러셀 L. 블레이록 지음 / 에코리브르

이 책은 조미료 혹은 감미료로 식품과 음료에 첨가하는 흥분독소(글루탐산나트륨, 아스파탐, 시스테인, 가수분해 식물 단백질, 아스파르트산 등)의 유해성을 알리고 있다. 흥분독소가 성장기의 뇌 발달 방식을 바꾸어버릴 수도 있다는 것을 밝혀낸 실험과, 신경계를 손상시키는 흥분독소를 비롯해 신경계 질환과 관련된 중요한 연구 사례를 소개하며, 흥분독소로부터 우리 스스로 보호해야 함을 주장한다.

본 도서정보는 해당 출판사의 인가를 얻어 (주)북코스모스에서 제작하였습니다.
저작권법에 의하여 무단전재나 무단복제 및 전송을 금합니다.
Summarized with the permission from the Publisher.

죽음을 부르는 맛의 유혹

러셀 L. 블레이록 지음

에코리브르 / 2013년 11월 / 448쪽 / 20,000원

▣ 저자 러셀 L. 블레이록

신경외과 전문의로 루이지애나 주립대학교 의과대학을 졸업했다. 그 후 5년간 찰스턴 소재 사우스캐롤라이나 의과대학에서 신경외과 수련의로서, 탁월한 신경외과 의사이자 교수인 루트비히 G. 캠페 박사와 함께 다양한 연구 업적을 이뤘다. 미시시피 대학 병원의 임상조교수로 다발성 경화증에 관한 의학 교과서의 세 장을 저술했고 환자를 위한 책을 펴냈으며, 임상 현장에서 신경외과 진료에 임하면서 다양한 신경 변성 질환을 치료해왔다. 1989년 3월 부친이 파킨슨병으로 생을 마감했는데, 이를 계기로 사람들이 이런 참혹한 경험을 하지 않도록 돕기 위해 이 책을 쓰게 되었다. 미국신경외과의사협회(CNS), 미국신경외과학회(AANS), 미국신경과의사협회(ANA), 미국정맥경장영양학회(ASPEN) 등의 정회원이다. 또 예술을 즐기는 사람으로, 이 책의 그림을 직접 그리기도 했다.

▣ 역자 강민재

성균관대학교 의과대학을 졸업하고 동 대학원에서 의학 석사학위를 받았다. 성균관 의대 삼성서울병원에서 인턴, 재활의학과 레지던트 수료, 전문의 취득 후 가톨릭 의대 서울성모병원에서 재활의학과 전임의로 근무했다. 현재 경북 영주의 청하재활요양병원에서 재활의학과 과장으로 중추신경계 질환에 대한 진료와 재활 치료에 매진하고 있으며, 틈틈이 번역도 하고 있다.

▣ Short Summary

인류가 MSG를 섭취한 지 100년이 넘었는데, 안전성에 대한 찬반양론은 여전히 뜨겁기만 하다. 연 MSG로 대표되는 식품 첨가물은 안전할까?

이 책은 조미료 혹은 감미료로 식품과 음료에 첨가하는 흥분독소(글루탐산나트륨, 아스파탐, 시스테인, 가수분해 식물 단백질, 아스파르트산 등)의 유해성을 알리고 있다. 흥분독소가 성장기의 뇌 발달 방식을 바꾸어버릴 수도 있다는 것을 밝혀낸 실험과, 신경계를 손상시키는 흥분독소를 비롯해 신경계 질환과 관련된 중요한 연구 사례를 소개하며, 흥분독소로부터 우리 스스로 보호해야 함을 주장한다.

글루탐산나트륨(MSG), 아스파탐(뉴트라스위트), 시스테인, 가수분해 식물 단백질, 아스파르트산 등에 흥분독소라는 이름이 붙은 이유는, 뉴런이 이런 물질에 노출되면 매우 흥분하고 지칠 때까지 빠르게 신호를 전달하다가, 몇 시간 후 마치 세포가 흥분해서 죽는 것처럼 사멸해버리기 때문이다.

이 책은 흥분독소의 해로운 영향은 겉으로는 아무런 증상 없이 발생한다고 설명한다. 예로 흥분독소를 섭취한 어린이는 아프거나 구토를 하지도 않으며, 부모가 뭔가 잘못되었다고 느낄 만한 어떤 이상 행동도 하지 않지만, 청소년 또는 성인이 되면 그 손상은 내분비 장애, 학습 장애(자폐증, 집중력 결핍, 난독증), 정서 장애(폭력적 경향, 정신분열증, 망상증)로 나타난다고 강조한다.

▣ 차례

감사의 글 / 추천글 / 머리말

1 뇌의 작용에 대한 집중 분석
뇌의 내부 / 뇌간: 뇌로 가는 관문 / 뇌하수체의 통제 / 전기화학적 뇌
신호의 시냅스 전달 / 종합 / 뇌를 보호하는 혈뇌 장벽 / 결론

2 아주 특별한 아미노산
아미노산이란 무엇인가 / 자물쇠와 열쇠

3 죽음에 이르는 세포
흥분독소: 과유불급 / 흥분독소와 뇌의 성장 / 흥분독소의 작용
흥분독소와 뇌세포의 에너지 / 연구 결과 분석

4 흥분독소가 발육하는 뇌에 미치는 영향
가공할 수 있는 뇌: 가소성 / 발달 과정의 뇌 보호하기 / 식품에 함유된 흥분독소와 임산부
흥분독소의 내분비 효과: 호르몬 / 아이들은 문제를 일으킬 만큼 많은 흥분독소를 섭취할까
과학에서의 진실 / 결론

5 다가오는 죽음: 신경 변성 질환
신경학적 시한폭탄 / 합성 마약: 매우 놀라운 사실 / 진전 마비: 파킨슨병
근위축성측삭경화증: 루게릭병 / 헌팅턴 무도병

6 알츠하이머병: 흥분독소와 관련한 손상의 고전적 사례
노화의 결과 / 알츠하이머병이란 무엇인가 / 알츠하이머병에서 관찰할 수 있는 현미경적 소견의 변화
흥분독소와 알츠하이머 특이 단백질 / 알츠하이머병의 기억력 저하
무엇이 알츠하이머병을 일으키는가 / 암살자, 알츠하이머병 / 흥분독소와의 또 다른 연결 고리
에너지: 뇌를 보호하기 위한 열쇠 / 포도당 획득 / 문지기의 실패: 혈뇌 장벽 / 도모산: 흥합 중독
마그네슘과 알츠하이머병 / 시스테인: 신경 변성 질환을 일으키는 또 다른 원인
동물 실험을 통해 인간에 대해 알 수 있는 것 / 알츠하이머병 환자는 무엇을 해야 할까

7 흥분독소와 관련 있는 그 밖의 신경계 질환
간질 / 두통 / 흥분독소와 외상성 뇌 손상 / 뇌졸중: 허혈증 - 무산소증
저혈당증 / 에이즈 치매와 흥분독소 / 아스파탐, 뇌종양 그리고 FDA / 결론

맺음말

8 업데이트
1부: 약물 / 2부: FASEB 보고서가 실제로 말하는 것은 무엇일까

부록: 숨겨진 MSG 공급원
용어설명 / 주 / 옮긴이의 글 / 찾아보기

죽음을 부르는 맛의 유혹

러셀 L. 블레이록 지음

에코리브르 / 2013년 11월 / 448쪽 / 20,000원

죽음에 이르는 세포

1908년 도쿄 제국대학의 실험실에서 일하던 이케다 기쿠나에 박사는 다시마에서 감칠맛을 나게 하는 물질을 분리해내려고 시도하던 중이었다. 오랫동안 일본인들은 요리할 때 다시마를 이용해 맛을 내왔고, 다시마의 맛과 향은 어떤 음식에 첨가해도 훌륭하게 어울렸다. 이케다 박사는 운 좋게도 독일의 유명한 화학자인 볼프 박사 밑에서 단백질로부터 글루탐산을 추출하는 법을 완벽하게 체득할 기회가 있었는데, 놀랍게도 이 다시마의 맛의 비결이 바로 글루탐산이라는 사실을 발견한 것이다. 1909년 이케다 교수는 동료 스즈키 사부로스케 박사와 힘을 합쳐 글루탐산나트륨 형태의 조미료를 생산하는 회사를 설립하고 아지노모토라는 이름을 붙였다.

이후 1933년까지 일본 요리사들은 맹탕인 국물조차도 기막힌 맛을 내게 하는 이 조미료를 매년 1000만 파운드(약 4536톤)가량 사용했다. 특히 일본 정부는 전시에 군인들에게 나눠주는 배급 식량에도 이 MSG를 첨가했는데, 그 덕분에 미군의 전투 식량과 달리 일본군의 전투 식량은 정말 맛있었다. 한편 포로로 잡은 일본군에게서 빼앗은 전투 식량을 먹어본 미국 군인들은 맛이 기막힌 일본군의 전투 식량에 관해 본국에 보고했고, 미군에서는 이를 조사하기에 이르렀다.

1948년 미군의 병참장교가 미국 내 식품 대기업들을 소집해 회의를 열었다. 이 회의에는 필스버리, 오스카 메이어, 리비, 스토클리, 캠벨 수프, 콘티넨털, 제너럴 푸드, 보든스 등이 참석했다. 회의 결과 참석자들은 일본 조미료에 뭔가가 있다는 결론을 내렸다. 요컨대 거슬리는 맛은 감춰버리면서 음식에 풍미를 더하고, 캔 음식에서 흔히 나는 양철 맛을 없애고, 미식가들이 즐겨 먹는 고급스러운 맛을 내게 하는 뭔가가 있었다. 간단히 말하면, 이 조미료가 식품 산업에 엄청나게 기여할 수 있다는 걸 눈치챈 것이다. 이후 미국 식품 회사들은 가공식품에 점점 많은 양의 MSG를 첨가하기 시작했다. 1940년대 후반까지 10년마다 2배씩 늘어날 정도였다.

오늘날 MSG는 대부분의 수프와 과자, 패스트푸드, 냉동식품, 통조림에 첨가되고 있다. 조지 슈워츠 박사는 『해로운 맛: MSG 신드롬』이라는 저서에서 MSG 및 이와 유사한 물질이 눈속임으로 음식에 첨가되고 있음을 지적했다. 예를 들어, "식물성 단백질", "천연향", "향료" 같은 말인데, 이런 말을 사용한 식품의 12~40퍼센트가 MSG를 사용한 것으로 드러났다.

특히 가수분해 식물 단백질에 대해서는 세심히 살펴볼 필요가 있다. 식물성 단백질은 황산이 포함된 물에 몇 시간가량 채소를 삶은 뒤, 가성 소다(비누를 만들 때 사용하는 알칼리성 물질)를 첨가해 중화시킨 다음, 여기서 얻은 갈색 슬러지를 건조하는 일련의 화학 반응을 거쳐 만들어진다. 게다가 이렇게 해서 얻은 갈색 분말에 MSG를 첨가해 가수분해 식물 단백질이라는 이름으로 파는 경우도 있다. 예로 특정 아미노산을 가수분해 식물 단백질과 결합해 소고기 맛을 나게 한 후 바비큐 소스나 패스트푸드에 쓸 수도 있고, 또 다른 단백질을 결합시켜 크림 맛을 나게 해서 통조림 수프·즉석 수프·샐러드 드레싱 및 각종 소스에 사용할 수도 있다. 이런 조미료에 대한 분석은 흥미로운 사실을 알려준다. 뇌

세포에 강력한 독성 물질로 작용하는 글루탐산, 아스파르트산, 시스테인뿐만 아니라, 몇 가지 발암 물질 또한 여기에 포함되어 있기 때문이다. 놀랍게도 미국 식품의약국은 가수분해 식물 단백질에 허용되는 발암 물질의 양이나 식품에 첨가하는 가수분해 식물 단백질의 양을 규제하지 않고 있다. 이런 물질이야말로 MSG보다 훨씬 더 위험한데도 말이다.

흥분독소: 과유불급

1940년대 초반까지는 인간의 뇌가 높은 농도의 글루탐산을 함유하고 있으며, 이 글루탐산이 뇌의 연료로 사용된다고 알려졌다. 이런 아이디어에 기반을 두고 1949년 H. 웨일-말레르브 박사는 정신박약 아동을 대상으로 글루탐산이 그들의 지능을 호전시키는지 알아보는 실험을 했다. 다행스럽게도 이 실험은 실패로 끝났다. 내가 이렇게 말한 이유는 실험을 계속했다면 그 아동들의 뇌가 더 큰 손상을 입었을 것이기 때문이다.

그 후 1957년 안과 레지던트인 루카스와 뉴하우스는 어떤 안질환을 연구하던 중, 젖먹이 생쥐와 다 자란 생쥐를 대상으로 MSG와 아스파르트산을 실험했는데, 그들이 발견한 사실은 정말이지 깜짝 놀랄 만한 것이었다. 실험이 끝난 후 실험동물을 죽여 현미경으로 조직을 살펴보니, MSG를 투여한 쥐들의 망막 내부층에 있는 모든 세포가 다 파괴되어 있었다. 성체 생쥐가 받은 손상도 심했지만, 어린 생쥐가 받은 손상에는 비할 바가 못 되었다. 한편 그들은 다소 덜하기는 하지만 아스파르트산을 투여한 생쥐에게서도 유사한 손상을 관찰했다. 여기서 인공 감미료인 뉴트라스위트의 주원료가 바로 아스파르트산이라는 것을 명심해야 한다.

불행히도 이 결정적 발견은 10년이 지나도록 의학계에서도, 막대한 양의 MSG를 유아용 식품에 쏟아 붓는 식품 산업계에서도 전혀 주목받지 못했다. 그러던 중 신경과학자인 존 올니 박사가 이 실험의 중요성을 새로 발견했다. 세인트루이스의 워싱턴 대학 정신과에서 근무하던 올니 박사는 1968년 실험동물과 용량이 동일한 상태에서 루카스와 뉴하우스의 실험을 되풀이했다. 그런데 올니 박사의 실험 결과는 지난번 실험보다 한층 충격적이었다. MSG가 눈의 망막세포에 있는 뉴런을 극심하게 파괴할 뿐만 아니라, 시상하부와 뇌실 주변 기관이라고 일컫는 뇌실 주위의 뇌 영역에 분포한 뉴런 또한 광범위하게 파괴한다는 사실을 발견한 것이다. 게다가 이런 손상은 미성숙하거나 갓 태어난 개체일수록 훨씬 심각했다. 올니 박사는 뇌의 이런 영역에는 혈뇌 장벽이 없어 혈액을 통해 뇌로 침투하려는 독성 물질을 막아내지 못하는 까닭에 많은 영향을 받는다는 가설을 세웠다.

그 후 많은 종을 대상으로 수행한 동물 실험에서 올니 박사의 발견을 확인했음에도 불구하고 관심을 보이는 사람은 얼마 되지 않았다. 대부분의 임상 의사가 읽는 의학 저널, 특히 신생아 치료를 전담하는 의사들이 주로 읽는 저널에서조차 그의 발견을 등재하지 않았다. 아울러 개인 병원에서 진료를 담당하는 의사들은 기초 과학 연구에 관한 저널을 즐겨 보지 않기 때문에 신생아나 유아에게 즉각적인 위험을 초래할 수도 있는 이 사실에 대해 무지할 수밖에 없었다.

대중이나 전문가 집단 혹은 여론의 질타를 받지 않는 상태에서 식품 업계는 점점 더 많은 MSG와 가수분해 식물 단백질을 음식에 추가했다. 올니 박사가 보고서를 발표할 때에 유아용 식품에 상대적으로 많은 양의 MSG를 첨가했고, 엄마들은 위험에 대한 아무런 자각도 없이 아기가 잘 먹는 모습을 보며 흐뭇해하기만 했다. MSG와 가수분해 식물 단백질 같은 강력한 조미료는 그저 그런 음식을 정말 맛있는 음식으로 만들 수 있다. 한편 시상하부가 인체의 많은 곳을 조절하는 중요한 기능을 담당한다

는 점(새끼손가락 손톱 크기의 조그만 뇌 한 조각이 성장을 조절하고 사춘기의 발현을 조율하며, 대부분의 내분비선과 식욕, 수면 주기, 생체 시계와 의식 정도까지 좌지우지함)을 생각하면, 올니 박사의 발견은 무척 중요하다. 박사는 실험을 통해 MSG가 시상하부의 황체 형성 호르몬으로 일컫는 생식 호르몬을 과다하게 분비하게 해서 조숙증을 유발한다는 사실을 확인할 수 있었다. 내분비계에 미치는 이런 영향은 동물들이 어느 정도 성장할 때까지 잘 드러나지 않는 경향을 보였다.

흥분독소와 뇌의 성장

대중에게 노출된 즉각적인 위험, 특히 태아에게 극심한 피해를 줄 것을 염려한 올니 박사를 비롯한 과학자들은 의회에서 증언을 했다. 그들의 증언 덕분에 1969년부터 유아 식품에서 MSG가 사라지기 시작했다. 그러나 어느 누구도 임산부에게 자신이 스스로 조리한 음식에 함유된 MSG가 태아에 끼칠 수 있는 위험에 대해 알려주지 않았다. 모체 혈액 내의 글루탐산이 태아의 혈액 내로 들어갈 경우 이런 위험이 발생할 것이 자명한데도 말이다.

1974년 올니 박사는 임신한 붉은털원숭이에게 MSG를 먹이는 실험을 한 결과, 새끼의 뇌가 손상될 수도 있음을 입증했다. 다른 연구자들도 임신한 쥐에게 MSG를 먹이는 실험을 해 비슷한 결과를 얻었다. 그러나 식품의약국, 즉 FDA가 여전히 침묵을 지키고 있는 까닭에 아직도 수많은 임산부가 MSG뿐만 아니라, 그만큼 강력한 흥분독소를 함유한 음식물을 계속해서 먹고 있다. 산부인과 의사와 소아과 의사도 환자에게 그 위험성에 관해 경고하지 않는다.

출생 후 젖을 떼고 나면 대부분의 아기 엄마는 이유식뿐 아니라 흔히 먹는 음식을 주기 시작한다. 이런 음식에는 대개 막대한 양의 MSG나 가수분해 식물 단백질이 첨가되어 있다. 올니 박사는 뇌세포가 심각할 정도로 파괴된 동물 실험에서 투여한 양과 동일한 MSG를 이 나이 또래의 아이들이 먹고 있다는 사실 또한 발견했다. 물론 동물과 사람의 체구를 고려한 비율에서 그렇다는 의미다. 이런 발견에 대해 사람들은 종종 그렇게 고용량을 먹는 경우는 드물다고 비판한다.

그러나 이런 비판은 사실을 모르고 하는 말일 뿐이다. 믿을 수 없겠지만 사람은 현재까지 알려진 어떤 동물보다 더 고농도로 글루탐산을 혈액 내에 농축한다. 올니 박사는 이렇게 말한다. '시중에서 유통하는 수프 한 그릇에 포함된 MSG만으로도, 소아의 혈액 내 글루탐산 농도를 동물 실험에서 뇌 손상을 유발한 농도만큼 높일 수 있다.' 성인은 체중 1킬로그램당 100~150밀리그램의 MSG를 섭취할 경우 혈액 내의 농도가 20배 이상 높아지는데, 이는 실험쥐와 비교했을 때 4배나 높은 수치다. 원숭이에게 비슷한 양의 글루탐산을 투여해도 혈중 농도는 그렇게 높아지지 않았다.

아이들이 먹는 음식에는 엄청나게 많은 양의 MSG나 유사한 흥분독소가 들어 있고, 인간은 자연계의 다른 어떤 종보다 글루탐산을 더 높은 농도로 혈액 내에 농축하기 때문에, 혈내 장벽을 통해 보호받지 못하는 유아의 뇌는 실험에서 뇌 손상을 일으킨 농도보다 훨씬 더 높은 MSG와 가수분해 식물 단백질에 노출된다. 그리고 아이의 뇌는 어른의 뇌보다 이런 독소에 4배나 더 민감하다는 사실을 꼭 알아야 한다. 아동의 식습관을 분석한 연구에 의하면, 사실상 아이들은 성인과 동일한 양의 MSG를 섭취하는 것으로 밝혀졌다. 이 어마어마한 양의 MSG와 흥분독소를 포함한 감자 칩, 냉동식품, 다이어트 음료, 통조림 파스타 등 수많은 정크 푸드와 패스트푸드를 생각하면 이런 사실은 어쩌면 당연하다.

올니 박사는 식품업계 현장의 아이러니를 이렇게 지적한다. '그리하여 오늘날 우리는 다음과 같은 역

설적인 상황에 직면했다. 유능한 신경과학자들이 열과 성을 다해 체내의 글루탐산과 아스파르트산에서 비롯된 신경 독성으로부터 신경세포를 지켜내기 위해 애쓰고 있는 반면, 한쪽에서는 식품 첨가물로 글루탐산과 아스파르트산을 양껏 먹도록 판촉에 열을 올리고 있다.'

흥분독소의 작용

흥분독소가 작용하는 방법에 대한 연구를 보면, 뇌의 기능뿐만 아니라 퇴행성 뇌질환의 메커니즘에 대해 더 깊이 이해할 수 있다. 여기서 짚고 넘어갈 점은 일상적으로 먹는 식품에 첨가되는 흥분독소가 동물 실험에서 사용한 것과 똑같은 것이라는 사실이다. 그리고 계속 언급하는 글루탐산은 MSG의 구성 요소인 바로 그 글루탐산이다. 또한 신경 독소인 아스파르트산은 인공 감미료인 아스파탐의 주요 성분이다.

글루탐산과 아스파르트산은 뇌와 척수에서 발견되는 신경 전달 물질이다. 아울러 이것들은 뇌와 척수에서 가장 흔히 볼 수 있는 신경 전달 물질이지만, 농도가 일정 수준 이상 높아지면, 글루탐산 수용체가 있는 신경세포 혹은 그 신경세포와 연결된 신경세포에 치명적인 독소로 작용한다. 후자의 경우는 특히 더 중요하다. 과도한 글루탐산은 그 수용체가 있는 신경세포를 죽일 뿐만 아니라, 인접해 있는 다른 신경세포까지 죽이기 때문이다. 그 신경세포에 어떤 종류의 수용체가 있든 상관없이 말이다. 이는 알츠하이머병이나 파킨슨병에 대해 논할 때 중요하다.

글루탐산과 아스파르트산은 어느 정도의 양을 충족하면, 신경세포를 극도로 흥분된 상태로 만들 수 있으며 세포를 죽일 수도 있다. 신경계는 신경세포를 둘러싸고 있는 액체(세포 외액)에 함유된 이 두 아미노산에 의해 평소 매우 조심스럽게 조절되기 때문이다. 이런 메커니즘은 몇 가지 방법을 통해 유지되는데, 가장 중요한 것은 과도하게 많은 글루탐산을 신경교세포로 퍼내는 특수한 펌프 시스템이다.

신경교세포는 신경세포를 둘러싸고 있으며 에너지를 공급한다. 이것은 마치 배가 가라앉지 않도록 밑바닥에 고인 물을 퍼 올리는 펌프처럼 작동한다. 정상적인 글루탐산 제거 시스템은 매우 효율적이다. 동물 실험에서 치명적인 신경 손상을 일으키는 데 어린 개체보다 성체가 더 많은 MSG를 필요로 하는 이유는 성체가 더 능률적인 글루탐산 제거 시스템을 보유하고 있기 때문인 것으로 여겨진다. 그러나 죽지는 않을지언정 적은 양으로도 충분히 손상을 입힐 수 있다는 점을 명심해야 한다.

이런 배출 시스템은 아주 효율적이긴 하지만 작동하려면 어마어마한 에너지가 필요하다. 마치 일렬로 늘어선 채 물 담긴 양동이를 손에서 손으로 전해 불을 끄는 구식 소방대에 많은 인력이 필요한 것과 마찬가지다. 인력이 부족하면 불은 다시 걷잡을 수 없게 치솟듯, 뇌에서 에너지의 생산이 감소하면 배출 시스템은 작동을 멈추고 글루탐산은 다시 신경세포 내부와 시냅스에 축적되기 시작한다. 이때 에너지를 다시 공급하지 못하면 결국 신경세포는 전소되고 말 것이다. 말 그대로 뉴런이 흥분해서 죽음에 이르는 것이다.

이중고: 배양한 신경세포를 고용량의 MSG에 노출시킨 후 15~30분이 지나면 세포는 풍선처럼 부풀어 오른다. 현미경으로 보면 세포 소기관이라 일컫는 세포 내의 미세 조직이 파괴되고, 세포핵의 크로마틴이 응고되는 모습도 확인할 수 있다. 이 뉴런들은 3시간 안에 죽을 뿐만 아니라 죽은 세포의 잔여물은 체내의 방어 메커니즘에 의해 깨끗이 치워진다. 동물을 이용한 실험 환경에서 이런 퇴행성 반응은 MSG를 먹인 경우, 복강 내로 직접 투입한 경우, 뇌로 곧바로 투입한 경우, 배양한 세포에 노출시

킨 경우 모두에서 관찰되었다. 그러나 저용량의 MSG로 실험한 과학자들은 아주 이상한 현상을 발견했다. 대부분의 뉴런이 MSG에 노출된 지 30분 후에도 별다른 변화 없이 멀쩡히 살아 있다가 MSG를 제거하고 2시간이 다 되어갈 무렵 갑자기 죽기 시작했다. 마치 시계를 맞춰놓은 듯 뉴런들이 같은 시각에 자살을 감행한 것이다. MSG에 노출된 지 18~24시간이 지날 무렵에는 모든 뉴런이 죽었다.

초기 2시간 동안 그 세포들은 모두 완벽하게 건강한 상태였다. 이 두 가지 반응, 즉 급성 반응과 지연 반응은 틀림없이 다른 메커니즘을 통해 발생한 것이라고 과학자들은 확신했다. 급성 반응은 세포 내로 나트륨 이온이 급격히 유입되면서 일어나는 손상 과정과 매우 흡사했다. 이 나트륨 이온의 빠른 움직임은 말 그대로 물을 빨아들이는 것과 같아 세포가 부풀어 죽는 것이다.

이 가설을 실험하기 위해 과학자들은 뉴런을 배양한 다음, 배지에서 나트륨 이온을 모조리 없앤 채 MSG를 첨가해보았다. 하지만 아무리 높은 농도의 MSG를 투여해도 세포는 2시간 동안 죽지 않았다. 따라서 MSG는 과도하게 나트륨을 유입함으로써, 죽 물을 세포 내로 들어오게 함으로써 뉴런이 갑자기 죽도록 한다는 결론을 얻었다. 그러나 여전히 나트륨 이온을 제거하는 것으로는 지연 반응에 아무런 영향을 끼칠 수 없었다. 2시간 후에 뉴런은 여전히 죽었기 때문이다.

초기 연구를 통해 과학자들은 특정 물질이 조절하는 미세 통로를 이용해 나트륨이 유입된다는 사실을 알았다. 글루탐산도 세포막의 나트륨 통로를 여는 촉매제로 작용하는 것이 명백했다. 이를 근거로 과학자들은 다른 통로의 존재가 지연 반응을 설명할 수 있을 것이라고 여겼다. 그래서 연구를 거듭하며 이번에는 배지에서 칼슘을 제거해보았다. 그리고 숨을 죽이며 결과를 기다렸더니, 이번에는 MSG에 노출된 지 2시간이 경과한 후에도 모든 뉴런이 멀쩡히 살아 있었다. 24시간이 흐른 뒤에도 마찬가지였다. 바로 칼슘이 진범이었던 것이다. 이제 세포 내로 칼슘이 들어가도록 하는 특별한 통로를 글루탐산이 여닫았다는 게 명백해졌다.

화학적 암살자: 흥분독소는 뇌세포를 무분별하게 다 죽이지 않는다. 아주 선택적으로 파괴한다. 어떤 종류의 뇌세포는 모조리 다 죽일 수 있지만, 바로 곁에 있는 세포는 전혀 해치지 않고 살려두기도 한다. 이런 선택적 파괴는 글루탐산 수용체에 달렸다. 말하자면 세포 입장에서는 그 수용체가 마치 죽음의 표식처럼 작용하는 것이다. 우리가 알고 있듯 모든 흥분독소는 세포막의 글루탐산 수용체에 결합해 작용한다. 아스파르트산도 글루탐산과 마찬가지로 이 수용체에 결합해 작용한다.

글루탐산 수용체에는 세 가지 형태, 즉 NMDA, 퀴스퀄레이트, 카이네이트 수용체가 있다. 그중 가장 흔한 유형은 NMDA 수용체이다. 대부분의 포유동물은 전뇌(척추동물의 발생 초기에 이루어지는 뇌포의 앞부분으로 대뇌반구와 간뇌로 발달하는 부위임)에 분포하는 시냅스의 50퍼센트가량이 글루탐산을 신경 전달 물질로 사용하는데, 이것들이 뇌 속에서 매우 중요한 흥분성 역할을 한다. 즉 뇌를 활성화하고 활동할 수 있게끔 준비시킨다. 알츠하이머병이나 헌팅턴 무도병, 루게릭병 등에서 손상받는 바로 그 부위에 수용체가 군집해 있는 것이 문제인데, 이는 이런 질환의 발생 과정에 흥분독소가 결정적 역할을 할 수도 있다는 것을 뜻한다.

알츠하이머병: 흥분독소와 관련한 손상의 고전적 사례

무엇이 알츠하이머병을 일으키는가

여기엔 몇몇 가설이 있긴 하다. 그러나 지금까지 이 질환의 발병 원인에 대해 만족할 만한 설명은 나오지 않고 있다. 각각의 이론에 모두 결정적인 문제가 있기 때문이다. 알츠하이머병과 관련한 최초의 임상적 특징은 별다른 이상이 없던 사람에게서 비교적 짧은 기간 안에 발병한다는 사실이다. 이런 사실을 접한 사람들은 다음과 같은 질문을 던질 수밖에 없다. 무엇이 뇌의 특정 부분에 있는 그토록 많은 수의 뉴런을 갑자기 죽일 수 있는가? 이에 대한 가장 설득력 있는 대답은 죽은 뇌세포에 유전적 결함이 있어 다른 정상적인 뇌세포보다 빨리 늙어버린다는 것이다. 결과적으로 한 부분의 세포는 다 늙어 죽어버리는데, 다른 부분은 그렇지 않은 것이다.

과학기술이 발달함에 따라 우리는 알츠하이머병에서 발생하는 다양한 변화에 대해 점점 더 많은 것을 알게 되었다. 전자현미경은 신경반과 신경섬유 매듭에 대해 분석했고, 생화학자는 신경 전달 물질과 에너지 전달 체계의 변화에 대해 연구했으며, 면역학자는 뇌에 대한 바람직하지 않은 면역 공격과 관련한 증거를 찾았다. 그중 뇌를 이해하는 방법을 진일보시킨 가장 중요한 도구는 새로운 영상 기법, 즉 PET 스캐너다. 이 기기를 이용해 살아 있는 뇌의 기능을 엿볼 수 있을 뿐만 아니라, 에너지로 사용하기 위한 포도당 대사를 파악할 수 있게 되었기 때문이다.

이런 새로운 정보들은 알츠하이머병이 다수의 뇌세포가 갑작스레 죽어서 발생하는 질환이 아니라, 수년간 신경이 서서히 변성되는 질환이라는 사실을 알게끔 해주었다. 우리가 임상적으로 보아온 증상은 점진적인 악화의 최종 단계였던 셈이다. 말하자면 뇌가 떨어진 기능을 더 이상 보충하지 못하는 시점이 되자 임상적 증상이 발생했다는 의미다. 특정 뇌세포만 죽는 것도 명백해졌다. 실제로 사멸한 세포 바로 곁에 있는 다른 세포는 아주 정상이었다. 무엇이 세포를 죽게 만들었건 그것은 매우 선택적인 과정 혹은 독소였을 것이며, 특정 세포를 나머지 다른 세포와 구별한다는 것을 알 수 있다.

학자들은 프리온이라 일컫는 특수한 형태의 병원체가 뇌를 감염시켜 지연된 세포 사멸을 유발함으로써 결국 치매를 불러일으킨다고 생각했다. 처음에는 이 가설이 모든 퍼즐에 대한 완벽한 해답 같았다. 그러나 이 이론에는 문제가 있었다. 첫 번째 문제는 바이러스가 뇌의 특정 영역이 아니라 광범위하게 감염을 일으키는 경향이 있다는 것이고, 두 번째 문제는 알츠하이머병에서 보이는 증상이 나타나지 않았다는 것이며, 세 번째 문제는 다른 병리학적 소견과 일치하지 않는다는 것이다.

알츠하이머병 치매의 몇 가지 특징은 일부 연구자들로 하여금 치매가 환경 독소에 의해 유발된다고 믿게끔 만들었다. 알츠하이머병에 어느 정도의 유전적 취약성이 존재한다 하더라도, 대부분의 경우 완전히 유전적인 측면만으로는 설명할 수 없기 때문이다. 참고로 알츠하이머병을 앓고 있는 사람의 자녀에게서 알츠하이머병이 더 흔히 나타나긴 하지만, 더 많은 자녀들이 알츠하이머병이 발현되지 않은 채 건강하게 살아가고 있다. 게다가 어떤 환경 독소는 알츠하이머병에서 관찰할 수 있는 것처럼 특정 뇌세포를 손상시키고 나머지는 남겨두는 것으로 알려졌다. 그러나 학자들이 이런 독소에 관심을 갖게 된 진짜 이유는 신부전으로 혈액 투석을 받은 사람들이 높은 발병률을 보였기 때문이다.

혈액 투석 용액은 다량의 알루미늄을 함유하고 있는 것으로 밝혀졌는데, 실험적으로 알루미늄을 동물에 주입하면 알츠하이머병에 걸린 사람의 소견과 비슷한 신경섬유 매듭 같은 병리학적 변화를 보인다. (그러나 이 신경섬유 매듭은 알츠하이머병에서 관찰할 수 있는 것과 다르다.) 아울러 투석 용액에 알루미늄을 사용하지 않자 투석 환자들이 치매에 걸리는 경우가 현저히 줄어들었다.

신경생화학적 연구 덕분에 알츠하이머병으로 사망한 사람의 뇌에는 신경 전달 물질인 아세틸콜린과 그것을 합성하고 파괴하는 것과 관련 있는 효소가 현저히 줄어들었다는 사실이 밝혀졌다. 아세틸콜린은 뇌의 기억 작용에 중요한 역할을 하는데, 이 아세틸콜린을 주된 신경 전달 물질로 이용하는 신경로에 대한 손상은 마이네르트 기저핵이라고 부르는 뇌의 기저부에 위치한 한 쌍의 핵이 파괴된 결과로 설명할 수 있다는 게 나중에 밝혀졌다.

해부학적 연구를 통해 이 핵은 알츠하이머병에서 신경섬유 매듭이 가장 많이 발견되는 대뇌피질 특정 부위와 해마에 광범위한 섬유를 연결하는 것으로 밝혀졌다. 알츠하이머병 환자의 뇌에 대한 대부분의 연구에서 이 작은 핵은 파괴되었다. 나아가 아세틸콜린을 차단하는 약이 기억을 떨어뜨리며, 아세틸콜린의 전구체인 콜린이 정상인에게서 기억력을 증진시킨다는 사실도 콜린의 효능성에 대한 가설을 뒷받침한다. 한편 초기에는 동물에게서 마이네르트 기저액이 손상을 당해도 알츠하이머병에서 관찰할 수 있는 신경섬유 매듭이나 신경반이 생기지 않는다는 연구 결과가 있었다. 그러나 1987년 게리 어렌대시 박사와 동료들은 이 핵이 손상당하면 알츠하이머형 치매에서 관찰할 수 있는 것과 같은 많은 화학적, 병리학적 변화를 일으킨다고 보고했다.

사실상 거의 모든 알츠하이머병에서 나타나는 신경반과 신경섬유 매듭을 실험에서는 관찰할 수 없다는 반박이 많았다. 그러나 1987년 수행한 한 실험에서는 실험동물을 5개월가량 더 살게 하자 대뇌피질과 해마에서 실제로 신경반과 유사한 구조를 가진 소견을 관찰했다. 초기에 이뤄진 연구에서는 이 결정적 기간이 채 오기도 전에 실험동물의 조직 표본을 채취했기 때문에 병리학적 소견이 충분히 발현되지 못했던 것이다. 이로써 신경 변성 질환의 병리학적 소견을 확인하기 위해서는 조직 표본을 얻는 시점이 무척 중요하다는 것을 알 수 있다.

아세틸콜린을 신경 전달 물질로 사용하는 뉴런에 대한 손상이 알츠하이머형 치매 발생의 주된 요소라는 걸 보여주는 많은 사례가 있다. 학자들은 이런 아이디어에 기초해 알츠하이머형 치매를 앓고 있는 환자들의 뇌에 분포하는 아세틸콜린 농도를 높여주는 약을 개발하는 데 착수했다. 약을 투여한 후 아세틸콜린 수치는 높아졌지만 결과는 실망스러웠다. 어떤 연구에서는 기억력이 다소 회복되긴 했지만 결국 지속적으로 악화됐다.

그런데 이 이론에도 문제점이 있다. 무엇보다 글루탐산형 뉴런의 선택적 사멸에 대한 설명이 부족하다. 부분적으로는 다음과 같은 사실을 통해 어느 정도 설명할 수 있지만 말이다. 즉 뇌의 아세틸콜린 시스템을 관장하는 마이네르트 기저핵에 주사로 흥분독소를 투입하면 뉴런이 파괴된다. 말하자면, 마이네르트 기저핵에 글루탐산형 뉴런이 분포해 있기 때문에 흥분독소를 주입하자 뉴런이 죽은 것이다. 이 같은 사실은 알츠하이머병을 앓고 있는 대부분의 환자에게서 마이네르트 기저핵이 파괴되는 것에 대한 설명도 될 수 있다.

이 이론에는 쉽사리 설명할 수 없는 다른 문제도 있다. 예를 들어, 알츠하이머형 치매의 주요 손상 부위인 마이네르트 기저핵은 다른 신경 질환에서도 파괴되는데, 이 환자들은 심각한 치매 증상을 보이지 않는다. 어떤 알츠하이머병 환자는 대뇌피질에서 정상적인 CAT 효소 수치를 보이는 것으로 미루어 보건대 아세틸콜린 시스템은 이 질환에서 부분적인 역할만 할 가능성이 높다.

암살자, 알츠하이머병

우리는 글루탐산(MSG는 글루탐산의 나트륨염이다)을 신경 전달 물질로 사용하는 뉴런들 간에 통합 네트워크가 존재한다는 것을 알고 있다. 이 모든 뉴런은 흥분성이라서 뇌를 진정시키기보다 활성화한다. 알츠하이머병에 걸린 뇌에서는 글루탐산형 뉴런이 많이 파괴된다. 예를 들어, 알츠하이머병 환자의 대뇌피질 중 글루탐산 수용체를 가진 뉴런의 35~40퍼센트가 파괴되었다. 글루탐산 수용체에는 세 가지 유형(NMDA, 퀴스퀄레이트, 카이네이트)이 있는데, 알츠하이머병에 걸린 뇌에서 NMDA형 글루탐산 수용체를 가진 뉴런의 60퍼센트가 사멸한다는 것이 밝혀졌다.

글루탐산과 아스파르트산을 제외한 다른 신경 전달 물질을 사용하는 뉴런을 살펴보면 질환 말기까지도 별다른 해를 입지 않고 잘 견딘다. 그렇다면 알츠하이머병에서 무엇이 뇌세포를 죽이건 간에 그 작용은 특정 뉴런에 국한한다는 것을 알 수 있다. 타깃은 글루탐산과 아스파르트산을 신경 전달 물질로 사용하는 뉴런인 것이다. MSG를 다량 주사하거나 먹더라도 모든 뉴런이 죽는 것은 아니다. 독성 효과는 매우 한정적이며 가장 피해를 많이 보는 세포는 피라미드 모양을 닮은 추상세포(피질의 심부에 위치하고 있다), 마이네르트 기저핵의 세포, 시상하부의 뉴런, 측두엽 해마의 추상세포이다. 고농도의 MSG에 의한 세포 손상은 알츠하이머병에서 볼 수 있는 소견과 아주 흡사하다.

알츠하이머병에서는 글루탐산 외 다른 신경 전달 물질을 사용하는 뉴런도 역시 손상을 입는다. 콜린성 뉴런(아세틸콜린을 신경 전달 물질로 사용하는 뉴런)도 심하게 손상된다. 그러나 이런 뉴런은 뇌에서 차지하는 비중이 그리 많지 않다. 대뇌피질과 해마에 있는 뉴런은 대부분 글루탐산과 아스파르트산을 신경 전달 물질로 사용한다.

앞에서 마이네르트 기저핵을 뇌 전역의 콜린성 뉴런을 관장하는 곳으로 소개하고 알츠하이머병에서 이곳이 파괴되었음을 입증한 연구에 대해서도 언급했다. 이 연구가 이보텐산이라는 글루탐산 수용체에 작용하는 강력한 독소를 이용해 수행한 연구라는 점은 무척 흥미롭다. 마이네르트 기저핵에는 글루탐산 수용체가 있는 뉴런도 많은데, 어떤 연구에서는 대뇌피질에 글루탐산을 투여하자 마이네르트 기저핵의 콜린성 뉴런이 죽었다는 실험 결과를 보고한 바 있다. 즉 알츠하이머병에서 관찰할 수 있는 콜린성 뉴런의 손상은 결국 흥분독소에 의한 결과라는 것을 알 수 있다. 이런 사실을 종합하면, 알츠하이머병의 모든 측면은 흥분독소 가설에 딱 들어맞는 것처럼 보인다.

흥분독소와 관련 있는 그 밖의 신경계 질환

흥분독소와 관련한 다른 신경계 질환들이 점점 많아지고 있다는 연구 결과가 있다. 흥분독소를 식품 첨가제로 쓰는 걸 반대하는 사람들은 흥분독소가 과거에 간질 병력이 있는 사람들에게 쉽사리 경련 발작을 일으키게 하거나, 그 자체로 경련 발작을 유발할 수 있다고 주장한다. 이들은 이런 효과가 있는 물질로서 뉴트라스위트라는 이름으로 잘 알려진 인공 감미료 아스파탐을 자주 언급한다. 또 두통이야말로 뉴트라스위트를 함유한 음식을 섭취하는 사람들이 가장 자주 호소하는 불만으로, 간질과 마찬가지로 둘 사이의 연관성에 대해서는 논란이 매우 많은 상황이다.

뇌졸중 환자들에게서 볼 수 있는 병리학 소견도 흥분독소에 의해 일어나는 선택적 뉴런 손상과 매우 유사하다. 즉 글루탐산 수용체를 가진 뉴런은 사멸하고 그렇지 않은 뉴런은 살아남는다. 그런데 어떤 질환은 식품에 첨가된 흥분독소와의 관계가 다소 모호한 경우도 있다. 식품업계는 이러한 연구에 대

가를 지불할 뿐만 아니라, 이런 첨가물의 안전성을 입증하기 위해 연구자들을 고용하기도 한다. 물론 식품업계의 자금을 받아 연구를 수행하는 것 자체가 잘못된 것이라고는 할 수 없다. 그러나 이렇게 해서 생산된 연구 결과는 비판적으로 검토해야 한다.

지금까지 살펴본 것처럼 흥분독소가 우리 신경계에 영향을 미치는 수많은 조건이 밝혀지고 있다. 최근에는 말기 AIDS 환자에게서 볼 수 있는 뇌병증과 치매 또한 바이러스가 아니라 글루탐산의 축적 때문이라는 보고도 있다. 글루탐산의 축적은 몇몇 몹쓸 질환의 공통분모다.

본 도서요약본은 원본 도서의 주요 내용을 5% 정도로 요약 정리한 것입니다. 원본 도서에는 나머지 95%의 내용이 들어 있습니다. 보다 많은 정보와 내용은 원본 도서를 참조하시기 바라며, 본 도서요약본이 좋은 책을 고르는 길잡이가 될 수 있기 바랍니다.