui, "Identification of the cystic fibrosis gene: Cloning and characterization of complementary DNA", *Science* 245, 1989, pp. 1066~1073.
16. Rosenfeld, M. A., K. Yoshimura, B. C. Trapnell, K. Yoneyama, E. R. Rosenthal, W. Dalemans, M. Fukayama, J. Bargon, L. E. Stier, and L. Stratford-Perricaudet, "In vivo transfer of the human cystic fibrosis transmembrane conductance regulator gene to the airway epithelium". *Cell* 68, 1992, pp. 143~155.

17. Knoell, D. L., and I. M. Yiu, "Human gene therapy for hereditary diseases: a review of trials. *Am. J. Health*", *Pharm*, 55, 1998, pp. 899~904.
18. Collins, F. S., A. Patrinos, E. Jordan, A. Chakravarti, R. Gesteland, and L. Walters, "New Goals for the U.S. Human Genome Project: 1998-2003", *Science* 282, 1998, pp. 682~689.
19. Schnieke, A. E., A. J. Kind, W. A. Ritchie, K. Mycock, A. R. Scott, M. Ritchie, I. Wilmut, A. Colman, and K. H. S. Campbell., "Human factor IX transgenic sheep produced by transfer of nuclei from transfected fetal fibroblasts", *Science* 278, 1997, pp. 2130~2133.
20. Cibelli, J. B., S. L. Stice, P. J. Golueke, J. J. Kane, J. Jerry, C. Blackwell, F. A. Ponce de Leon, and J. M. Robl., "Cloned transgenic calves produced from nonquiescent fetal fibroblasts", *Science* 280, 1998, pp. 1256~1258.
21. Butler, D., "Last chance to stop and think on risk of xenotransplantation", *Nature* 391, 1998, pp. 320~324.



■ 이병욱 ■

1960년 서울 출생. 고려대학교 생물학과 졸업. 동 대학원에서 미생물학으로 석사학위 취득, University of Georgia에서 미생물 분자유전학으로 이학박사 학위 취득. 스탠포드대학에서 Charles Yanofsky 교수의 지도 하에 진핵생명체의 발생유전학으로 박사후 과정 공부, 현재 고신대학교 자연과학부 생명과학과 재직중.