



동물의 수명은 어떤가

‘산화적 스트레스’

극복능력 우수한 동물이 장수

글_ 이재용 한림대학교 의과대학 교수 jyolee@hallym.ac.kr

사람을 비롯한 모든 생물은 계속 살지 못하고 노화하여 죽는다. 이것은 생명이 탄생하였던 태고 시절부터 현재까지 예외가 없는 생명 현상의 특징이다. 개체의 영생이 불가능하기 때문에 생명체는 재생산된 후손에 의해 그 종족이 계속 유지되도록 진화되어왔다. 생명체의 수명은 종마다 다르지만 기본적으로는 개체에 주어진 환경과 개체가 가지고 있는 유전적 특성으로 결정된다. 생명체의 수명은 1일부터 1만 년에 이르기까지 현저하게 차이가 난다. 일반적으로 식물의 수명은 길고, 동물의 수명은 상대적으로 짧다. 현존하는 최장수 식물은 미국 캘리포니아의 ‘이터널 갯’

나무로 현재 나이가 1만2천년으로 추정되고 있다.

동물 중 바다거북 최대 200년까지 살아

가장 오래 사는 동물은 바다거북으로 최대 수명이 약 200년 정도이다. 그에 반해 생쥐는 3~4년까지 사는 것으로 알려져 있고, 사람은 오래 사는 동물 중의 하나로 최대 수명은 120세에 이른다. 최대 수명은 자연 상태에서 측정되어야 하지만 현실적으로 어렵기 때문에 장수동물의 최대 수명 자료는 정확하다고 할 수는 없다.

몸무게가 큰 동물이 대사속도가 느리기 때문에 오래 산다는 학설은 많은 동물에 대해 맞지만 상당수 예외가 존재한다. 박쥐 몸무게는 쥐와 비슷하지만 최대 수명이 15~25년까지 되는 것으로 알려져 있으며 학, 두루미와 같은 새도 몸무게는 가볍지만 최대 수명이 50~60년에 이르는 장수동물로 알려져 있다. 또한 바다거북과 사람이 가장 몸집이 큰 동물이 아닌 데도 최장수 동물인 것도 예외가 된다. 미국 동부의 메인 주에 서식하는 바닷가

최장수 동물인 바다거북



재는 수명이 20년에서 최대 100년에 근접하는 것으로 보고되어 흥미를 끌었다.

인간의 최대 수명에 대한 예측도 지속적인 관심의 대상이다. 대부분의 동물 수명이 성장기 기간의 5~6배라는 사실을 근거로 하면, 인간의 수명은 $(20\sim25)\times(5\sim6\text{배})=100\sim150\text{세}$ 가 되며, 또한 성(性)성숙기의 8~10배라는 관찰에 의하면, $(14\sim15)\times(8\sim10\text{배})=110\sim150\text{세}$ 가 된다.

헤이플릭은 태아의 섬유아세포 배양에서 최대 분열수는 그 동물의 최대 수명과 비례한다고 했다. 예를 들어 생쥐는 8번 분열로 최대 수명은 3년이고, 토끼의 섬유아세포는 20번, 말의 섬유아세포는 30번 분열로 최대 수명은 각각 20년, 50년이다. 이러한 비례에 의하면 인간의 섬유아세포의 최대 분열수는 50~70번이니 이를 근거로 최대 수명을 환산하면 100~120세가 된다. 거북의 섬유아세포의 최대 분열수는 80~110번으로 최대 수명이 150~200으로 계산되어 실제와 유사하게 잘 맞아떨어진다는 것을 보여주고 있다. 이상의 여러 관찰에 의하면

여러 동물 종의 확인된 최대 수명

동 물	최대수명(년)	동 물	최대수명(년)
Tortoise (거북)	150~200	Rhesus monkey	24
Human (인간)	100~120	Dolphin (돌고래)	23
Elephant (코끼리)	60	Dog (개)	20
Oranhuman (오랑우탄)	58	Domestic Goat (염소)	20
Gorilla (고릴라)	55	Moose (북미산 큰사슴)	17
Chimpanzee (침팬지)	50	Kangaroo (캥거루)	16
Golden Eagle (독수리)	50	Rabbit (토끼)	15
Whale (고래)	50	Vampire bat (흡혈박쥐)	13
Horse (말)	50	Skunk (스컹크)	13
Grizzly bear (회색곰)	35	Rat (쥐)	4~5
Domestic cat (고양이)	30	Mouse (생쥐)	3~4
American buffalo (들소)	26	Shrew (뒤쥐)	2
Lion (사자)	25		

인간의 최대 수명은 100~150 정도가 되며 이 수치는 인간의 장수기록과 잘 일치하고 있다. 이와 같이 여러 관찰과 장수기록을 고려할 때 인간의 자연노화에 의한 최대 수명은 120세 정도가 맞는 것으로 판단된다.

기네스북에 오른 인간의 최장수 기록은 1875년 2월 21일 프랑스에서 태어나서 1997년 8월 4일 사망한 잔느 칼망 할

머니의 122년 164일이다. 칼망의 장수기록은 여러 방법으로 확인되었다고 하니 인간의 확인된 장수기록은 123세인 셈이다. 일본인 시즈마 시게치요도 1865년 이후 120년 237일을 산 것으로 기네스북에 보고되는 등 120세 근처의 장수기록들이 많이 존재하는 것을 보아도 장수기록을 근거로 한 인간의 최대 수명은 120세라고 보는 것이 합당하다.



텔로머라제 활성 클수록 암화 확률 높아

동물의 수명을 결정하는 기전을 밝히기 위해서는 동물 사이의 비교 연구가 필수적이다. 특히 분자세포생물학적 기전에 대한 비교 연구가 필요하지만 불행하게도 이에 대한 연구가 절대적으로 부족한 상태이다. 그나마 최근의 연구결과가 어느 정도 현상에 대한 예측을 내릴 수 있는 정도이다.

포유동물 체세포에서 텔로미어의 길이는 수명이 긴 사람이 가장 짧고 수명이 짧은 생쥐와 쥐는 오히려 길었으며, 수명이 중간인 개의 경우는 사람과 쥐의 중간이었다. 텔로미어를 만드는 효소인 텔로

머라제는 사람의 체세포에는 전혀 없었으나, 생쥐, 쥐, 개에게는 모두 텔로머라제 효소가 존재하였으며, 생쥐가 가장 활성이 높았다. 텔로미어가 가장 길고 텔로머라제 활성까지 있는 생쥐가 가장 수명이 짧다는 사실은 노화가 되면서 텔로미어의 길이가 점점 짧아진다는 텔로미어 단축가설로는 설명할 수가 없다. 실제로 사람의 경우에만 노화가 되면서 텔로미어의 길이가 점점 짧아졌고, 개, 쥐, 생쥐는 노화에 따른 텔로미어 단축이 관찰되지 않았다. 이는 체세포에 텔로머라제 활성이 없는 사람의 경우에만 텔로미어 단축가설이 적용 가능한 것을 보여준다.

그렇다면 텔로미어도 길고 텔로머라제 활성도 있는 생쥐와 쥐의 수명이 어떻게 사람보다 짧을까. 이에 대한 대답은 또 다른 실험으로 설명된다. 수명이 다른 여러 포유동물의 정상 섬유아세포에 SV40 바이러스의 암유발 단백질인 large T antigen의 유전자를 과발현시켰을 때 생쥐가 가장 높은 확률(약 90%)로 불멸화가 일어나고, 개의 경우는 약 40%, 사람의 경우는 0%였다. 텔로미어가 길수록 텔로머라제 활성이 클수록 체세포의 불멸화가 높은 확률로 일어난다는 실험 결과다. 즉, 사람의 세포가 암세포화하는 확률이 가장 낮고, 생쥐의 세포가 가장 쉽게 암세포로 변화되는 것을 알 수 있었다. 생쥐가 수명이 짧은 이유는 바로 텔로머라제 활성의 존재 때문에 암발생률이 높기 때문으로 추정된다. 이러한 사실을 뒷받침하는 또 한 가지의 연구결과는 바로 사람의 암세포의 85% 이상에서 텔

노인인력 맞춤형 취업훈련

서울노인복지센터가 실시하는 기업이 원하는 맞춤형 취업훈련의 하나로 서울 종로구 노인취업훈련센터에서 열린 주유직 취업노인 실무교육에서 참가자들이 주유기 작동교육을 받고 있다.



연합포토

로머라제가 활성화된다는 보고로 텔로머라제의 활성화가 정상 사람세포의 암화를 가져온다는 것을 암시해준다.

유전자 손상회복 능력 우수할수록 수명 길어

세포수준의 노화를 설명하는 '복제적 노화'는 동물의 체세포 배양에서 일정 수의 분열을 한 다음 세포가 노화하여 더 이상 분열을 못하고 비가역적 성장정지를 나타내는 현상을 일컫는다. 섬유아세포의 경우 사람은 50~60번, 개는 20번, 쥐는 15번, 생쥐는 8~10번의 분열 후 복제적 노화에 도달한다. 포유동물의 최대 수명과 섬유아세포의 최대분열수는 잘 비례하기 때문에 이 복제적 노화 현상은 개체수준의 노화가 세포수준의 노화와 유사하다는 것을 나타내는 한 가지 증거가 된다. 이 현상은 텔로미어 길이 및 텔로머라제 활성화와 직접적으로 연관되어 있지 않는 것으로 보인다. 텔로미어 길이 및 텔로머라제 활성화는 동물세포의 최대 분열수와 반대로 나타나고, 수명이 짧은 동물이 더 빨리 노화가 된다는 것을 설명하기 때문에 복제적 노화의 기전에 대한 해석은 바로 동물간의 노화 현상에서의 차이를 설명한다. 그렇다면, 이 복제적 노화현상은 어디에서 오는 것인가.

현재까지 노화현상을 설명해주는 이론 중 가장 많은 증거가 있는 이론은 바로 '산화적 스트레스' 이론이다. 산화적 스트레스 이론은 우리가 섭취한 음식이 소화효소에 의해 부서져서 만들어진 포도당이 세포의 미토콘드리아에서 TCA 사

이클 후에 산화적 인산화 과정을 통하여 우리 몸의 에너지인 ATP가 만들어질 때 동시에 활성산소인 라디칼이 생성된다. 이들 라디칼들은 반응성이 매우 강해 세포를 공격하고 고분자물질인 유전자, 단백질, 지질의 손상을 유발하여 노화가 진행된다는 이론이다.

수명이 긴 동물의 세포는 산화적 스트레스에 의한 여러 손상을 줄여주거나 회복하는 능력이 우수할 것으로 보인다. 포유동물의 섬유아세포에 여러 방법으로 유전자 손상을 유발하고 손상된 유전자를 회복하는 능력을 조사한 결과, 유전자 이선절단의 회복(DSBR), 염기절단의 회복(BER), 뉴클레오티드절단의 회복(NER)의 세 가지 다른 유전자 손상 회복 활성화에서 모두 수명이 긴 동물이 수명이 짧은 동물보다 월등히 우수한 것으로 나타났다.

유전자 손상의 회복이 우수한 것이 바로 자연적으로 발생하는 산화적 손상으로 부터 세포의 손상을 적게 만들어 노화가 천천히 일어나게 하는 것처럼 보인다. 그러나 아직 결론을 내리기엔 연구결과가 미흡하다. 유전자 손상의 회복능력이 복제의 노화의 직접적인 원인이 되는지 아직 정확히 파악되지 않은 상태이며, 그 밖에 다른 기전들이 얼마나 기여하는지에 대한 조사도 아직 밝혀지지 않았다. 앞으로도 더 많은 연구가 이루어져야 동물 사이의 노화 속도의 차이를 정확하게 설명할 수 있을 것으로 보인다.

자연노화에 의한 인간의 최대 수명이 120세라면, 120세 이상을 살기 위해선

전적으로 인간의 자연노화에 대한 기전을 정확히 파악하고 이를 개선하는 방법만이 유일한 길이다. 이를 해결하기 위해선 노화기전의 규명과 노화를 억제할 수 있는 새로운 방법에 대한 연구에 많은 투자가 필요하다.

2001년, 계놈연구 이후의 인간 최대의 연구과제 중 하나는 '인간은 왜 늙고, 어떻게 하면 늙지 않도록 하는가'이다. 해결의 관건은 수명을 결정하는 분자수준의 기전이 어떻게 다르며, 그것이 무엇인가를 파악하는 것이다. 즉 거북의 자연노화가 사람보다 더딘 이유가 무엇인지를 규명해야 한다는 것이다. 이것을 정확히 파악하고 규명한다면 노화를 억제하는 방법 또한 쉽게 해결될 수 있을 것으로 보인다.

여러 선진국에서 앞을 다투어 노화의 기전연구에 수많은 투자를 아끼지 않고 있으며, 우리 나라도 지난 2000년 들어 과학기술부의 우수연구센터, 지역협력연구센터, 보건복지부의 생명노화센터 등 노화연구를 주도하는 센터가 지정되었다. 노화연구가 급속도로 이루어지고 있기 때문에 이제 우리 나라에서도 세계를 이끌어갈 새로운 연구결과가 나오길 기대해 본다. ㉔



글쓴이는 한국노화학회 학술위원과 편집위원을 지냈으며, 현재 한국노화학회 운영위원장을 겸임하고 있다.