

## 영원한 생명에 관하여

최 상 돈

Sangdon Choi, Ph.D.  
Division of Biology, 147-75  
California Institute of Technology  
Pasadena, CA 91125, USA

Tel : 626-395-8732 (office) 626-395-3789 (lab)  
E-mail : schoi@caltech.edu  
Homepage : <http://www.its.caltech.edu/~schoi>

## 서언

인류의 역사 속에서 많은 사람들이 영원한 생명 - 영생의 묘약을 찾아 나선다. 대표적인 예로서, 동양에선 중국의 진시황이 불로초를 찾으려 했고 서양에서는 Columbus를 따라 항해를 나섰던 탐험가 Ponce de Leon이 Bimini라는 섬에 있는 젊음의 샘물을 찾아 나섰지만, 이들을 비롯한 역사 속 인물들의 공통점은 모두가 실패했다는 것이다.

미국의 통계 기록을 보면 1900년의 평균수명이 남자 48.3세에 여자 51.1세, 1950년대 중반에는 각각 66세, 71.7세이던 것이 1996년에 들어와 75.7세 및 82.7세로 증가하게 된다. 지금은 조금 더 증가되어 있을 것이라고 짐작되지만 여전히 변하지 않는 것은 모두가 죽는다는 것이다. 왜 우리 모두 죽을까? 또 왜 남자는 여자보다 먼저 죽을까? 남자가 여자보다 먼저 죽는 것은 남자들의 일상 생활이 스트레스에 더 노출되기 때문이라고 한다. 남성들 사이에 비일비재한 흡연, 과음, 과로 등으로 인한 생물학적 신체손상 외에 보통 남자가 더 위험스런 습성, 예를 들면, 교통사고, 살인, 자살, 또는 총기류 사건에 연루되어 있다는 보고도 눈 여겨 볼 만하다 (2002, Science 297:2008). 평균수명 외에 각 나이별로 현재의 사망률을 적용해 계산하는 예상수명 (life expectancy) 이라는 것이 있는데, 참고로 2000년도에 태어난 한국인의 예상수명은 남성이 70.5세이고 여성이 78.3세이다 (<http://www.who.int/country/kor/en/>).

죽음의 이론에는 크게 두 가지가 있다. Entropic: 세포가 손상을 입어서 기능에 장애를 일으키게 되고 결국엔 죽음에 이르는 것. Telomeric: 일정 세포분열 후에 기능장애를 일으키도록 유전자 상에 디자인되어 있는 것. Telomere가 점점 짧아지는 것을 지칭한 것이다.

세포가 손상되는 속도를 지연시키기 위해 우리는 비타민 C와 E를 비롯한 많은 항산화제를 먹는다. 하지만 지연시키는 데는 한계가 있다. 유전자 상에 프로그램 되어 있다는 설도 널리 인정받고 있으나 그 기작을 명확히 밝혀내어 실제로 용

용하기에는 아직 많은 시간이 필요하다. 속도를 예측할 수 없는 과학의 발전에 기대를 거는 일부 사람들은 cryonics에 의지하기도 한다. 시신을 액체 질소에 냉동 보관하여 미래의 어떤 시점에 재생시키고 건강을 회복시켜 심지어는 영생을 얻을 수도 있지 않을까 하는 기대에서이다. 한편 근간 nuclear transfer를 통한 cloning이 예상 밖의 과학적인 성공을 거둠으로써 사실상 자기와 똑같은 유전자를 가진 복제생명체 (clone)의 탄생이 가능해졌고, 이를 응용한 또 다른 형태의 영생구현의 가능성이 예측되고 있다. 자기 자신의 생물학적 신체복제가 가능해진 것이다.



## Cloning

17살 된 황소 (bull)에서 떼어내고 3개월 동안 조직배양해서 10-15 passage가 경과한 ear skin fibroblast 세포를 nuclear donor로 사용해 여섯 마리의 송아지 clone이 탄생하였다 (2000, PNAS 97:990). 곧이어 또 다른 논문에서는 (2000, Science 288:665) 소의 fetal fibroblast를 오랫동안 조직배양해 노화단계에 이르게 한 다음 nuclear transfer를 시켜 역시 여섯 마리의 건강한 송아지를 얻었다. 더욱 흥미로운 것은 이들 복제된 fetus로부터 분리한 배양세포들의 증식능력이 회복되어 그들의 수명이 비교군에 비해 증가되었다는 것이다. 증식능력 회복과 관련되어 있는 것으로 잘 알려져 있는 telomere의 길이가 일부 증가되어 있었고 노화와 관련이 있는 EPC-1 유전자 (early population doubling level complementary DNA-1)의 발현도 3.5-5배 높게 관찰되었다.

1997년 Dolly (1997, Nature 385:810) 이후 지난 몇 년 동안 많은 cloning들이 진행되었다. 초기에는 adult 세포로부터 cloning된 이 동물들의 건강상태에 문제가 있을 것이라는 추측들이 만연했으나, 최근의 보고 (2002, Nature Biotech 20:13; 2001, Science 294:1893)에 따르면 cloning에 의해

탄생된 상당수의 동물들이 건강해 보이며 정상적인 어른으로 성장해 건강한 자손들을 생산하고 있다. 인간의 경우 윤리적인 문제 때문에 금지되어 있으나 조만간 동물들의 생물학적인 복제가 과학적으로 더욱 성숙해 질 것은 자명하다. 그러나 생물학적 복제, cloning이 자신의 생명을 영속시키는 것이라고 볼 수는 없다. Cloning은 시작 단계에서 자신과 똑같은 유전자 서열을 가진 또 다른 개체를 만드는 것일 뿐 자신의 의지와는 상관없다.

## 영원히 사는 것

영화 'Total Recall'에서 Arnold Schwarzenegger는 두 기억의 세계를 오가며 두 인생을 산다. 결국 자신이 잘못된 memory로 프로그램 되었음을 깨닫고 화성으로 가 자신의 기억과 본래의 임무를 찾아 수행하게 되지만 말이다. 기억을 잃어버린 사람은 이미 이전의 사람이 아니다. 그는 다시 시작하는 인생이 되어버린다. 신체는 생명을 유지하지만 기억은 '나'라는 존재를 유지한다. 우리는 종종 전생을 기억한다는 사람들을 본다. 전생을 모두 기억한다면 그는 전생의 인물이자 현재의 '나'이다. 끊임없이 전생을 기억하게 된다면 그것이야말로 영생일 것이다.

'나'는 어디에서 오는 것일까? 30억 개의 유전자 서열에서 오는 것은 확실히 아니다. 일란성 쌍생아의 경우 전혀 다른 개체로 발달해 가는 것을 보면 명백히 유전자에서 오는 것은 아니다. 살아가면서 배우고 경험하고, 기억들이 누적되어 어느 한 시기에 '나'라는 존재를 죽음과 구분 지으면서 우주 속에서 발견하게 되는 시기가 곧 정작 '나, 아무개'라는 개체의 탄생을 의미한다. 따라서 '나'는 경험에 의해 축적된 기억의 세계를 기반으로 서게 된다. 어느 순간부터 기억이 '나'의 존재를 지탱하는 수단이 되는 것이다. 이제 '나'의 생명은 기억이다.

## Memory

Central nervous system (CNS) - 중추 신경계에서 분자 생물학적인 활동에 의한 변화가 학습과 기억을 일으키는 기작이다. 경험이 두뇌에 있는 신경세포들의 synaptic junction들을 변화시켜 고정화하고 (consolidation), 차후에 이 정보들은 다시 불러 낼 수 있게 된다. 학습의 결과 새로운 습성이 습득되면 synaptic density가 증가한다 (1993, Annu

Rev Physiol 55:397). 복잡한 환경 속에서의 spatial training은 hippocampus CA1에서 basal dendrite의 spine density를 증가시킨다 (1997, J Comp Neurol 380:373). 이와 같은 과정에 관여하는 유전자들 중 하나로 BDNF (brain-derived neurotrophic factor)가 있는데, BDNF는 Morris water-maze training에 의해 hippocampus의 dentate gyrus에서 그 mRNA의 증가가 관찰되며 BDNF의 발현 역제는 long-term potentiation에 장애를 준다고 한다 (1998, Neurosci 82:957). 학습과 기억에 관련된 BDNF/TrkB signaling의 최근 review (2002, Learning & Memory 9:224) 또한 이를 뒷받침하고 있다.

우리가 기억하고 있는 모든 것을 컴퓨터의 memory로 계산한다면 얼마나 될까? 1 GB? 많이 알고 있는 듯 싶어도 해상도에서 형편없이 떨어지는 점을 감안하면 1 GB도 안 될 듯 싶다. 컴퓨터의 memory와는 그 형태가 다르지만 두뇌에서 저장되는 기억을 컴퓨터의 memory로 전환시켜 디스크에 보관할 수 있다면 기억을 상실하는 만약의 사태 (죽음)를 예방할 수도 있을 것이다. 관건은 두뇌에서 기억되는 형태를 컴퓨터의 memory로 전환시키고 이를 다시 대체물에서 - 그것이 예를 들면 자아의식이 없는 clone이든 로봇이든 - 재생시키는 것이 가능할 것인가이다. 색다른 존재로 생활하는 것이 처음엔 어색하겠지만 곧 익숙해질 것이고, 사회적 통념도 시간을 통해 자연스럽게 인정할 것임을 우리는 역사를 통해 자주 보아왔다.

두뇌에서 기억의 기능에 직접적인 매개 역할을 하는 부위가 hippocampus이다. 신경세포는 대개 재생되지 않는 것으로 알려져 있지만 hippocampus의 dentate gyrus 부위에서는 일생동안 신경세포 (neuron)를 생성시키고 있다 (neurogenesis). 두뇌활동을 많이 함으로써 hippocampus의 neurogenesis를 촉진하고 이는 곧 학습능력을 증진시키는 효과가 있다 (1997, Nature 386:493 ; 1998, J Neurosci 18:3206). 활발한 신체적 활동에 의해서도 이 neurogenesis는 향상된다 (1999, Nat Neurosci 2:266 ; 1999, PNAS 96:13427). Hippocampus의 neurogenesis가 memory 형성과 직접 관련이 있음도 거듭 확인되었다 (2001, Nature 410:372). 왜 성인의 두뇌에서 계속 새로운 신경세포가 생성될까? Neurogenesis는 hippocampus로부터 old memory가 cortex로 전달된 후 이의 흔적을 제거하고 새로운 memory를 형성하는데 필요하다는 설이 있고 (2001, Neuron 32:911), 이 밖에 hippocampus의 기능과 관련된 특정 행동

에 의해서만 neurogenesis가 일어난다는 관찰도 있다 (2002, J Neurosci 22:635). 기억의 형성에 관련된 기작은 매우 복잡하여 그 연구상황이 아직은 걸음마 단계이나 아무튼 새로운 뇌세포가 계속 생성된다는 것은 반가운 이야기이다.

필자의 연구에서 기억형성에 관여하는 유전자가 CA1과 dentate gyrus에서 다른 생물학적 조건에 비해 비교적 적은 수십 내지 백 개 정도가 조절되는 것을 보면 (2003, submitted to Nature) 기억형성은 mRNA상 변화 외에 세포 구조상의 변화가 밀접하게 관여하는 듯 보인다. 경험 --> hippocampus --> cortex로 진행되는 기억형성과 보관의 과정이 상세하게 밝혀져 이를 응용할 수 있다면 '나'를 영속시키기 위한 궁극적인 해결책이 가능해질 수도 있겠다. 바람직하게는 우리 모두의 생전에 말이다.

### 모두가 영생한다면

인간의 수명이 크게 증가하거나 불멸할 경우, 역시 가장 큰 문제는 과잉 인구문제일 것이다. 지구상에서 현존하는 자연 자원에 비해 월등히 많은 인구는 온 인류가 공평한 마음의 준비가 없는 상태에서는 또 다른 재앙을 불러 올 것이 분명하기 때문이다. 생명활동을 계속 할 수 없을 정도의 포화상태가 되기까지는 그다지 긴 시간이 걸리지 않을 것이다. 또한 과학이 육체적인 영생을 제공할 수 있다면 종교나 철학의 입지가 크게 달라질 것이다. 사람들은 성경 속에서 구원을 찾지 않고 동네 약국에서 영생을 돈으로 살려고 들것이다. 과연 인간이 영원히 산다면 정말 재미있을까? 예를 들면 영원히 곱프를 친다고 해보자. 그들은 시간이 길어지면 지겹게 느껴질 때도 있기 마련이다. 이승에서 큰 죄를 저지른 사람이 저승에 가면 유흡불 속에서 죽지도 못하고 영원히 불에 탄다는 이야기는, 죽지 못하게 하는 것이 또 다른 큰 징벌이 될 수도 있음을 의미한다. 따라서 영원히 사는 것만으로는 부족하다. 삶의 의미는 행복할 때 가치가 있기 때문이다.

## 학 · 회 · 안 · 내

### 학회 연락처 및 회비납부안내

#### 회비납부 (년회비-원)

정 회원	30,000
일반회원	20,000
학생회원	10,000
단체회원	500,000~1,000,000
특별회원	500,000

1. 정 회원 : 유전체 연구 및 관련분야에서 박사학위 소지자, 대학 전임강사, 연구소 선임 연구원, 또는 이와 동등한 자격을 가진 자
2. 일반회원 : 본회의 목적에 뜻을 같이하는 자
3. 학생회원 : 대학 또는 대학원에서 유전체 연구 관련 학문을 수학하고 있는 자
4. 특별회원 : 대의원회의 추천을 받고, 특별회비를 납부하는 기관 또는 산업체
5. 단체회원 : 대의원회의 추천을 받고, 단체회비를 납부하는 학교, 도서관, 연구소, 기타 영리를 목적으로 하지 않는 학술단체 및 기관

#### 회비안내

예 금 주 : 한국유전체학회 / 농협중앙회 [079-17-038786]