

레전드 과학 탐험대



지킬 박사의 생명과학 강의 노트

『레전드 과학 탐험대』 교과 연계 특별부록

윤자영 지음 | 박서울 그림

북트리거

1 장

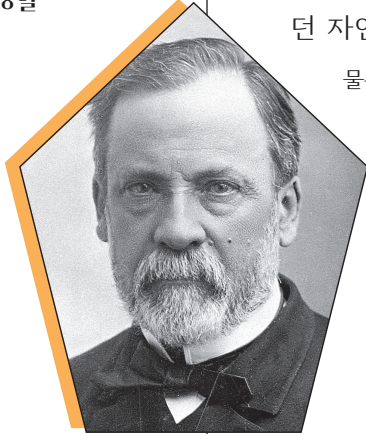
‘파스퇴르 우유’의 그 파스퇴르?



-
- 과목_ 초등학교 6학년 과학 「생물과 우리 생활」, 고등학교 통합과학 「생명 시스템」, 고등학교 생명과학 I 「항상성과 몸의 조절」, 생명과학 II 「생물의 진화와 다양성」
 - 성취기준_ [6과04-01] 동물과 식물 이외의 생물을 조사하여 생물의 종류와 특징을 설명할 수 있다.
[12생과103-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어 작용(항체 생성)과 비특이적 방어 작용(백혈구 식균작용)을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
[12생과1105-01] 원시세포의 탄생 과정을 알고, 막 형성의 중요성을 논증할 수 있다.
 - 키워드_ 생물속생설, 백신, 면역, 코로나19
-

루이 파스퇴르

Louis Pasteur,
1822년 12월 27일~
1895년 9월 28일



생명은 생명에서 나온다



루이 파스퇴르는 프랑스의 생화학자로 미생물학의 기초를 세우고 발전시켜 ‘미생물학의 아버지’라고 불립니다.

‘백조목 플라스크’를 이용한 증명을 통해, 당시 지배적인 사상이었던 자연발생설(생물은 자연적으로 생겨난다)을 부정하고, 생물속생설(생물은 생물로부터만 생겨난다)을 확립했습니다.

우유와 포도주의 저온살균법을 개발해 무료로 공개하여 위생적으로 식음료를 먹을 수 있도록 했고, 광견병 및 전염병 백신을 처음 실험적으로 연구해 인류가 질병에서 벗어날 수 있는 기틀을 마련했습니다.

생명은 어떻게 생겨날까요? 당연한 걸 묻는다고요? 그렇죠, 생명은 당연히 그와 같은 다른 생명, 즉 부모로부터 생겨납니다. 인간이 임신으로 어머니의 자궁에서 태어나고, 올챙이가 암컷 개구리가 낳은 알에서 부화하는 것처럼요. 하지만 이 당연한 사실이 파스퇴르의 실험 이전에는 전혀 당연하지 않았답니다.

생물은 저절로 생겨난다! - 자연발생설

파스퇴르가 일명 ‘백조목 플라스크’ 실험을 통해 완벽히 증명하기 전까지는, 생물이 자연적으로 생겨날 수도 있다는 ‘자연발생설’이 남아 있었습니다. 자연발생설은 기원전 4세기 고대 그리스 철학자 아리스토텔레스가 처음 주장했다고 알려져 있죠. 『동물지』, 『동물발생론』 등 저작에 따르면, 그는 곤충이나 진드기, 새우 등 작은 생물이 흙탕물 구덩이 같은 곳에서 저절로 생겨날 수도 있다고 주장했습니다. 이 믿음은 꽤 오랜 시간 이어지다가, 17세기에 들어와서야 여러 실험들로 부정되기 시작했습니다. 1668년 이탈리아의 의사 프란체스코 레디가 했던 실험, 1765년 이탈리아의 박물학자 라차로 스팔란차니가 했던 실험 등이 있었죠.

생물속생설 증명의 끝판왕, 파스퇴르

하지만 이런 실험들에도 불구하고 자연발생설에 대한 오랜 믿음은 쉽게 사라지지 않았어요. 앞선 실험들에서는 공기가 통하지 않게 용기



백신은 치료제가 아니야

를 밀폐했기 때문에 자연의 정기가 들어가지 않아 미생물이 저절로 생기지 않았고, 그래서 내용물이 썩지 않았다고 생각한 거죠.

하지만 파스퇴르는 공기가 통하면서도 미생물은 들어가지 못하게 하는 ‘백조목 플라스크’를 만들어 냈어요. 이 경우에도 내용물이 썩지 않았기 때문에, 결국 미생물은 저절로 생기지 않는다는 것을 증명한 거죠. 이것이 바로 생물이 자연적으로 발생하는 게 아니라 기존 생물로부터 생겨난다는 ‘생물속생설’입니다.

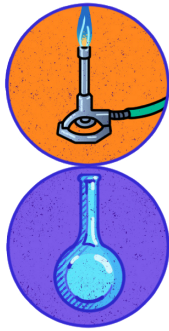
이 실험을 바탕으로 파스퇴르는 1861년 「자연발생설 비판」이라는 논문을 발표했습니다. 오랫동안 이어진 자연발생설 vs. 생물속생설 논쟁에 종지부를 찍은 거예요.

파스퇴르는 유럽에 콜레라와 탄저병이 유행하던 시절, 닭콜레라를 연구하던 중에 최초의 ‘백신’을 발견하게 됩니다. 지금 대한민국뿐 아니라 세계에서 ‘코로나19 백신’ 접종이 큰 관심거리죠? 그런데 정작 백신의 원리가 무엇인지 잘 모르는 경우가 많은 것 같아요.

바이러스에 맞서는 우리 몸

세상의 바이러스 수는 얼마나 될까요? 세상에 사는 모든 생물을 합친 수보다 많은 바이러스가 존재해요. 대부분의 바이러스는 질병을 일으키지 않지만, 약한 감기를 일으키는 것부터 치사율이 90퍼센트나 되는 에볼라 바이러스도 있죠. 하지만 우리 몸은 이를 방어할 면역 체계를 만들어 놓았어요.

대표적으로 혈액 속 백혈구가 있습니다. 지금 이 순간에도 우리 몸속으로 수많은 세균과 바이러스가 들어오고 있지만, 백혈구가 열심히 싸우고 있어 증상이 나타나지 않는 겁니다. 하지만 바이러스는 아주 빨리 증식하거든요. 예를 들어 독감을 일으키는 인플루엔자 바이러스는 24시간 만에 100만 배나 증식해 버리기 때문에, 이런 바이러스가 대량으로 들어오면 증상이 나타날 수밖에 없죠. 몸에서 열이 나고 기침과 근육통이 옵니다.



세균 연구에서 빼놓으면 섬섬한 또 한 사람

하지만 우리 몸은 이를 퇴치할 면역 시스템도 갖고 있어요. 백혈구의 일종인 림프구에서는 침입한 바이러스와 결합할 수 있는 항체를 만듭니다. 이 과정에는 조금의 시간이 필요해요. 감기에 걸린 후 별다른 치료를 하지 않아도 일주일 정도 지나면 병이 낫는 것은, 몸에서 충분한 항체가 만들어졌기 때문이라합니다.

한 번 만났던 병원균에 또 당하지 않기 위해

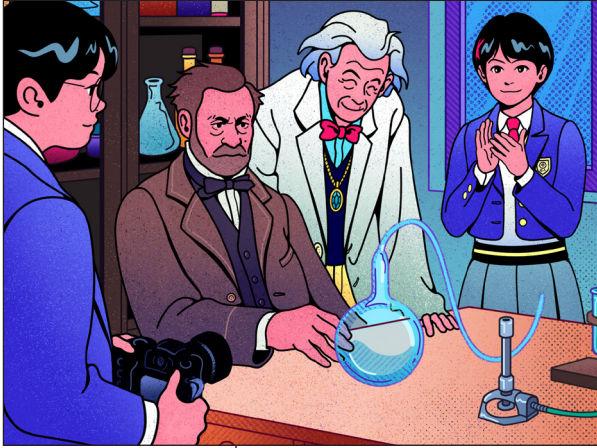
덧붙여 림프구는 항체와 함께 기억 세포를 만들어요. 기억 세포는 한 번 침입한 병원균을 기억하고 있다가 동일한 병원균이 들어오면 재빠르게 항체를 만들어, 증상이 나타나기 전에 제거합니다. 백신은 이 기억 세포 원리를 바탕으로 만들어졌어요. 과학자들은 독성을 없애거나 약화한 병원균을 몸에 넣어 봤죠. 그랬더니 증상은 나타나지 않으면서도 몸에서 기억 세포와 항체를 만들었습니다. 그래서 나중에 다시 병원균이 들어와도 신속하게 제거할 수 있었죠. 어렸을 적에 많은 예방주사, 즉 백신을 맞게 되는데, 이는 모두 약화한 병원균을 넣은 거예요.

그런 면에서 치료제는 백신과 다릅니다. 폐렴 같은 세균성 질환에는 치료제인 항생제를 써야 해요. 세균을 직접 죽여서 병을 치료하는 거죠. 하지만 세균과 바이러스는 다르고, 항생제로는 바이러스를 죽일 수 없기 때문에 바이러스성 질환에는 처방할 필요가 없습니다.

파스퇴르와 함께 미생물학의 대가로 함께 언급되는 인물이 있습니다. 바로 독일 의사인 로베르트 코흐(Robert Koch, 1843년~1910년)입니다. 코흐가 의대에 재학 중일 때, 파스퇴르는 이미 이름난 미생물학자였던가 봅니다. 코흐는 그의 연구에 관심을 갖고 미생물학을 연구하게 되었고 탄저균, 결핵균 등을 발견했습니다. 당시에는 질병이 미생물에 의해 일어난다는 것을 몰랐던 시기입니다. 코흐는 질병과 미생물의 연관 관계를 명확히 밝혔고, 이후 과학자들이 각종 질병을 일으키는 세균과 바이러스를 찾을 수 있는 기틀을 마련했습니다.

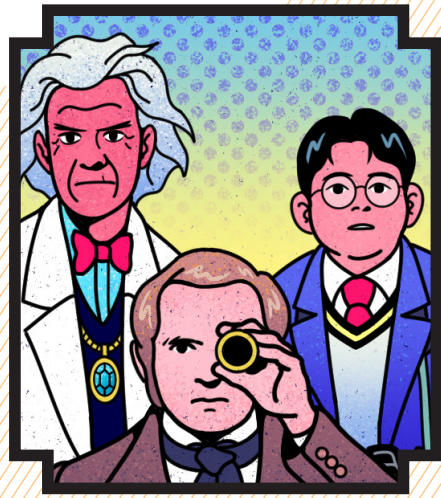
그중에서도 결핵은 당시 인류의 사망 원인 7분의 1을 차지할 만큼 무시무시한 질병이었는데요. 이 병의 원인인 결핵균을 발견한 공로로, 코흐는 1905년 노벨 생리의학상을 받았습니다. 노벨상은 1901년 시작

되었는데 만약 그때까지 파스퇴르가 살아 있었다면 당연히 코흐와 함께 수상했을 겁니다. 파스퇴르와 코흐, 이 두 과학자 덕에 현대의 의학이 확립되었다고도 할 수 있겠네요.



2장

찰스 다윈과의 갈라파고스 여행



· 과목_ 중학교 1학년 과학 「생물 다양성」, 고등학교 통합과학 「생물의 다양성과 유지」,
고등학교 생명과학 II 「생물의 진화와 다양성」

· 성취기준_ [9과03-01] 생물의 다양성을 이해하고, 변이의 관점에서 환경과 생물 다양성의 관계를 설명할 수 있다.

[9과03-02] 생물종의 개념과 분류 체계를 이해하고 생물을 계 수준에서 분류할 수 있다.

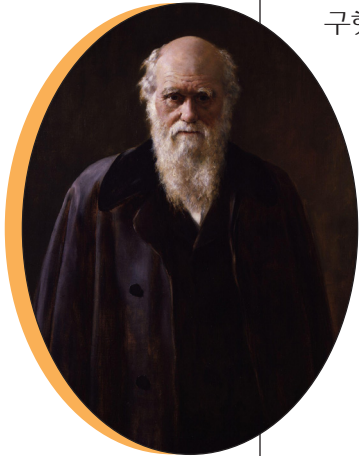
[10통과07-01] 지질 시대를 통해 지구 환경이 끊임없이 변화해 왔으며 이러한 환경 변화에 적응하며 오늘날의 생물다양성이 형성되었음을 추론할 수 있다.

[12생과II05-05] 진화의 증거 사례를 조사하여 변이와 자연선택에 의한 진화의 원리를 설명할 수 있다.

· 키워드_ 생물 다양성, 생물학적 종, 진화론

찰스 다윈

Charles Darwin,
1809년 2월 12일~
1882년 4월 19일



지구가
가지각색
생물들로
가득한 이유



찰스 다윈은 영국의 생물학자이자 지질학자로 생물 종의 다양성을 자연선택에 의한 진화 개념으로 설명했습니다.

다윈은 바다의 수심과 조류, 해저와 해안선 지형 등을 조사하는 배인 비글호에 함께 탑승해, 1831년부터 5년간 전 세계 지질과 생물을 연구했습니다. 그 가운데 특히 남아메리카 갈라파고스 제도에서 갈라파고스 땅거북의 목 길이와 핀치새의 부리 두께에 영감을 받아 『종의 기원』을 썼습니다.

인간을 포함한 모든 생명을 신이 만들었다는 창조론이 지배하던 시대에, 생물이 조건에 맞게 진화하여 지금의 모습이 되었다는 진화론을 주장한 혁명적 학자로, 이후 수많은 과학자들의 연구에 영향을 미쳤습니다.

지구에는 얼마나 많은 생물 종이 살고 있을까요? 등록된 생물만 무려 200만 종이고, 아직 발견되지 않은 생물까지 고려하면 1,000만 종에 이를 것이라고 과학자들은 예측해요. 도대체 이렇게 많은 생물이 다 어떻게 생겨났을까요?

생물학적 종이란?

개, 고양이, 너도밤나무, 느타리버섯... 이들은 생물 분류의 가장 하위 개념인 종(Species)에 속해요. 그럼 여기서 문제. 단봉낙타와 쌍봉낙타는 둘 다 낙타니까 같은 종일까요? 그렇지 않습니다. 생물학적 종의 개념은 자연 상태에서 교배했을 때, 생식능력이 있는 자손을 낳는 생물을 말하거든요.

예를 들어 말과 당나귀는 서로 다른 종이지만 인위적으로 교배가 가능해서 노새라는 새끼를 낳습니다. 하지만 노새는 태생적으로 불임이라 자손이 이어지지 않아요. 그래서 노새는 ‘생물학적 종’에 속하지 않는답니다.

왜 같은 종인데 다 다르게 생겼을까?

생물은 다양한 환경에 적응하면서 살아요. 사람의 키가 저마다 다른 것처럼 기린의 목 길어도 개체마다 다르죠. 이를 변이라고 합니다.

변이에 따라 환경 적응에 유리하기도 하고 불리하기도 한데, 이런 과정이 생물의 다양성을 늘렸습니다.

다윈이 『종의 기원』을 쓰기 전에 가장 큰 영향을 받은 곳이 바로 갈라파고스 제도인데요. 갈라파고스 제도는 남아메리카 대륙에서 서쪽으로 1,000km 떨어진 곳에 19개의 화산섬으로 이루어져 있습니다. 이 섬에는 갈라파고스 땅거북이 살고 있는데, 무게가 무려 400~500kg이나 되는 대형 거북이예요.

그런데 이 갈라파고스 땅거북은 분명 같은 종인데도 어느 섬에 사느냐에 따라 목의 길이나 몸의 모양 등이 조금씩 달랐어요.

A섬에는 목의 길이가 긴 땅거북들이, B섬에는 목이 짧은 땅거북들이

살고 있었죠. 이 땅거북들의 먹이를 살펴보니 A섬에는 키가 큰 선인장들이 많아 이것을 주로 먹었고, B섬에는 키가 작은 풀들이 많아 이것을 먹이로 했어요. 그러다 보니 자연스럽게 A섬에서는 키가 큰 선인장도 뜯어 먹을 수 있는 목이 긴 땅거북이 생존에 유리했습니다. 결국 목이 긴 땅거북들이 더 많이 살아남아 자손을 남겼고, 오랜 세월이 지나 A섬에는 목이 긴 땅거북들이 주로 살게 된 거예요. 다윈은 이러한 갈라파고스 땅거북의 예처럼, 생물의 변이와 환경에 적응하는 과정 때문에 오늘날 이렇게 생물이 다양해졌다고 생각했고, 그에 따라 자연선택에 의한 진화론을 정립하게 되었습니다.



©Matthew Field at Wikipedia



©David Stanley at Wikipedia



사라지지 마, 우리가 잘할게

하지만 갈라파고스 땅거북은 현재 국제적 멸종위기종이 되었어요. 갈라파고스 땅거북만이 아니라 지구상의 많은 생물이 사라질 위기에 처해 있죠. 우리나라에서만도 2018년 기준 267종에 달하는 생물이 멸종위기 야생 생물로 지정되었을 정도예요. 왜 이렇게 많은 생물들이 우리 곁을 떠나가는 걸까요?

기후 위기

요즘 먹는 명태는 전부 국내산이 아니라 러시아산이라는 거 알고 있나요? 명태는 차가운 바다에서만 사는데 지구의 평균기온이 올라가면서 우리나라 동해에서 아예 볼 수 없게 된 거예요. 아프리카 치타, 자이언트 판다, 벵골 호랑이처럼 우리가 영상에서 자주 보던 생물들도 기후 위기 때문에 사라질 위기에 처해 있다고 해요.

남획

인간이 생물을 마구잡이로 잡아들여 특정 생물이 감소하기도 하는데, 이를 남획이라고 해요. 지금 당장은 아무리 흔하게 보여도 생물은



절대 무한정하지 않아요. 예를 들어 우리는 꽃게와 오징어를 흔히 먹고 전혀 귀하다고 생각하지 않죠? 하지만 우리나라 서해의 꽃게와 동해의 오징어를 새끼까지 무차별로 잡아들이면서 문제가 되기도 했어요. 계속 이런 식으로 남획을 한다면 꽃게와 오징어를 볼 수 없는 날이 올지도 몰라요.

서식지 파괴

인간이 자연을 무분별하게 개발하는 것도 생물 다양성을 감소시키는 심각한 원인이에요. 인간이 집을 짓고 도로를 건설하면서 숲을 파괴하기 때문에 생물이 살 터전이 계속 없어지는 거예요.

외래종 유입

외국에서 들여온 동물이 토종 생태계를 위협하기도 해요. 외래종은 천적이 없기 때문에 토종 생물을 닥치는 대로 잡아먹는답니다. 황소개구리, 붉은귀거북, 블루길, 배스 등이 생태계를 위협하는 대표적인 외래종이에요. 단지 경제적인 이유, 혹은 관상용으로 이런 외래종을 함부로 키워선 안 되겠죠.

3장

침팬지를 사랑한 제인 구달



-
- **과목**_ 중학교 1학년 과학 「생물 다양성」, 고등학교 통합과학 「생태계와 환경」, 고등학교 생명과학 I 「생태계와 상호 작용」
 - **성취기준**_ [9과03-03] 생물 다양성 보전의 필요성을 이해하고, 생물 다양성 유지를 위한 활동 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
[10통과08-01] 인간을 포함한 생태계의 구성 요소와 더불어 생물과 환경의 상호 관계를 이해하고, 인류의 생존을 위해 생태계를 보전할 필요성이 있음을 추론할 수 있다.
[12생과105-06] 생물 다양성의 의미와 중요성을 이해하고 생물 다양성 보전 방안을 토의할 수 있다.
 - **키워드**_ 침팬지, 동물 보호, 생물 다양성 보전, 동물행동학
-

제인 구달

Jane Goodall,
1934년 4월 3일 ~



제인 구달은 침팬지의 어머니로 불리는 영국의 동물학자로, 탄자니아 곰베국립공원에서 평생 침팬지 연구에 헌신했습니다.

구달의 연구를 통해, 당시 인간만이 도구를 쓴다는 생각에서 벗어나 침팬지도 도구를 사용하고 다양한 언어와 표정으로 대화한다는 사실이 증명되었습니다.

구달은 침팬지를 비롯한 많은 생물들이 멸종 위기에 놓인 상황에서 이들을 보호하고자 전 세계를 돌아다니며 환경·평화 운동을 벌이고 있고, 인간의 실험 대상이 되는 침팬지의 사육 윤리에 대해서도 개선 운동을 하고 있습니다.

인간과 비슷하게 살아가는 침팬지 사회

인간과 유전자적으로 가장 가까운 동물! 누굴까요? 바로 침팬지예요. 유전자가 무려 99.4퍼센트 일치하거든요. 그런데 침팬지나 원숭이나 비슷한 것 아니냐고요? 절대로 그렇지 않습니다. 제인 구달이 몇십 년간 연구하고 지키고자 했던 침팬지는 과연 어떤 존재일까요?

인간과 유사해서 ‘유인원’

말 그대로 인간과 유사한 동물을 ‘유인원’이라고 하는데, 이들은 꼬리가 없는 영장류라고 할 수 있어요. 유인원은 침팬지, 긴팔원숭이, 오랑우탄, 고릴라, 보노보 그리고 인간, 이렇게 6종이에요. 다들 인간처럼 꼬리가 없고 직립보행이 가능하죠.

하지만 원숭이는 유인원과 달리 꼬리가 있어요. 재미있는 점은 유인원에 홀로 속한 긴팔원숭이만 꼬리가 없다는 사실!



침팬지



오랑우탄



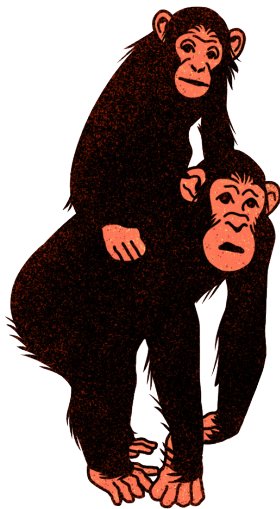
긴팔원숭이



고릴라



보노보



침팬지 사회

침팬지는 중앙아프리카 밀림에서 살고 있습니다. 100년 전에는 약 200만 마리가 있었지만, 숲이 파괴되어 현재는 약 15만 마리만 남았고 이마저도 빠르게 줄고 있죠.

침팬지 수컷은 키가 1.2m 정도에 몸무게가 43kg까지 나갑니다. 암컷은 키는 비슷하지만 몸무게는 32kg 정도 돼요. 그리고 수명은 야생에서 50년 정도 산답니다. 침팬지는 무엇을 먹고 살까요? 사진이나 영상에서 과일을 먹는 침팬지를 많이 봐서 채식을 하는 걸로 오해할 수 있지만, 사실 인간처럼 잡식을 해요. 열매부터 꽃, 씨, 풀 줄기뿐 아니라 작은 동물을 사냥해 고기를 먹기도 한답니다.

침팬지는 60~80마리가 사회를 이루어 삽니다. 침팬지 사회에서는 서열이 정해져 있는데 어른 수컷의 서열이 더 높습니다. 그중에서도 가장 센 어른 수컷은 싸움을 통해 우두머리가 되죠. 다행히 같은 무리의 침팬지들끼리는 서로 사이가 좋은 편입니다. 수컷은 사교적으로 같이 있기를 좋아하며, 암컷과 자식들의 관계는 매우 가깝습니다.

도구 사용도 전쟁도 인간과 판박이

TV의 자연 다큐멘터리에서 침팬지가 바느질을 하거나 자전거를 타는 등 도구를 사용하는 모습을 흔히 볼 수 있습니다. 이는 인간의 행동을 모방하거나 인간이 가르쳐 준 것으로, 지금은 어느 정도 상식적으로 받아들여지고 있죠.

하지만 구달이 침팬지를 연구할 당시에는 오직 인간만이 도구를 사용한다고 생각했어요. 그런 상황에서 구달은 자연 상태의 침팬지가 도구를 사용하는 것을 관찰했습니다. 나뭇가지를 이용해 흰개미를 잡거나 나뭇잎을 뭉쳐 물을 묻혀 빨아먹기도 하고, 몽둥이를 휘두르거나 돌을 던져 다른 침팬지와 싸우기도 하는 지능과 문화가 있었죠.

한편으로 구달은 침팬지들이 인간처럼 전쟁을 하는 어두운 면 또한 발견했습니다. 침팬지 여러 마리가 한 마리를 공격해 죽이기도 하고, 이웃 무리가 모두 죽을 때까지 공격하기도 했거든요. 그것을 지켜보는 구달은 매우 안타까웠지만, 자연의 순리를 받아들일 수밖에 없었습니다.

그럼 인간이 어떻게 침팬지를 도울 수 있냐고요? 침팬지를 보호하기 위해 특별한 일을 하기보다, 오히려 하지 말아야 하는 일이 많답니다. 인간이 침팬지를 사냥해서 직접적으로 수가 줄어들고 있고, 목재를 확보하느라 숲을 파괴해 침팬지의 서식지도 줄어들고 있으니까요.

유인원을 연구한 세 여성 과학자

침팬지와 소통하는 일이 행복해 보이기도 하지만, 당연히 영장류 연구는 쉽지 않습니다. 구달만 해도 해충과 질병, 온갖 위험이 있는 정글에 들어가 함께 살면서 침팬지의 행동을 관찰했으니까요. 그런데 이렇듯 어려운 영장류 연구에 헌신한 과학자들은 대부분 여성이었다는 사실, 알고 있나요?

수천 시간 유인원의 곁에서

구달이 침팬지를 연구했듯이, 미국의 동물학자 다이앤 포시는 고릴라를, 독일의 인류학자 비루테 갈디카스는 오랑우탄을 연구했죠. 포시는 르완다의 화산지대로, 갈디카스는 인도네시아의 숲으로 들어갔어요. 세 과학자는 수천 시간 영장류를 따라다니며 한 무리에 초점을 둔 질적 연구를 했고, 서로의 정보와 연구 결과를 공유했습니다.

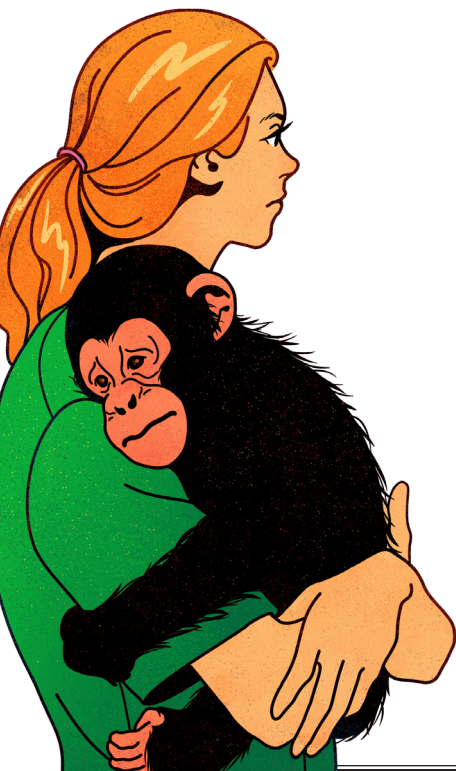
포시는 고릴라의 행동과 소리를 흉내 내었고, 갈디카스는 해충 때문에 열이 나도 항생제로 버티곤 했어요. 그런 노력을 바탕으로 고릴라와 오랑우탄의 신뢰를 얻었고 가까이서 그들을 관찰해 새롭고 우수한 연구 결과를 도출할 수 있었답니다.

동물 연구에서 동물 보호로

세 여성 과학자의 또 다른 공통점은 동물 보호에 앞장섰다는 겁니다. 포시는 국제고릴라기금을 만들어 250마리까지 개체 수가 줄어든 고릴라 보호에 앞장섰어요. 너무나 안타깝게도 그로 인해 현지 세력과 충돌하던 중 의문의 죽음을 당하기도 했습니다.

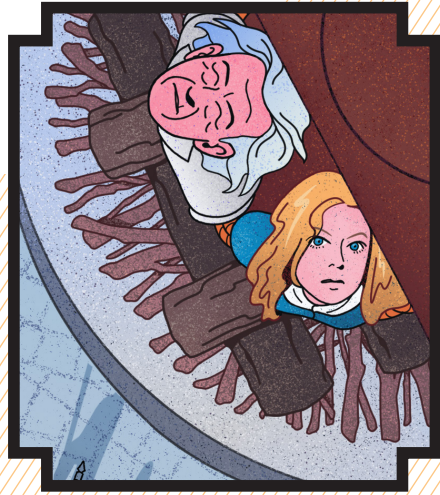
한편 갈디카스는 밀렵꾼에게 잡힌 새끼 오랑우탄을 구조해 자립할 수 있도록 돕고, 트위터를 통해 오랑우탄 보호 활동을 벌였습니다.

이들이 유인원을 연구 대상으로만 보고 먼 거리에서 관찰했다면 보호 활동으로 이어지진 않았겠죠? 동물 연구에는 다양한 방식이 있지만, 인간과 흡사한 유인원을 연구했기에 어쩌면 필연적인 결과였는지도 모르겠네요.



4장

윌리엄 하비와 함께 마녀사냥을 막아라



- 과목_ 중학교 2학년 과학 「동물과 에너지」
- 성취기준_ [9과12-03] 순환계의 구조와 기능을 이해하고, 혈액의 순환 경로를 나타낼 수 있다.
- 키워드_ 심장, 순환계, 동맥과 정맥, 혈액순환

윌리엄 하비

(William Harvey,
1578년~1657년)



순환계의 비밀을 밝혀라

윌리엄 하비는 영국의 의사이자 생리학자입니다. 케임브리지대학을 졸업한 뒤 1598년 이탈리아의 파도바대학에서 유학하다가 돌아와, 1609년 런던의 바돌로매병원 주임 의사가 되었습니다.

당시 의학에서는 고대 그리스의 의학자이자 철학자였던 클라우디오스 갈레노스의 ‘혈액파도설’(혈액은 간에서 만들어져 온몸에 파도처럼 퍼져 나간 뒤에 사라진다)이 정설의 지위에 있었습니다. 그러나 하비는 심장박동 수와 혈액 방출량 계산을 통해, 만약 갈레노스의 이론이 맞는다면 하루에 1,800L나 되는 혈액이 만들어져야 하는 모순을 지적하며 ‘혈액순환설’(혈액은 심장을 거쳐 온몸을 돌고 돈다)을 주장했습니다.

인간이 살아가려면 음식을 먹고 이를 이용해 에너지를 만들어야 하죠. 이 과정에 크게 기여하는 우리 몸속 기관은 네 가지 종류입니다. 음식을 잘게 부수는 소화계, 산소와 이산화탄소를 교환하는 호흡계, 노폐물을 내보내는 배설계, 그리고 이 모든 기관계를 서로 연결해 주는 순환계예요. 그중 하비가 연구해 큰 발견을 해낸 순환계에 대해 자세히 알아볼까요?

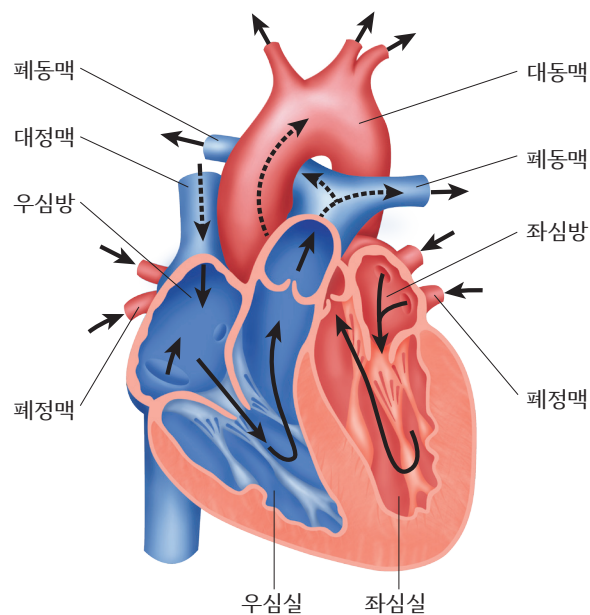
온몸을 잇는 고속도로, 순환계

우리 몸속에는 구석구석까지 혈관이 뻗어 있어요. 대동맥처럼 큰 혈관부터 눈에 보이지 않는 모세혈관까지, 모두 합치면 지구 두 바퀴를 감고도 남는 길이라고 해요. 혈관 속으로 혈액이 흘러 온몸의 세포를 이어 주는 고속도로 역할을 한답니다. 소화를 통해 흡수된 영양소는 혈관을 타고 온몸의 세포로 이동해요. 세포에서는 영양소를 받아 생체 에너지를 만들죠.

평생 쉬지 않는 심장

순환계에서는 혈관뿐 아니라 심장도 중요한 역할을 해요. 심장은 두꺼운 근육으로 이루어져 있기 때문에 수축과 이완을 반복하며 혈액을 뿜어냅니다. 동맥으로 나간 혈액은 온몸에 퍼져나가고 모세혈관으로 세포 구석구석을 돌다가 다시 정맥으로 모여 심장에 돌아옵니다.

심장은 크게 네 개의 구역으로 나뉘어 있어요. 심장의 윗부분은 심방, 아래쪽은 심실인데 좌우에 따라 우심방, 우심실, 좌심방, 좌심실이 라고 해요. 심실의 근육은 심방보다 두꺼운데 강한 힘으로 혈액을 내 보내기 위해서랍니다. 우심실에서는 폐동맥을 통해 폐로, 좌심실에서는 대동맥을 통해 온몸으로 혈액을 내보내요. 폐에서 기체교환이 완료 된 혈액은 폐정맥을 통해 좌심방으로, 온몸을 돈 혈액은 대정맥을 통 해 우심방으로 돌아옵니다. 온몸에 필요한 에너지를 만들기 위해 영양 소와 산소를 공급하고 노폐물을 배출하기 위해 심장은 평생 쉬지 않고 일한답니다.



동맥과 정맥

동맥은 혈액이 심장에서 나가는 혈관, 정맥은 다시 심장으로 들어 가는 혈관이에요. 심장에서는 혈액이 순환할 수 있도록 강한 압력으로 밀어내요. 한꺼번에 많은 혈액이 나오기 때문에 동맥에도 강한 압력이 가해지죠. 그래서 동맥의 혈관벽은 정맥보다 두껍고 탄성이 커요.

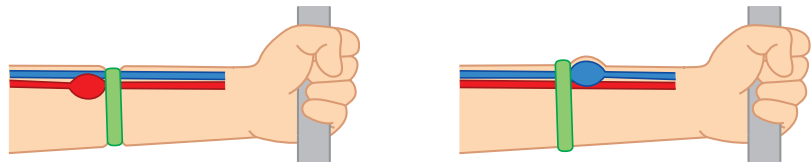
흔히 정상 혈압을 120/80이라고 표현하는데, 심장이 수축할 때는 120mmHg, 이완할 때는 80mmHg의 압력이 생긴다는 뜻입니다. 120mmHg는 매우 강한 압력이기 때문에 만약 동맥이 다치면 혈액이 뚝어져 나와 위험해요. 그래서 동맥은 몸속 깊은 곳에 위치하고, 정맥은 그보다 바깥쪽에 위치하는 거죠.

하비 이전에 해부학의 문을 처음 연 사람

하비의 ‘결찰사 실험’

하비는 혈액이 순환한다는 것을 증명해 보이기 위해 결찰사 실험을 했어요. 결찰사는 혈액을 막기 위한 실을 말하죠. 실로 아래 왼쪽 그림 처럼 팔을 세게 묶었지만 혈관이 부풀지 않았어요. 만약 당시의 이론 대로 심장에서 정맥(파란색)으로 혈액이 흐르는 거라면, 실을 묶은 지점에서 혈액의 흐름이 막히니 위쪽 팔의 혈관이 부풀어야 하는데, 그렇지 않았던 거죠. 이번에는 오른쪽 그림처럼 실을 살짝 풀어 느슨하게 묶어 봤어요. 그랬더니 아래쪽 팔 혈관이 부풀었습니다. 심장에서 동맥(빨간색)으로 혈액이 나와 정맥을 통해 다시 심장으로 들어가는 길이 실 때문에 막혀서 그런 거죠.

이로써 하비는 심장에서 동맥을 통해 혈액이 나오고 정맥을 통해 혈액이 들어가는 것을 증명할 수 있었답니다.



세게 묶었을 때

살짝 묶었을 때

안드레아스 베살리우스(Andreas Vesalius, 1514년~1564년)는 벨기에의 의학자예요. 베살리우스가 사망하고 십여 년이 흐른 뒤 하비가 태어났으니 훨씬 이전 사람이죠. 근대 해부학의 창시자라고 불릴 정도로, 해부학의 역사에서 빠질 수 없는 인물입니다. 그는 파리대학에서 공부한 뒤에 이탈리아 파도바대학에서 의학박사 학위를 받고 해부학 교수가 되었어요. 그 당시에는 의과대학마저도 여전히 갈레노스의 책을 가지고 그의 이론을 가르치고 있었습니다. 그런데 베살리우스는 수업 시간에 직접 칼을 들고 동물과 사람의 인체를 해부해 보았죠. 그러한 연구 결과를 『인체 해부에 대하여』라는 책으로 펴내기도 했고요. 그는 당시로서는 신성모독적인 주장을 해 많은 박해를 받았지만, 다행히 신성로마제국의 황제였던 카를 5세에게 발탁되어 공정 어의로 20년을 보낼

수 있었다고 하네요.

이렇게 하비 이전에도 인간의 순환계에 대해 새로운 주장을 폈던 스승들이 있었기에, 그것을 이어받아 하비가 결정적인 증명을 해 낼 수 있었던 거예요.



5장

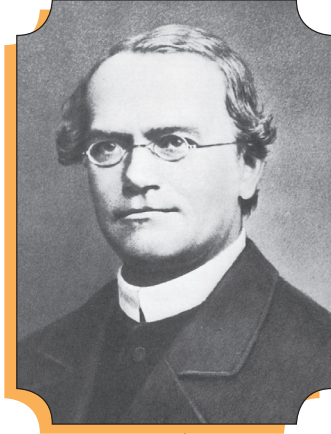
완두콩 마니아 멘델에게 용기를



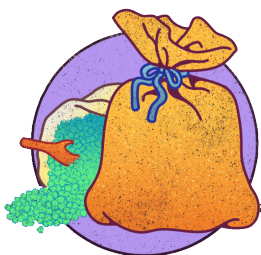
-
- 과목_ 중학교 3학년 과학 「생식과 유전」
 - 성취기준_ [9과21-04] 멘델 유전 실험의 의의와 원리를 이해하고, 원리가 적용되는 유전 현상을 조사하여 발표할 수 있다.
 - 키워드_ 멘델의 법칙, 유전, 유전자, 염색체
-

그레고어 멘델

William Harvey,
1578년~1657년



모든 유전에는 법칙이 있다



그레고어 멘델은 오스트리아의 식물학자로서, 아우구스티노회의 수도사로 있을 때 완두를 연구해 유전법칙을 발견했습니다.

그때까지 유전학에서는 부모의 특징이 반반씩 섞여 중간 형태로 자식에게 나타난다고 보는 혼합가설이 지배하고 있었습니다. 이에 반해 멘델은 유전을 일으키는 입자 즉, 유전인자(유전자)의 존재를 처음 제안한 입자가설을 발표했습니다.

멘델이 말한 유전인자는 지금 우리가 알고 있는 DNA이고, 쌍으로 존재하는 유전인자란 상동염색체를 말합니다. 거기에 더해 생식세포 분열까지 예상한 획기적인 발견이었습니다.

여러분은 가족하고 얼마나 닮았나요? 닮은 부분도 있지만, 전혀 닮은 부분이 없다고 느낄 수도 있어요. 이렇게 자손이 부모의 특성을 물려받는 것을 유전이라고 해요. 유전은 세포 속에 있는 유전자(DNA) 때문에 일어나는데, 멘델은 완두를 이용한 실험으로 유전자의 존재를 처음 증명해 보였습니다. 이 유전법칙이 워낙 중요해서 멘델의 이름을 따 ‘멘델의 법칙’이라고 불러요.

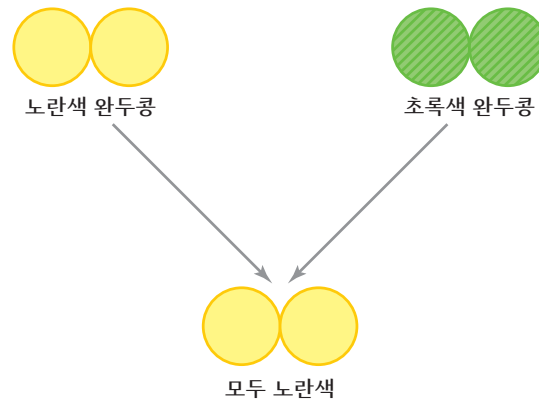
형질이란?

생물의 모든 형태나 성질을 형질이라고 해요. 인간의 키, 쌍꺼풀, 혀말기 등이 해당하지요. 멘델은 완두를 가지고 실험했는데, 이때 완두콩의 색깔, 모양 등의 형질을 이용했어요. 예를 들어 완두콩의 색깔은 노란색과 초록색 두 가지가 있는데 이를 대립형질이라고 해요. 인간의 눈꺼풀로 예를 들면 쌍꺼풀과 외꺼풀이 대립형질이 되겠죠.

우열의 법칙

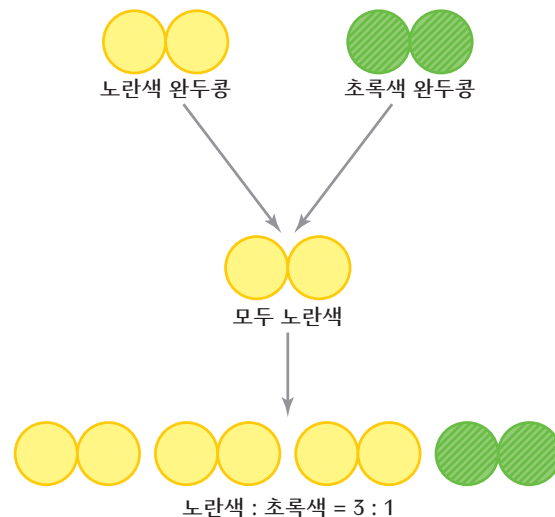
멘델은 순종인 노란색 완두와 초록색 완두를 교배했어요. 이 부모 세대의 교배로 열린 자손 1세대 완두콩은 어떤 색깔이 될까요? 두 색이 섞인 중간색으로 나올까요? 아니면 노란색과 초록색 중 하나가 랜덤으로 나올까요? 결과는 놀랍게도 모두 노란색 완두콩이 나왔답니다.

다. 멘델은 이를 우열의 법칙이라고 했는데요. 대립형질이 만났을 때 표현되는 형질을 우성, 잠재된 형질을 열성이라고 했어요. 완두콩에서는 노란색이 우성, 초록색이 열성이었던 거죠.



분리의 법칙

멘델은 여기서 그치지 않고, 이 노란색 완두콩(자손 1세대)을 다시 심어 교배했어요. 이때 열린 완두콩(자손 2세대)의 색은 노란색 : 초록색 = 3 : 1의 비율로 나왔답니다. “콩 심은 데 콩 나고, 팥 심은 데 팥 난다.”라는 속담이 있어요. 자식은 부모를 닮는다는 것인데, 이 사례에서는 분명히 노란색(자손 1세대)끼리 교배했는데 부모 중 어느 쪽도 닮지 않은 초록색 완두콩이 나온 거예요. 멘델은 이 현상을 초록색 유전자가 잠재되어 있다가 표현되었다고 설명했어요.



여기에 유전자의 개념을 넣어서 생각해 볼까요? 노란색을 나타내는 유전자는 대문자 Y, 초록색은 소문자 y로 표시할게요. 멘델은 유전자가

전 세계 모든 중학생이 배우는 멘델의 법칙



쌍으로 있다고 했어요. 그렇다면 부모 완두의 유전자는 노란색이 YY, 초록색이 yy라고 할 수 있어요. 자손 1세대에서 모든 완두의 유전자형은 Yy가 되고 우열의 법칙에 의해 모두 노란색 완두콩이 된 거예요. 여기서 한 번 더 교배를 하면 유전자는 Y와 y로 분리되어 각각 YY, Yy, Yy, yy 식으로 만나게 돼요. 이때 우성인 Y가 포함되지 않은 yy인 경우에만 초록색으로 나오겠죠?

이렇게 멘델은 두 유전자가 생식세포를 만들 때 서로 분리된다고 했고 이를 분리의 법칙이라고 했어요.

독립의 법칙

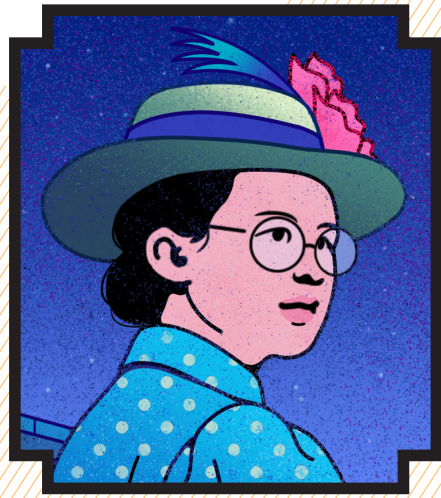
완두콩의 색깔 실험으로 밝혀진 3 : 1의 법칙은 완두콩의 모양(둥그랗거나 주름진)을 이용하여 실험했을 때도 마찬가지였어요. 이는 완두콩의 색깔과 모양 형질의 유전이 서로 영향을 미치지 않고 독립적으로 일어난다는 것을 말해 줘요. 멘델은 이를 독립의 법칙이라고 했습니다.

멘델은 이렇게 놀라운 유전법칙을 담은 논문을 1865년에 발표해요. 하지만 혁신적인 생각은 쉽게 받아들여지지 못했어요. 심지어 멘델이 죽을 때까지 이 연구를 인정받지 못했답니다. 1900년 무렵이 되어서야 휘호 더프리스, 카를 코렌스, 에리히 폰 체르마크와 같은 유럽의 과학자들이 잇달아 멘델의 유전법칙을 재발견했어요. 더프리스는 자신의 연구 논문 각주에 멘델의 실험 결과를 바탕으로 한 것임을 명기했고, 코렌스는 더프리스의 논문을 참조하였음을 밝혔죠. 1902년 월터 서턴은 현미경으로 염색체의 움직임을 관찰하고 멘델이 말한 유전인자는 염색체에 있음을 가정했어요. 그리고 1915년 토머스 모건은 초파리의 유전자 지도를 완성함으로써 멘델의 유전학 연구를 완성했답니다.

그리하여 멘델의 연구는 이제 전 세계 모든 중학생이 교과과정으로 배울 만큼 정설로 인정받게 됐습니다.

6장

고양이 부적을 이긴 김점동의 의술



-
- **과목**_ 초등학교 6학년 과학 「생물과 우리 생활」, 고등학교 생명과학 I 「생명과학의 이해」, 「항상성과 몸의 조절」
 - **성취기준**_ [6과04-01] 동물과 식물 이외의 생물을 조사하여 생물의 종류와 특징을 설명할 수 있다.
[12생과101-01] 생물의 특성을 이해하고, 생물과 비생물의 차이점을 설명할 수 있다.
[12생과103-06] 다양한 질병의 원인과 우리 몸의 특이적 방어 작용(항체 생성)과 비특이적 방어 작용(백혈구 식균작용)을 이해하고, 관련 질환에 대한 예방과 치료 사례를 조사하여 발표할 수 있다.
 - **키워드**_ 세균, 바이러스, 질병, 전염병, 의학자
-

김점동

박에스터, Esther Kim Pak,
1876년 3월 16일 ~
1910년 4월 13일



질병을 일으키는 세균, 그리고 바이러스

김점동(박에스터)은 우리나라 최초의 여성 의사입니다. 이화학당 의사이자 교사였던 로제타 셔우드 홀과의 인연으로 처음 의학의 길에 발을 들였고, 미국 볼티모어여자의과대학을 졸업하고 의사가 되어 귀국했습니다.

귀국 후 김점동은 구시대적인 관습과 미신에 맞서 근대 의술을 전파했습니다. 우리나라 최초 여성 병원인 보구여관(保救女館)에서 일하며 수많은 환자를 돌봤고, 황해도와 평안도 등 의료 혜택에서 벗어나 있는 곳곳을 찾아다니며 진료했습니다. 특히 1900년대 초 콜레라가 창궐했을 때 치료와 예방을 위해 헌신했으나, 1910년 폐결핵으로 사망했습니다.

콜레라를 일으키는 것은 콜레라균, 결핵을 일으키는 것은 결핵균... 각종 세균이 질병을 일으킨다는 걸 지금 우리는 잘 알고 있죠? 하지만 김점동이 의술을 펼치던 시기만 해도 우리나라에서는 질병에 대한 미신이 난무했어요. 예를 들어 콜레라는 쥐 귀신이 붙은 거라서 고양이 부적으로 퇴치해야 한다고 했죠. 세균에 대한 지식이 없던 시절이라서 일어난 일이에요. 우리 몸에 기생해 질병을 일으키기도 하는 세균, 그리고 세균과 헛갈리곤 하는 바이러스에 대해 알아볼게요.

세균은 생물이다

과학자들은 공통점과 차이점에 따라 무리를 지어 생물을 분류했어요. 먼저 운동성이 있고 에너지를 다른 생물로부터 얻는 생물을 동물계, 운동성이 없고 광합성으로 에너지를 합성하는 생물을 식물계로 나누었죠. 여기까지는 간단해 보였지만, 버섯과 곰팡이가 문제였어요. 이들은 동물처럼 다른 생물로부터 에너지를 얻지만, 식물과 마찬가지로 운동성이 없었거든요. 그래서 이러한 생물을 균계로 분리하게 됐죠.

하지만 동물계, 식물계, 균계 외에도 새로운 생물이 또 발견됐습니다. 그간 눈에 보이지 않았던 생물들이 현미경의 발달로 보이게 된 거예요. 그래서 아메바나 짙신벌레처럼 하나의 세포로 이루어진 생물을



원생생물계로, 대장균처럼 핵이 없는 단순한 세포들을 원핵생물계로 나누어 5분류 체계를 확립했죠. 이 중에 세균은 어디 속할까요? 이름만 보고 균계라고 생각할 수도 있지만, 사실은 원핵생물계에 속해요.

바이러스는 생물이 아니다

현재 온 인류를 괴롭히고 있는 ‘코로나19’가 ‘바이러스’라는 건 들어봤죠? 코로나19뿐 아니라 예전에 유행했던 메르스나 평상시 우리 건강을 위협하는 감기도 모두 바이러스에 속해요. 세균이든 바이러스든 모두 눈에 보이지 않을 만큼 미세하게 움직이고 어떤 것들은 질병을 유발하기도 하는데, 그럼 세균과 바이러스는 같은 것일까요?

결론부터 말하면 절대로 그렇지 않습니다. 무엇보다 세균은 생물이지만 바이러스는 생물이 아니거든요. 왜 그럴까요?

일단 과학자들은 생명의 특징을 다음과 같이 정리해요. ❶ 세포로 구성 ❷ 물질대사 ❸ 자극과 반응 ❹ 발생과 성장 ❺ 항상성 유지 ❻ 생식과 유전 ❼ 적응과 진화. 예를 들어 원생동물인 짚신벌레는 이 7가지 조건을 모두 갖췄어요. 그래서 홀로 에너지를 흡수하며 살고, 둘로 나뉘어 번식도 하죠. 하지만 바이러스는 세포 형태를 띠고 있지 않아요. 세포는 세포막으로 싸여 안쪽에 세포 소기관과 각종 효소들이 있는데, 바이러스는 겉은 단백질 껍질로 싸여 있고 안쪽에는 유전자(DNA, RNA)가 있거든요. 그리고 평소 물질대사, 자극과 반응, 발생과 성장, 항상성 유지도 하지 않습니다.

그럼 생물도 아닌 것이 어떻게 사람 몸에 질병을 퍼뜨리는 걸까요? 바이러스가 딱 맞는 숙주세포를 만나면 얘기가 달라집니다. 바이러스 안의 유전자가 숙주세포의 소기관을 이용해 증식하는데, 일종의 생식인 셈이죠. 또 바이러스가 주변 환경에 맞추어 적응과 진화를 하기 때문에 변이가 계속 일어나기도 하고요. 하지만 질병을 일으키는 바이러스는 아주 일부이기 때문에 평소에 크게 걱정할 필요는 없습니다.

세균성 질병과 바이러스성 질병

세균 때문에 일어나는 대표적 질병은 결핵과 콜레라 등이 있고, 바이러스가 원인인 질병은 감기와 코로나19 등이 있다고 했죠? 인간의 입장에서 병의 증세가 나타나는 것은 똑같지만, 원인이 다르기 때문에 치료도 달리해야 해요.

흔히 세균성 질병에는 항생제를 치료제로 씁니다. 세균은 펩티도글

전염병 연구에 헌신한 우리나라의 의학자



리칸 성분의 세포벽으로 둘러싸여 외부 환경으로부터 보호를 받기 때문에, 항생제로 세포벽을 녹여 세균을 죽게 만드는 거죠.

반면 바이러스성 질병은 이렇다 할 치료제가 없습니다. 흔히 먹는 감기약 성분을 살펴보면 콧물을 줄이거나 기침을 완화하는 기능이거든요. 그렇게 증상을 약화해 줄 뿐 정작 근본 원인인 바이러스를 죽이지는 못해요. 약을 먹다 보면 어느새 감기가 나으니깐, 약이 감기를 치료했다고 오해할 수 있지만 실은 시간이 지나 몸에서 항체가 만들어졌기 때문이라합니다.

전염병의 치료만큼 중요한 것이 병의 원인과 전염 경로를 아는 것입니다. 그래야 그에 맞는 치료제와 예방법을 찾을 수 있으니까요. 우리나라 전염병 연구의 선구자로 꼽히는 의학자로 전종휘가 있습니다.

전종휘는 김점동이 세상을 떠난 뒤 3년 후에 함경북도 성진에서 태어났습니다. 경성의학전문학교에서 의학을 공부한 뒤, 전염병 전문병원 경성부립순화병원에서 환자들을 진료했어요. 경성(당시 서울)에서는 매년 2,000명이 넘는 환자가 발생할 정도로 전염병이 심각한 문제였습니다. 그는 일본뇌염과 열대열 말라리아 환자들을 대상으로 한 임상 사례 연구를 학술지에 발표했는데, 이 가운데 열대열 말라리아는 국내에서 처음 발견한 것이었죠. 이 시절 실험실에서 세균학 연구를 하다가 전종휘 자신도 발진티푸스에 감염되어 투병하기도 했습니다. 광복 이후에는 서울대학교 의과대학에 처음으로 개설된 전염병 내과를 맡아 진료와 연구를 계속했어요.

전종휘는 전염병을 학문적으로만 연구한 것이 아니라, 현장에 직접 참여해 방역과 치료뿐 아니라 그 원인을 밝히기 위해 노력했기 때문에, 우리나라의 전염병 최고 권위자로 인정받게 되었죠.

모든 의학자가 그렇겠지만 특히 전염병을 연구하고 진료하는 의학자는 늘 건강과 생명의 위협에 맞서 싸울 수밖에 없어요. 이들이 이렇게 노력하는 만큼, 우리도 평소 위생 수칙을 철저히 지키고 존중과 감사의 마음을 갖도록 해야겠죠?