

미래의 신분증 DNA 칩

인간 게놈프로젝트가 예정보다 2년 앞선 2003년 완료됨에 따라 사람의 게놈 설계도가 완전히 밝혀진다. 신비의 영역에 놓여 있던 '생명'이라는 막연한 개념이 이제 구체적인 형태를 갖추고 우리 앞에 다가온 것이다.

그 결과 다양한 분야에서 획기적인 일들이 벌어질 예정이다. SF영화 '가타카'에서처럼 사람의 피 한방울만으로 신분을 확인할 수 있는 시대가 열린다는 점이 그중 한가지다. DNA칩이라는 신기술 분야가 우리 앞에 다가왔기 때문에 가능해진 일이다.

게놈(genome)은 유전자(gene)와 염색체(chromosome) 두 단어를 합성해 만든 말로서, 생물에 담긴 유전정보 전체를 의미한다. 그렇다면 유전자는 우리 몸의 어디에 존재할까. 세포다.

인체는 수조(兆)개의 세포로 이뤄져 있다. 각 세포의 핵에는 1쌍의 성염색체(여성은 XX, 남성은 XY)를 포함한 23쌍의 염색체가 존재한다. 염색체를 구성하고 있는 주요 성분이 이중나선 모양의 DNA다.

유전자의 비밀은 바로 DNA에 담겨 있다. DNA는 A(아데닌), C(시토신),

G(구아닌), T(티민)이라는 4가지 염기를 가지고 있다. 이 가운데 아데닌은 티민과, 구아닌은 시토신과 화학적으로 결합을 이룬다. DNA는 이런 염기끼리의 결합에 의해 두가닥이 서로 붙어 나선형으로 꼬여 있는 형태다.

사람의 경우 대략 30억개의 염기가 존재한다. 인간게놈프로젝트는 바로 30억개의 염기가 어떤 순서로 배열돼 있는지를 밝히는 작업이다.

이 염기의 배열이 왜 중요할까. DNA의 염기배열 정보는 DNA와 구조가 비슷한 또다른 유전물질 RNA로 전달된다. 이 RNA의 염기 3개에 맞춰 아미노산 하나가 만들어진다. 아미노산은 인체에서 다양한 생리현상을 주관하는 단백질의 기본단위다. 따라서 DNA의 염기 배열에 따라 궁극적으로 어떤 단백질이 만들어지는 지가 결정된다. 현재 염기배열만 알면, 즉 염기 3개의 성분이 무엇인지를 알면 어떤 아미노산 1개가 만들어지는지가 밝혀져 있다. 이런 의미에서 DNA의 염기배열을 가리켜 '생명의 설계도'라고 부른다.

하지만 30억개의 염기가 모두 단백질을 만들어내는 것은 아니다. 현재까지

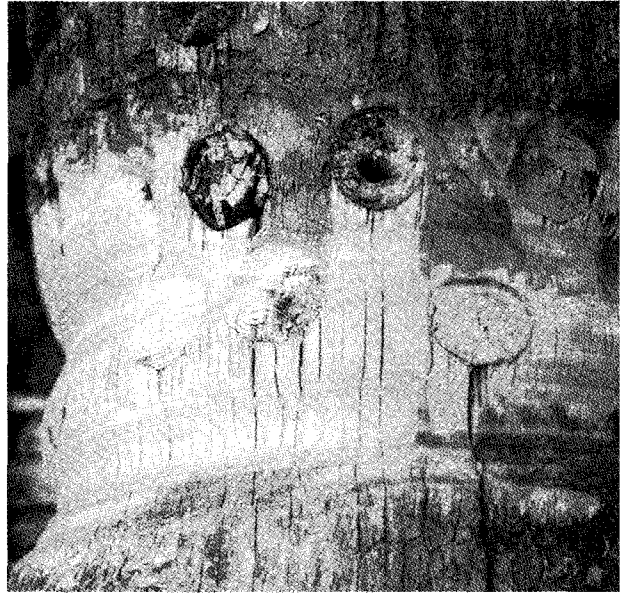
알려진 인간의 단백질 종류는 약 10만개에 달한다.

그런데 이 단백질을 만드는 염기의 수는 30억개의 2%에 불과할 뿐이다. 나머지 98%는 어떤 기능을 하는지 거의 알려지지 않았다. 흔히 '유전자가 몇개다'라고 말할 때의 '유전자'는 바로 단백질을 만드는 2%의 DNA를 의미한다. 인체내의 단백질이 10여만개가 있으므로, 유전자의 수 역시 10여 만개로 추정된다.

인간게놈프로젝트가 완료된 후 연구의 나아갈 길은 크게 두가지다. 하나는 유전자가 어떤 단백질을 만들어내는지, 즉 어떤 기능을 가지는지 밝히는 기능유전체학이다. 그리고 다른 하나는 '사람마다 모습이 다른 것은 어떤 유전자 때문인가?' '장수하는 집안과 단명하는 집안 사이의 차이점은 무엇인가?'를 밝히는 비교유전체학이다. 즉 개인간, 인종간, 그리고 생물간 게놈 정보를 비교해 차이점을 찾아내고, 이로 인한 생체기능의 차이를 추적하는 방법이다.

기능유전체학이나 비교유전체학은 인간게놈프로젝트의 결과물을 인간에게 실질적으로 활용할 수 있는 길을 열고 있다. 그러나 속도가 문제다.

간세포 하나를 떼내 그 안에 어떤 유전자가 존재하는지 알아낸다고 하자. 인



간의 모든 세포에는 23쌍의 염색체가 존재한다. 즉 간세포 하나에 10여 만개의 단백질을 만들어낼 수 있는 유전자 설계도가 존재한다는 말이다.

하지만 모든 세포가 10여 만개의 단백질 전부를 만드는 것은 아니다. 간세포는 간의 기능을 가지는 단백질을 만들어낸다. 10여 만개의 유전자 가운데 일부만 기능을 발휘해 필요한 단백질을 생성시키는 것이다.

이 가운데 1만개의 유전자가 간세포에서 단백질을 만든다고 가정하자. 우선 전체 DNA에서 1만개의 단백질을 만들어내는 부위를 찾아야 한다. 이 일은 어떻게 이뤄질까.

단백질을 생성하는 DNA의 정보(예를 들어 ATT, CGA 등 3가지 염기의 배열)는 일단 RNA에 전달된다. RNA는

**SF영화 '가타카'에서는 손가락 피 한방울로 유전정보가
순식간에 판독돼 신분증의 지문처럼
본인 여부를 아는 장면이 등장한다.**

이 유전정보를 가지고 핵 바깥의 리보솜으로 이동해 이곳에서 단백질을 합성한다. 따라서 간세포 안에서 만들어진 모든 RNA를 골라낸 후 여기에 담긴 염기의 서열을 알아내면 궁극적으로 DNA의 유전정보를 알 수 있다.

전통적인 방법으로 이 실험을 수행할 경우 1개의 단백질을 만드는 유전자의 구조를 알아내는데 빨라야 하루가 걸린다. 1명이 간세포의 유전자를 모두 조사한다면 1만일이라는 긴 시간이 소요된다는 말이다. 그런데 최근 획기적인 시간단축법이 개발됐다. 불과 몇시간 내에 1만개 유전자의 구조를 알아낼 수 있는 길이 열린 것이다.

원리는 간단하다. 간세포의 RNA를 얻은 후 이를 특수 처리해 DNA 구조로 바꾼다. RNA는 구조가 다소 불안정하기 때문에 동일한 유전정보를 지닌 보다 안정된 실험체료를 만든 것이다. RNA는 단일나선이기 때문에 이때 만들어진 DNA 역시 이중나선이 아니라 단일나선 형태다.

다른 한편으로 (인간게놈프로젝트가 끝났다고 가정하고) 10여 만개 구멍 안에 제각기의 유전자가 담긴 칩(chip)을 준비한다. 각 DNA는 단일나선 형태로

준비돼 있다. 간세포의 1만개 유전자가 칩의 구멍 모두에 집어넣으면 어떻게 될까. 10여 만개 가운데 1만개의 장소에서 칩의 DNA와 간세포의 DNA 간에 결합이 발생할 것이다. 애당초 같은 종류의 DNA였기 때문이다. 이미 10여 만개 유전자의 염기서열이 모두 밝혀졌다고 가정하면, 결합반응을 나타낸 1만개 유전자가 무엇인지 칩에서 확인해보면 간세포에서 기능을 발휘하는 유전자의 정체가 드러난다. DNA의 염기서열만 알면 어떤 아미노산이 만들어지는지 확인할 수 있기 때문에, 궁극적으로 간세포에서 생성되는 단백질 1만개가 무엇인지도 알 수 있다. 인간의 유전정보를 고밀도로 담은 DNA칩이 개발됐기에 가능해진 일이다.

DNA칩은 말 그대로 인간의 유전정보인 DNA를 컴퓨터의 반도체 칩처럼 우표 크기의 판 위에 심어놓은 장치다. DNA칩은 기존의 분자생물학적 지식과 기계공학, 그리고 전자공학의 기술이 접목해 만들어졌다. 기계자동화와 전자제어기술 등을 이용해 수백개부터 수십만개에 이르는 DNA를 아주 작은 공간에 집어넣을 수 있도록 만든 것이다.

DNA칩에 우리가 정체를 밝히고자

**DNA칩은 질병의 검사와 치료 차원 외에도,
사람의 신원이나 친자확인에도 사용될 것이다.
정상적인 사람들이라 해도 각자 조금씩 다른
DNA 구조를 가지고 있기 때문에 가능한 일이다.**

하는 검사대상자의 혈액이나 조직 등에서 추출한 DNA 샘플을 반응시켜 그 결과를 컴퓨터로 처리한다. 샘플에 담긴 DNA를 한꺼번에 칩에 반응시켜 결과를 얻을 수 있기 때문에, 기존 방법으로는 며칠씩 걸리던 검사가 몇시간 안에 끝난다.

SF영화 '가타카'에서는 손가락 피 한 방울로 유전정보가 순식간에 판독돼 신 분종의 지문처럼 본인 여부를 아는 장면이 등장한다. DNA칩은 이런 영화의 상상력을 현실에서 실현시킬 수 있는 기술이다.

어떤 이는 DNA칩의 등장을 70년대 초반 반도체 칩의 등장에 비유하기도 하는데, 실제로 반도체 혁명을 이끌었던 미국의 실리콘 벨리에서 최근 가장 발전 속도가 빠른 기업들이 대부분 생명공학회사다. 이들 중 많은 회사가 DNA 칩의 개발에 열을 올리고 있다.

DNA칩의 응용가능성은 무궁무진하다. 그래서 개발한 사람도 사용하는 연구자도 DNA칩이 어디까지 활용될지 확실히 가능하지 못하고 있다. 그래서 반도체칩이 이룩한 20세기 후반의 정보혁명을 이어받아 21세기 생명공학의 시대를 DNA칩이 열어갈 것이라는 예견

까지 나오고 있다.

미국 국립보건원의 인체게놈연구소는 DNA칩에 붙인 인간게놈정보를 이용해 침팬지나 고릴라 같은 유인원의 게놈을 분석하고 있다.

기존에 밝혀진 인간 유전자를 칩에 붙인 후 유인원의 게놈을 반응시키면 양자 간의 같은 종류와 다른 종류가 짧은 시간 안에 분석될 수 있다. 이 연구는 인간과 유인원의 차이를 유전자 수준에서 분석할 수 있게 해주고, 진화과정과 고등 인식기능의 발달 과정에 대한 유용한 정보를 제공해줄 것으로 전망된다.

미국의 경우 앞으로 2년 후에는 모든 경찰차에서 DNA칩을 용의자 확인에 쓰기로 결정했다고 한다. DNA칩은 이처럼 질병의 검사와 치료 차원 외에도, 사람의 신원이나 친자확인에도 사용될 것이다. 정상적인 사람들이라 해도 각자 조금씩 다른 DNA 구조를 가지고 있기 때문에 가능한 일이다. †

김성기 ■ 과학저술가

얼마후면 맞게 되는 새로운 세기, 새로운 천년의 우리 모습을 미리 가서 살펴주신 김성기님과 본 지면을 애독해주신 독자여러분께 감사드립니다