

환경호르몬이 인체에 미치는 영향



김 록 호 교수
(서울대학교 보건대학원)

환경호르몬이란 무엇인가

세기말의 마지막 해라고 할 수 있는 1999년에 접어들자 무슨 세기말 현상인지 황당무계한 인류 멸망설이 선정주의적 대중 매체에 심심찮게 소개되고 있다. 많은 인류멸망설 가운데에서도 그냥 가벼운 화제거리로 웃어 넘기기엔 너무나도 리얼리스틱하게 과학적인 인류멸망 시나리오가 있으니 이른바 ‘환경호르몬에 의한 인류 멸종설’이다. 이 가설에 의하면 인류는 지난 50년간의 산업화 기간 동안 지구에 방출시킨 유해 화학물질의 생식독성에 의하여 스스로의 수태 능력을 상실하게 되어 호모 사피엔스로서 종을 보존하지 못하게 될 것이라 한다. 전 지구를 지배했다는 공룡들이 지금부터 600만년 전쯤 홀연 유골들만 남긴 채 생태계에서 영영 퇴장해 버렸듯이.

1998년 5월, 일본 20대 남성의 정자 수가 40대 남성 정자 수의 절반 밖에 되지 않는다는 충격적 연구 결과와 일본의 컵라면용기를 채운 더운물에서 환경호르몬으로 의심받고 있는 스티렌 다이머 등이 검출되었다는 일본 신문의 보도를 국내 언론이 인용함으로써, 그리고 잘 알려진 환경호르몬인 TBT(tributyl tin)에 의한 생태계 피해 사례가 우리나라에서 처음 보고됨으로써 이 문제에 관한 국민들의 관심이 폭발적으로 커졌다.

환경호르몬이란 ‘내분비교란물질(Endocrine disruptors)’을 쉽게 표현한 것이다.

내분비교란물질이란 쉽게 얘기하면 생명체의 정상적인 호르몬 기능에 영향을 주는 체외화학물질을 말한다. 미국 환경보호부(EPA)는 내분비교란물질을 “항상성(homeostasis)의 유지와 발달과정의 조절을 담당하는 체내의 자연 호르몬의 생산, 방출, 이동, 대사, 결합, 작용, 혹은 배설을 간섭하는 체외 물질”이라고 폭 넓게 정의하였다.

내분비교란물질은 크게 약물성, 식물성, 환경성 등 세 집단으로 대별된다. 이들 각각에 대하여 간단히 알아보자.

역사적으로 내분비교란물질 가운데 처음 알려진 것은 호르몬 약품이다. 그 가운데 가장 잘 알려진 것이 DES(Diethylstilbesterol)이다. 이 물질은 강력한 합성 여성 호르몬인데 임상실험에서 약효와 안전성이 체 확인되지도 않은 상태에서 1948년부터 1972년까지 유산 방지의 목적으로 임산부에게 널리 투여되었다. 그러나 이 약을 복용한 산모에게서 유산 방지의 효과가 있지도 않았을 뿐 아니라 태어난 여아가 사춘기 나이가 되면 그 나이에 매우 희귀한 투명세포암(Clear cell carcinoma)이 질에 발생하고 남아에게서도 성기 기형이 다수 발생한다는 것이 밝혀졌다.

내분비교란물질로서 자연계에 존재하는 것을 식물

성 에스트로젠(Phytoestrogens)이라고 하는데 콩, 사과, 버찌, 딸기, 밀, 옥수수 등에 함유되어 있다. 실험실 분석에 의하면 43종류 이상의 먹는 식물에서 에스트로젠 활성이 관찰되었다 한다. 이들의 호르몬으로서의 역가는 매우 미미해서 자연 에스트로젠의 수천에서 수만 분의 일인 것으로 알려져 있다. 식물성 에스트로젠이 함유된 면실유를 식용유로 쓰는 가정은 별로 없지만 스낵 제조 과정에서는 이 기름이 널리 사용된다. 콩으로 만든 두유 속에 함유된 식물성 에스트로젠의 농도는 갓난아이들의 혈중 에스트로젠 농도보다 1-2만배 높으므로 의학적인 이유로 두유만을 먹고 자라는 일부 선천적 대사이상 영아들에게 생물학적 변화가 있을 수 있다는 우려가 최근 미국에서 제기되기도 했다. 한편 인류는 진화과정에서 식물성 에스트로젠에 수십만년간 노출되면서 적응해왔기 때문에 식물성 에스트로젠이 많이 함유된 식품, 예를 들면 두부 등을 많이 섭취하면 유방암이 예방된다는 보고도 있다.

또 다른 내분비교란물질의 범주는 환경 오염물질이다. '내분비교란물질' 이면서 동시에 '환경오염물질' 이기 때문에 "환경성 내분비교란물질(Environmental endocrine disruptors, EED)"이라고 지칭하기도 한다. 경우에 따라서 '환경호르몬', '내분비계 장애물질', '내분비 저해물질', '호르몬교란물질' 이라는 말을 사용하기도 한다. 오늘날 환경문제를 말하면서 내분비교란물질이라고 하면 거의 예외 없이 환경성 내분비교란물질을 지칭하는 것으로서 현재 알려진 것은 100종이 넘는다. 예를 들면 다이옥신, PCB, DDT, 기타 농약 등 합성화학물질들은 생명체 내에서의 작용 일부가 호르몬의 작용과 비슷하여 생명체에 흡수될 경우 정상적인 호르몬의 기능을 혼란시키는데 그 결과 성기의 기형, 생식기능의 저하, 행동의 변화, 암의 발생 등을 유발할 수 있다는 의혹을 받게 된 것이다.

내분비교란물질(환경호르몬)에는 어떤 것들이 있나

환경성 내분비교란물질의 주요 원천은 폐기물 소각장, 화학 공장, 그리고 음식물의 잔류농약 등이다. 산업시설에 의해 배출된 화학물질이 먼저 대기, 수질, 토양 등의 환경을 오염시키고 다음으로 오염물질이 물고기, 축산물 등 생물체에 축적된 다음 최종적으로 사람이 소비하는 음식물을 통하여 인체 내로 들어오

는 것이다. 폐기물 소각장이나 산업폐기물 매립장은 다이옥신과 PCB의 주요 원천이다. 농작물과 가축을 기를 때 사용된 제초제, 살균제, 살충제 등의 농약은 환경과 음식물에 잔류할 수 있다. 특히 이런 물질은 생태계의 먹이사슬을 거쳐 수백만배로 농축되어 오염된 지역의 물고기, 쇠고기, 돼지고기, 닭고기 등의 지방질에 축적되어 있기 쉽다. 또한 식품을 포장하기 위해서 사용되는 플라스틱이나 스티로폼에서 재료물질이나 첨가물질이 용출되어 음식을 오염시킴으로써 인체에 흡수되기도 한다.

1997년 7월 현재 여러 기구들이 103개의 화학물질을 환경성 내분비교란물질 후보로 인정하였지만 이 숫자는 변할 것이다. 미국 환경보호부는 60개의 내분비교란물질 후보를 정하였는데 그중 25개는 미국 환경보호부 내분비교란물질 노출팀에 의하여 멀티미디어 환경분석을 1997년까지 마치도록 하였다. 미국 질병관리센터는 동 기관에서 관심을 갖고 있는 48개의 내분비교란물질 후보를 정하였다. 캐나다의 세계야생동물재단은 '도둑맞은 미래'에 열거된 50개의 내분비교란물질 후보에 더하여 총 68개를 열거하였다. 많은 것들이 중복되기도 하지만 어느 한 기관에서만만 지정한 물질도 있다.

내분비교란물질은 체내에서 어떻게 작용하는가

내분비교란물질은 생명체의 내분비계의 정상적 기능을 방해한다. 내분비계는 10억분의 1 내지 1조분의 1에 달하는 극소량으로도 상당한 생물학적 효력을 갖는 생물학적 활성 물질인 호르몬에 의하여 이루어진다. 현재까지 인체에는 100여 종류의 호르몬이 존재한다고 알려져 있다.

내분비기관에서 혈액 속으로 분비된 호르몬은 수용체(Receptors)와 결합하여 세포에서 매우 특수한 반응을 촉발함으로써 발달, 성장, 생식, 행동, 기타 세포반응과 신체기능을 유도한다. 호르몬이 수용체에 결합하여 반응이 일어나는 관계는 열쇠가 열쇠 구멍에 들어가 자물쇠가 열리는 관계와 유사하다. 내분비교란물질이 생명체의 자연 호르몬의 정상적 기능을 간섭하는 기전에 관한 가설은 아래와 같은 네 가지가 있다.

(1) 모방

자연 호르몬을 흉내내어 자연 호르몬과 같은 세포

반응을 유발한다. 이 세포반응의 강도는 자연 호르몬의 그것보다 훨씬 약한 경우가 대부분이지만 오히려 더 강할 수도 있다. 예를 들면 원래 주인이 가진 열쇠(자연 호르몬)가 아닌 가짜 열쇠(내분비교란물질)를 열쇠구멍(수용체)에 꽂아서 자물쇠가 열릴 수 있는데(세포 반응), 보통 진짜 열쇠보다 더 더디 열리지만 때로는 더 잘 열리는 경우도 있는 것과 같다. 대부분의 식물에스트로젠과 환경내분비교란물질은 에스트로젠 호르몬보다 약한 세포반응을 유발하지만 약용 합성물질인 DES는 자연 에스트로젠보다 훨씬 강력한 세포반응을 유발한다.

(2) 봉쇄

그 자체로는 호르몬 작용을 하지 않으면서, 자연 호르몬과 결합할 수용체를 막아버림으로써 자연 호르몬의 기능을 마비시킨다. 그 결과 생명체의 기능 유지에 필요한 자연 호르몬의 작용이 감소하게 되어 피해를 준다. 비유하자면 원래 주인이 가진 열쇠(자연 호르몬)가 아닌 가짜 열쇠(내분비교란물질)가 열쇠구멍(수용체)에 꽂혀져 자물쇠가 잠긴 상태로 망가지면 진짜 열쇠가 열쇠구멍에 들어가지 않아 자물쇠를 열지 못 하는 것과 마찬가지이다. 플로리다 주의 아홉카 호수에 서식하는 악어 수컷에서 DDT의 분해물질인 DDE에 의해 남성호르몬의 작용이 봉쇄됨으로써 음경이 위축되어 번식이 감소된 예가 여기에 해당된다.

(3) 촉발

내분비계와 무관한 단백질 수용체와 결합하여 비정상적인 일련의 연쇄적 세포 반응에 방아쇠를 당긴다. 비정상적인 세포 반응으로는 예정되지 않은 세포 분열로 인한 암의 발생, 생명체 내 물질대사와 합성의 변화 등이 있다. 원래 생명체의 설계상 열리지 않게 되어 있는 영구 자물쇠를 우발적으로 여는 것과 마찬가지이다. 이러한 물질로는 다이옥신이나 그 유사 물질들이 있다. 다이옥신은 그 자신이 마치 신중 호르몬처럼 작용하여 아릴하이드로카본(Ah) 수용체와 결합함으로써 완전히 새로운 일련의 세포 반응 과정의 방아쇠를 당긴다.

(4) 간접 영향

수용체와 결합하지 않고 간접적으로 자연 호르몬의 합성, 저장, 배출, 분비, 이동, 배설 등을 증가시키

거나 감소시켜 정상적 내분비 기능을 방해하기도 한다. 납이 성장 호르몬이나 갑상선 호르몬의 정상적 기능을 방해함으로써 발육과 지능 발달을 저해할 수 있다고 알려져 있다.

야생동물에 미치는 영향

내분비교란물질이 동물의 생식과 발달에 심각한 장애를 일으킨다는 사실은 야생동물에 관한 연구에서 처음 밝혀졌다. 내분비교란물질에 고농도로 노출되었을 때 동물 생태계에 나타난 현상을 소개하면 셀 수 없이 많다. 그 중의 몇 개를 예시하면, 동성 짝짓기를 하고 알을 품지 않는 청어갈매기(Herring gulls), 등우리로 귀소하지 않고 새끼를 버리는 독수리, 수달의 급격한 감소, 암탉처럼 행동하는 수탉, 밍크 새끼의 높은 사망률, 사산되는 양, 큰 백곰(Great white-bear) 집단의 감소, 대서양 해안에서 죽은 수백 마리의 병모양코 돌고래(Bottlenose dolphins), 시베리아 바이칼 호수의 죽은 물개 떼, 지중해에서 죽은 천 마리의 얼룩 돌고래(Striped dolphins), 바이러스 및 세균 감염으로 죽어간 PCB와 DDT의 조적내 농도가 높았던 항구 물개들 등이다.

우리나라에서는 최근 한국해양연구소의 이수형 박사에게 의하여 우리나라의 남해안 일부지역이 플라스틱 첨가제, 산업용 촉매, 살충제, 살균제, 목재보존제 등으로 널리 쓰이는 TBT(Tributyl tin)에 의하여 심각하게 오염되어 있으며 그 결과 굴, 소라 등 해양갑각류의 생식기능에 교란이 일어나 생산량이 급격히 감소하였다는 보고가 나왔다. 남해안의 조선업 공장에서 선박 밑바닥에 도포된 TBT가 해안의 갯벌을 오염시킨 것으로 추정된다. 그러나 우리나라 생태계에 환경성 내분비교란물질이 얼마나 광범위하게 분포되어 있는지, 생명체의 피해가 얼마나 되는지 등에 관한 체계적인 연구는 아직 없다.

사람에 미치는 영향

인체에 미치는 영향에 관해서는 환경오염 사고나 약물 재해로 인한 직접적 증거와

(1) 정자 수 감소,

(2) 성기 기형의 증가,

(3) 호르몬관련성 암의 증가 등 간접적 증거가 제시되어 있다.

직접적 증거의 하나로 일본과 대만에서 PCB에 오염된 식용유를 사용한 산모에게서 태어난 아이들 가운데 성장 지연, 주의력 결핍증, 사춘기의 성기외소증 등이 관찰되었는데 이를 油症이라고 한다. 위에 언급한 것처럼 임신 초기에 DES를 복용한 산모에게서 태어난 여아에게 질암이 발생하고 남아에게서 성기 기형이 발생하였다. 어려서 자랄 때 미국 오대호의 물고기를 많이 먹은 산모들에게서 태어난 아이들 가운데 출생 시 뇌의 크기가 작고 운동신경장애 등의 계속되는 발달 장애를 경험하는 경우가 상대적으로 많다. 네덜란드의 환경이 오염된 지역의 산모에게서 태어난 아이들은 상대적으로 행동과 학습의 장애가 많고 면역기능이 저하되어 있다. 캐나다 북극지방의 PCB에 오염된 북극곰을 주식으로 하는 이누이트 족 임파에게 태어난 아이들은 면역기능에 장애가 많아 중이염을 많이 앓는다. 원숭이를 이용한 동물실험에서 다이옥신의 노출이 자궁내막증과 관련이 있다는 보고가 있었다. 갑상선 비대증이나 갑상선 기능 항진증 혹은 저하증을 유발하는 물질로 다이옥신, PCB, DDT, 톡사펜(toxaphene) 및 납 등이 알려져 있다.

영국의학잡지(British Medical Journal)의 1992년 논문에 의하면 1940년에는 밀리리터당 1억 1천3백만개 이던 남성의 정자 수가 1990년에는 6천6백만개로 45% 줄었다고 한다. 이와 동시에 사정된 정액량도 25% 적어져서 유효 정자 수는 50%나 감소했다. 3년 후 뉴잉글랜드 의학잡지(New England Journal of Medicine)에 실린 논문에서도 파리의 정자 은행에 보관된 30세 프랑스 남성의 정액을 분석한 결과 1973년 밀리리터 당 8천 9백만개이던 정자 수가 1992년에는 6천만개로 감소하였고 정자의 수뿐만 아니라 정자의 운동성도 감소한 것이 확인되었다. 일본에서도 1998년 도쿄 근교에 사는 20대 남성의 평균 정자 수가 1 밀리리터 당 4천 6백만개로서 40대 전후 남성의 8천 4백만개와 비교할 때 거의 절반 수준에 머물고 있다는 조사결과가 나왔다. 연구자들은 내분비교란물질의 하나인 환경 에스트로젠이 그 원인일 수 있다고 암시하였다.

1962년에서 1981년 사이에 영국의 정류고환(남성 성기기형의 일종)의 증례가 두배로 늘어났다. 미국 국립 암연구소는 1973년에서 1991년 사이에 전립선암이 126% 증가했다고 발표했다. 50년 전 미국 여성이 평생동안 유방암에 걸릴 확률은 20명당 한명 꼴이었으나 오늘날에는 8명에 한명 꼴이다. 환경 에스

트로젠 가운데 하나인 DDT와 PCB에 노출된 여성은 유방암에 걸릴 확률이 높다는 연구결과가 1992년과 1993년에 미국 마운트 사이나이 병원의 윌프(Wolff) 박사에 의하여 보고 되었다. 그러나 1996년 간호사 코호트를 이용한 하버드 대학의 헨터 등의 연구는 유방암 환자들에게서 DDT 대사물이 증가된 것을 발견하지 못하였다.

이처럼 아직 논쟁의 여지가 있기는 하지만 현대 인류의 질병 추세에 관한 연구에서 대두되는 현상들, 즉 정자 수의 감소 추세, 유방암, 전립선암, 고환암의 증가 추세, 불임과 기형아의 증가, 주의력 결핍 및 학습 장애 어린이의 증가 등은 현대의학의 수수께끼들이다. 이 현상들이 환경오염물질의 내분비교란 기전에 의한 결과라면 이는 매우 심각한 문제가 아닐 수 없다.

결론

인류의 역사에서 지난 반세기는 27세 젊은이의 일생에서 하루에 해당하는 시간과 비교될 만큼 짧은 시간이다. 건강한 27세 남성이 수십 종의 환경오염 물질에 증독된 뒤 그의 정자 수가 하룻밤 사이에 절반으로 감소했다면 이는 의학적 응급사태가 아닐 수 없을 것이다. 즉시 원인을 진단하여 제때에 치료하지 못한다면 그 남자는 언젠가 아기 아빠가 되고 싶다는 소중한 꿈 하나를 잃게 될 것이다. 지난 반세기 동안 전세계 남성의 정자 수가 갑자기 반으로 줄어 들었다면 그리고 그 추세가 멈춰지지 않는다면 인류의 미래는 어찌 될 것인가? 같은 기간 동안 여성이 유방암에 걸릴 확률, 남성이 전립선암이나 고환암에 걸릴 확률 등이 두세 배로 늘었다면 그리고 그 추세가 계속된다면 우리의 미래는 어찌 될 것인가? 우리는 노후에 우리들의 손자나 증손자와 어울려 노는 행복을 맛 볼 수 있을까? 또한 과연 우리의 자손들이 다음 세기에도 지구에서 번성할 것이라고 확신할 수 있을까?

다행스럽게도 아직까지 내분비 교란물질에 의한 인류 멸망이라는 이론은 과학적으로는 가설의 단계이다. 그러나 이 가설은 그 정교한 이론적 틀과 방증 자료의 축적으로 인해 학계에서도 점차적으로 공식 이론으로 수용되고 있다. 이러한 과정은 환경운동가들 및 관련 과학자들이 처음 오존층파괴, 생물다양성 감소, 지구온난화 등의 전지구적 환경 문제들을 제시

하였을 때 처음에는 학계로부터 냉소적 비판을 받았지만 실증적 자료가 계속 축적되면서 서서히 공식이론으로 수용되어 온 역사와 흡사하다. CFC물질대체협약(몬트리올 회의), 생물다양성협약(리우 회의), 이산화탄소배출규제협약(교토 회의) 등은 이러한 가설의 타당 가능성을 인지하고 예방적 대책을 수립하려는 국제적인 공동 노력이었다. 21세기의 벽두에 전세계 인류가 가장 먼저 해야 할 일은 '내분비교란물질의 생산과 확산을 금지하기 위한 국제협약'을 체결하는 것이 될지도 모른다.

현단계 내분비교란물질 연구에서 산업간호 전문가들이 담당해야 할 역할은 산업장에서 취급되는 화학물질 가운데 어떤 물질이 내분비교란물질 의심물질인가를 알고 그러한 물질에 근로자가 노출되지 않도록 예방하는 일이다. 특히 임신한 여성 근로자의 경우 더욱 철저한 보호가 필요할 것이다. 내분비교란물질의 인체영향에 관한 과학적 연구가 계속되는 동안 보건전문가들은 “주의의 원리(Precautionary Principle)”에 입각하여 확실한 안전성이 입증되기 전까지

는 일단 불안전하다는 가정하에 인공 합성화학물질을 다루도록 하여야 할 것이다. 인간의 생명과 환경은 한번 훼손되면 복구되기가 어렵기 때문이다.

공룡이 왜 지구에서 사라졌는가를 연구하는 학자들 사이에 그럴싸한 원인론으로 제시된 것 중의 하나가 공룡의 거대진화설이라 한다. 즉 공룡이 지나치게 큰 몸집을 갖는 쪽으로 진화가 계속되어 다른 동물들에 대한 비교우위를 갖게 되었지만 그 결과 지나치게 커진 체격의 에너지 요구량을 섭취할 수 없게 되어 멸종에 이르게 되었다는 설명이다. 인류의 산업화도 공룡의 진화 역사와 흡사하지 않을까? 인과응보라는 말이 있듯이 맹목적인 이윤 추구를 위한 급속한 산업화의 결과 우리가 먹고 마시는 음식, 공기, 물은 일일이 분석해 내기 어려울 만큼 수백 수천종의 유해 화학물질로 오염되었고 이제는 지구환경 전체가 북극과 남극에 이르기까지 안전한 곳이 없게 되었다. 환경호르몬에 의한 인류 멸망설은 그러므로 경제 우선의 논리하에 오로지 돈만을 추구하며 살고 있는 자본주의 사회의 인간들이 한번쯤 진지하게 곱씹어 보아야 할 세기말의 화두이다.

