

오래된 과학의 순교자 ‘제노푸스’

〈아프리카발톱개구리〉

의사 윌리엄 하비가 17세기에 혈액순환설을 발표한 직후, 많은 생리학자들이 이 발견을 다른 동물에서도 관찰하고 싶어했다. 개구리는 그 당시의 생리학자들에게 온혈동물보다 더 간단하게 심장의 기능을 연구할 수 있는 모델종으로 각광받았다. 마르셀로 말피기는 양의 폐에서 동맥과 정맥의 관계를 연구하는데 어려움을 겪다가 개구리의 폐를 해부하고는 환호성을 질렀다. 투명한 개구리의 폐에서 정맥과 동맥의 네트워크는 너무도 분명한 모양새를 보여주었기 때문이다. 이 발견은 하비의 혈액순환설을 확실히 검증한 실험으로 과학사에 남겨졌다.

개구리, 뇌가 없이도 감각에 반응

문제는 냉혈동물인 개구리에서의 발견이 온혈동물인 인간의 폐와 심장의 기능과 동일하다고 추정할 수 있느냐는 것이었다. 상대적으로 단순하고 투명해서 실험이 용이하긴 했

지만, 개구리의 폐가 인간의 폐와 동일하게 취급될 수 있는 것인지에 대해서는 끊임없는 논쟁이 지속됐다. 하비의 논적이었던 데카르트는 심장과 근육의 운동에 대한 기계론적 설명을 시도했다. 예를 들어 신경에서 근육으로 흘러들어가는 액체가 근육에 열을 가하면, 근육이 팽창하면서 동물이 움직인다는 식이었다. 따라서 근육이 수축할 때 근육의 부피가 증가한다는 사실이 증명되어야만 했다.

네덜란드의 과학자 얀 스와머담이 데카르트의 추측을 증명했다. 그는 개구리의 넓적다리 근육과 근육에 딸린 신경을 개구리에서 안전하게 분리했고, 개구리의 신경을 자극함으로써 근육의 부피가 증가하고, 연이어 근육이 수축한다는 것을 성공적으로 보였다. 더 나아가 스와머담은 분리된 근육과 신경을 관에 밀봉하고, 신경에 얇은 은선을 연결한 다음, 밀봉된 관을 물로 채웠다. 은선을 당기면 근육이 수축했고 물이 담긴 관의 높이는 약간 감



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.



소하는 것으로 보였다. 즉, 데카르트의 추측과는 달리 근육은 수축할 때 부피가 크게 증가하지 않았다. 스와머담은 자신이 개구리에서 발견한 근수축의 법칙이 인간을 비롯한 온혈동물에도 적용되는 일반법칙이라고 주장했다.

18세기의 생리학자 할리와 바이트는 감각영혼이 뇌에서만 작용하는 것인지, 몸에까지 영향을 미치는 것인지를 두고 논쟁 중이었다. 지금 들으면 우스워 보이지만, 18세기의 생물학자들은 대부분 생기론자들이었고, 생기와 영혼에 대한 연구는 진지한 과학의 한 분야였다. 바이트는 감각영혼이 몸에도 존재한다고 생각했고, 이를 증명하기 위해 개구리를 이용했다. 머리와 분리된 개구리의 몸은 몇 시간 동안 자극에 반응하고 움직이며 심지어 머리가 없어도 몸을 일으키기도 했다. 즉, 개구리는 뇌가 없어도 감각에 반응하고 움직인다. 바이트는 이러한 작용을 나타내는 심경을 교감신경으로, 이러한 움직임을 교감작용으로 명명했다. 이제 개구리는 이런 잔인한 실험들에 사용될 불행한 운명에 처하게 된다. 1830년대에 많은 개구리들이 이러한 실험을 위해 처형되었다.

물론 과학사에서 가장 유명한 개구리 실험은 갈바니의 것이다. 전기를 연구하던 갈바니가 우연히 개구리 뒷다리를 건드렸을 때 개구리가 움직였다는 일화를 다들 한번쯤은 들어봤을 것이다. 갈바니의 일화는 과학사에서 우연이 중요하다는 예로 자주 거론되지만, 실은 그렇지 않다. 당시 많은 생리학자들, 특히 근육과 신경을 연구하던 전기생리학자들이 개구리를 사용했다는 점만 생각해도 갈바니의 실험대에 개구리가 있었다는 것은 우연이 될 수 없다.

개구리와 전기생리학의 찰떡궁합

개구리의 신경과 근육은 해부한 지 30시간이 지나도 여전히 자극에 반응했고, 이처럼 훌륭한 표본은 개나 고양이라는 언어질 수 없었다. 예를 들어 개와 고양이의 근육은 해부하고 1분만 지나면 곧 반응하지 않았다. 이처럼 완벽한 동물, 개구리의 인기는 18세기를 거쳐 19세기까지 지속되었다. 특히 18세기 말부터 전기에 관한 연구들이 봇물처럼 유행하기 시작했고, 신경에서 일어나는 전기적 작용에 대한 연구의 대부분이 개구리를 통해 얻어졌다.

물리학자이자 전기생리학자였던 에너지 일원론자 헤르

만 헬름홀츠는 근육에 관한 전기생리학적 연구를 위해 개구리를 선택했고, 이 동물을 '오래된 과학의 순교자'라고 칭했다. 전기뱀장어나 비둘기, 혹은 다른 온혈동물들에서 고군분투하던 헬름홀츠에게 개구리는 완벽한 동물이었다. 다시 한 번 말하지만, 생물학자들에게 있어 모델동물이란 단순한 선택이 아니다. 생물학자는 자연 일반에 대고 질문을 던지지만, 연구는 자신이 던진 그 특별한 질문에 가장 잘 답해줄 모델동물을 통해 이루어지기 때문이다. 질문의 종류에 따라 적합한 모델동물이 달라진다. 개구리와 전기생리학의 궁합은 그러한 역사를 잘 보여주는 예이다.

실험의학의 방법론을 정립했으며, 의학연구를 과학의 영역으로 끌어들이는 클로드 베르나르는 언젠가 다음과 같이 말한 바 있다. "생리학자들이 자주 사용하는 동물들은 주로 쉽게 구할 수 있는 가축들이다. 예를 들어 개, 고양이, 말, 토끼, 양, 돼지, 가금류 등이 그렇다. 하지만 과학에 기여한 바를 꼭 따져야만 한다면 개구리가 일등이 되어야 할 것이다. 그 어떤 동물도 개구리처럼 다양한 분야의 과학에 이처럼 광범위하게 사용되지 않았다. 현재에 이르러서도 개구리 없는 생리학은 상상도 할 수 없다. 개구리는 생리학 실험자들에 의해 가장 흔대받는 동물이지만, 생리학자들과 가장 가까우며 그들의 과학적 영광을 위해서도 가장 중요한 동물임에 틀림없다." 물론 베르나르는 외과의였고, 그가 간에서 글리코겐 합성 등을 연구할 때는 주로 개를 사용했다. 하지만 베르나르를 가장 유명하게 만들어준 큐라레 독에 관한 연구는 개구리에서 얻어진 것이다.

20세기로 접어들면서 개구리의 영향력은 19세기처럼 강력하지는 못했다. 생쥐가 개구리의 자리를 차지했고, 계속된 기술의 발전으로 인해 인간과 다른 동물들의 세포를 배양할 수 있게 되면서 개구리 세포도 자리를 내어주어야만 했다. 하지만 개구리는 발생학에서 다시 자신의 자리를 찾았고, 발생학 연구에 큰 공헌을 했다. 물론 오늘날에도 신경세포의 전기신호전달에 중요한 채널 단백질의 기능을 연구하는데 가장 중요한 재료는 개구리 알이다. 개구리와 전기생리학은 역사적으로 밀접한 관련을 맺고 있다. 과학자들 사이에 널리 퍼져 있는 농담처럼, 어쩌면 개구리는 전기생리학을 위해 진화한 동물인지도 모르겠다. 그렇게 개구리는 여전히 생물학자들의 곁에서 울고 있다. **ST**