



양(Ovis aries) : 복제의 그늘

대부분의 반려동물들에게 이름이 있지만, 가장 유명한 동물의 이름은 반려동물의 것이 아니다. '돌리'는 개나 고양이가 아니라 복제된 양의 이름이기 때문이다. 1997년 '네이처'지는 여섯 살난 암컷 양의 젖샘세포 핵을 난자에 치환시켜 얻은 체세포 복제양이 탄생했다고 알렸다. 종교계와 사회 각 분야에서 돌리는 과학의 영역을 넘어 곧 윤리적 논쟁으로 번졌다.

하지만 정작 논문의 교신저자였던 이언 윌머트(Ian Wilmut)는 논문의 말미에서 돌리의 탄생이 포유류에서 최초로 '유전체 동등성(Genomic Equivalence)'을 증명한 성과라는 건조한 표현을 사용했다. "몸 안에 있는 대부분의 세포에서, 또 수정란 때부터 분화세포가 될 때까지 얼마의 시간이 지났는지에 상관없이 체세포핵 내 DNA 속에서는 완벽한 개체를 발생시킬 수 있는 능력이 그대로 간직되어 있다".

유전체 동등성이란 성체의 다양한 세포들이 동일한 유전체로부터 비롯되었다는 생각이다. 만약 서로 다른 세포의 표현형이 동일한 유전형으로부터 기원한다면, 모든 세포의 유전체는 개체를 발생시킬 수 있는 정보를 동등하게 지니고 있다는 말이 된다. 이를 증명하는 가장 좋은 방법이 바로 성체세포의 유전체를 이용해 새롭게 복제된 개체를 만드는 것이다. 윌머트 박사의 연구팀은 포유류에서 이 가설을 증명했다.

연속된 거짓 성공들

유전체 동등성과 복제생물 때문에 발생학 교과서는 판을 거듭할 수록 빠르게 수정되고 있다.

식물의 껍질, 접목, 조직배양 등의 영양생식과 동물복제는 같은 원리다. 이미 식물에서는 아주 오래전부터 잎의 조직을 따로 배양해서 새로운 개체를 만들 수 있음이 알려져 있었다. 식물은 가능한데, 왜 동물은 불가능한지를 깊이 탐구한 과학자가 열렬한 나치당원이기도 했던 한스 슈페만(Hans Spemann)이다. 1938년 슈페만은 초기 배 단계의 세포핵을 다른 난자에 이식하는 핵이식 실험을 제안했다. 그로부터 14년 후, 미국 필라델피아에서 로버트 브릭스와 토머스 킹에 의해 표범개구리 핵이식이 성공했다. 하지만 이식된 핵은 체세포에서 비롯된 것은 아니었다.

1966년에는 영국 케임브리지 대학의 존 거든 연구팀이 제노푸스를 이용해 최초로 성체 세포의 핵을 난자에 이식해서 개체복제에 성공했다고 발표했다. 하지만 성체세포주로 이용된 올챙이의 장세포 속에 배아세포가 포함돼 있다는 반론이 있었고, 거든은 이 반론을 잠재우기 위해 개구리 물갈퀴 세포를 사용했지만 복제는 실패했다. 알 수 없는 이유로, 개구리 체세포의 핵으로는 새로운 개체를 발생시킬 수 없었던 것이다.

거든의 실패 후 복제실험의 발전은 더디게 진행되다가 1981년 제네바 대학의 연구진에 의해 생쥐의 체세포복제 성공이 '셀'지에 발표되기에 이른다. 하지만 이 논문은 가짜로 판명되었고, 동물 최초의 체세포복제 성공은 중국 연구자들에 의해 1984년 물고기에서 이루어졌다. 하지만 1997년 체세포 핵이식을 통해 돌리가 탄생하기 전까지, 포유류에서의 체세포 개체발생은 불가능한 것으로 알려져 있었다.



글 김우재

미국 UCSF 박사후연구원
heterosis.kim@gmail.com

글쓴이는 연세대학교 생물학과 졸업 후 포항공대에서 석사·박사학위를 받았다. 현재 미국 UCSF에서 초파리 행동유전학을 연구하고 있다.

체세포 개체복제와는 달리, 배아세포를 이용한 개체복제 연구는 꾸준히 발전하고 있었다. 동시에 배아세포 연구에서 얻어진 지식과 기술의 진보가 있었다. 마이크로 피펫을 이용한 핵이식 기술과, 전기융합을 통한 수정란 활성화 방법이 발명되었다. 1991년엔 핵이식에 사용되는 핵과 탈핵된 수정란의 발생단계를 맞추어야 한다는 가설이 제시되었고, 이를 위한 기술적 진보가 이루어졌다. 돌리는 이러한 모든 기술의 총체적 결과로 탄생했다. 슈페만의 제안으로부터 정확히 59년 후에야, 포유류의 유전체 동등성이 어렵게 증명된 셈이다.

현대에 이르러 과학지식의 진보는 기술적 진보에 의존한다. 돌리의 성공은 포유류 체세포 복제를 위한 대부분의 기술적 난제들이 해결되었음을 알리는 신호였으며, 이를 증명이라도 하듯이 1998년 일본과 뉴질랜드에서 각각 소를, 미국에서는 쥐를, 그리고 1999년 한국에서는 황우석 연구팀이 성체 분화세포를 이용한 복제소 영롱이를 성공시켰다.

잊혀진 이름들: 캠벨, 메간, 모락, 폴리

돌리와 함께 등장하는 과학자의 이름은 언제나 이언 월머트다. 1997년 스코틀랜드 로슬린연구소에서 돌리의 논문이 출판되었고, 당시 교신저자의 이름이 그랬기 때문이다. 하지만 2006년 월머트 교수는 에든버러 노동심판소에서 자신은 “양복제와 관련된 기술을 개발하거나 실험을 직접 실행하지 않았으며” 단지 연구를 감독하기만 했다고 고백하고, 돌리를 만드는 데 있어 가장 공헌했던 과학자는 키스 캠벨(Keith Campbell)이며 “그가 논문에 66% 이상 기여했다”고 말했다. 당시 월머트는 인도 출신의 연구원이 제기한 아이디어 도용 손해배상 소송으로 인해 법정에서 섰다. 돌리 논문을 둘러싼 기여도 공방은 여전히 진행 중이지만, 적어도 논문의 제1저자였던 키스 캠벨의 공헌에 대한 이견은 없다.

키스 캠벨은 1954년 영국 버밍햄에서 태어났다. 런던에서 미생물학을 공부한 후, 그는 세포분열과 암 발생에 관심을 가지고 여러 연구기관을 전전했다. 주로 양서류와 효모의 세포분열을 연구하던 그가 왜 포유류 복제에 관심을 가지게 되었는지는 확실하지 않다. 캠벨은 2007년 돌리 이후 10년을 회고하는 에세이에서, 그 이유는 존 거든의 양서류 복제와 제네바 대학의 생쥐 복제에 깊은 감명을 받았기 때문이라고 서술했다. 하지만 그것만은 아니었던 것 같다. 1997년 논문을 내기 전까지 그의 연구생활은 그다지 안정적이지 못했던 것 같기 때문이다. 아마도 로슬린연구소로의 이적도 그가 처한 경제적 상황과 관심 연구 사이에서의 최선의 선택이 아니었나 추측해본다.

로슬린연구소에서 월머트 박사를 만난 후, 세포분열에 관한 그의 아이디어와 월머트 연구팀의 포유류 복제기술을 접목해서 1995년 그가 처음으로 내놓은 작품은 돌리가 아니라, 메간(Megan)과 모락(Morag)이라는 복제된 산양이었다. 이 논문

은 배양된 채 분화된 배아세포의 핵을 난자에 이식해 얻은 최초의 포유류 복제동물이었다. 비록 개체발생과정이 아니라 시험관에서 분화된 세포였지만, 이 실험으로 성체 체세포의 핵을 통한 개체복제가 가능하리라는 믿음이 생길 수 있었고, 그 다음해 바로 돌리가 탄생한다.

돌리의 탄생 이후 캠벨은 로슬린연구소에서 분화한 생명공학 회사 ‘PPL Therapeutics’로 적을 옮긴다. PPL은 메간과 모락의 성공 이후 로슬린연구소에 많은 연구자금을 대왔던 기업이다. 적을 옮긴 후 그는 1년 만인 1998년 최초의 체세포핵치환으로 얻어진 유전자전환 복제 양을 개발한다. 폴리(Polly)라고 이름 붙여진 이 복제양은 ‘Factor IX’라는 인간 단백질을 젖에서 생산할 수 있도록 조작된 동물이었다. 이 단백질은 혈우병을 예방하는 것으로 알려져 있다. 1999년 그는 PPL을 떠나 노팅엄 대학에 정착해서 죽기 전까지 세포분화의 기초를 연구했다.

그는 핵이식 연구에 대한 동기는 순전히 과학적 호기심이었다고 회고했다. 즉, 체세포 유전체가 재프로그래밍되어 핵이식에 의해 새로운 개체를 생산할 수 있으리라는 믿음이 그에게 돌리를 만들게 했다는 뜻이다. 하지만 돌리의 탄생과정을 연구한 많은 사회학자들은 그 이면의 경제산업적 동기를 지적한다. 그 려지도 모른다. 연구비를 따라 불안정한 연구원 자리를 전전하던 과학자에게 인간복제를 통해 떼돈을 벌겠다는 욕심은 아닐지언정, 적어도 안정적인 일자리를 갖고자 하는 경제적 원인이 있었을 게다. 하지만 적어도 제약회사에서의 짧은 2년을 마치고 다시 노팅엄 대학으로 돌아가 기초연구에 평생을 바친 과학자의 고백을 의심하기는 어려울 듯싶다.

2005년 황우석이라는 이름이 줄기세포의 대명사가 되면서 우리는 이름 없는 수많은 과학자들의 이름을 잊어버렸다. 돌리도 마찬가지였다. 돌리로 인해 스타가 된 이는 월머트였고, 언론은 로슬린에서 월머트에게 고용되어 있던 캠벨을 거들떠 보지 않았다. 돌리를 둘러싼 지저분한 고소고발 사건들도 황우석 사태를 닮았다. 하지만 복제된 세포주조차도 찾을 수 없었던 황우석과는 달리, 적어도 양의 체세포 복제만은 진실이었고, 그 이면엔 불안정한 상태에서도 순수하게 과학의 열정을 추구한 캠벨이 있었다. 적어도 복제양 돌리의 탄생 이면엔 언론에 휘둘리지 않고 묵묵하게 연구하며 과학자의 연구진실성을 지킨 캠벨이 있었다. 그것이 여전히 복제양 돌리 연구가 과학자들에게 인정받는 이유다.

언젠가 뉴욕타임즈와의 인터뷰에서 그는 이렇게 말했다고 한다. 돌리의 복제가 가져온 종교적·윤리적 파장에 대한 과학자의 소박한 응답이었다. 그는 분명히 복제가 가져온 사회적 파장을 인지하고 있었으며, 과학적 진보는 지키고, 인간복제는 막고 싶어했던 소박한 인간이었다.

“섹스가 아이를 가지는 데 제일 좋은 방법이지요. 클로닝은 섹스에 비하면 너무 비싸고 재미도 없어요.” 