

## DNA를 “분자 벨크로”로 만들어 응축시키는 단백질

김지현 ● 한국생명공학연구원

세포 분열시 DNA를 응축하는데 핵심적인 역할을 하는 단백질의 작용 메커니즘이 밝혀졌다. 미국 버클리 소재 캘리포니아 주립대학에 있는 Howard Hughes Medical Institute의 Carlos Bustamante 박사 연구팀은 콘덴신(condensin)이라는 단백질이 DNA를 마치 벨크로(찍찍이)처럼 만들어 DNA를 응축시킨다는 사실을 발견하여 7월 9일자 Science에 “The Bacterial Condensin MukBEF Compacts DNA into a Repetitive, Stable Structure” 라는 제목으로 발표하였다.

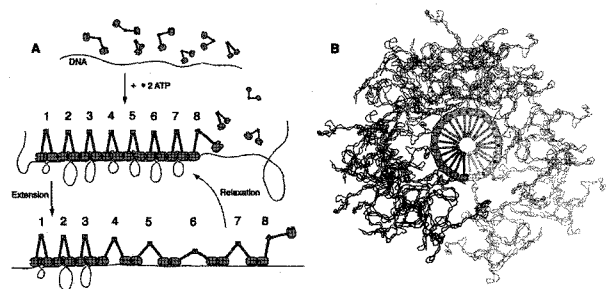
콘덴신이 제거된 세포는 분열할 때 염색체가 각 세포로 제대로 나누어지지 않아 이 단백질이 염색체 분리에 중요한 역할을 하는 것으로 추측되었지만 정확한 기작은 밝혀지지 않았었다. Bustamante 박사 팀은 이전 연구에서 콘덴신이 DNA의 supercoiling을 유도한다는 증거가 발견된 것에 착안하여 대장균의 콘덴신 단백질 MukBEF를 대상으로 단일 단백질 분자 수준에서의 활동을 관찰하기로 하였다.

그들은 먼저 하나의 DNA 분자 한 쪽 끝을 고정시킨 상태에서 용액을 흘려주어 펼쳐지도록 한 다음 콘덴신 단백질을 포함한 용액에 노출시켰다. 다음으로 여기에 ATP를 더해주고 DNA의 다른 쪽 끝을 일정한 힘으로 잡아당기며 구조의 변화를 관찰하였다. 그 결과 콘덴신이 있을 때 DNA의 길이가 훨씬 짧은 것을 발견하였으며 DNA의 한 쪽 끝을 잡아당기면 마치 벨크로가 찍찍 소리를 내며 열리는 것처럼 툰니모양의 패턴으로 길어지는 것을 관찰할 수 있었다.

더욱 흥미로운 것은 DNA를 이완시켰다가 다시 잡아당기는 실험을 수십 번씩 반복해도 처음의 상태로 응축

되었다가 떨어져 나가는 패턴이 정확히 반복된다는 점이다. 이는 DNA를 잡아당길 때 우연히 발생하는 어떤 현상이 아니라 콘덴신이 규칙적이고 정렬된 구조로 DNA의 응축을 유도한다는 것을 의미한다. 또한 그들은 ATP 분자가 단순히 에너지를 제공해주는 것이 아니라 일종의 조절작용을 한다는 증거도 발견하였다.

연구팀은 이러한 결과를 바탕으로 콘덴신 분자의 머리가 DNA에 나란히 단단하게 결합한 후에 각 단백질이 이웃 단백질과 협동적으로 결합함으로써 DNA를 응축시키는 것으로 생각하고 있다. 이 상태에서 DNA를 잡아당기면 아마도 이웃 콘덴신 단백질들 사이의 결합이 차례로 떨어지면서 DNA가 펼쳐지지만 콘덴신 단백질들은 여전히 DNA에 결합하고 있어 잡아당기는 힘이 사라지기만 하면 원래의 구조로 응축된다.



<그림> 콘덴신의 작용 메커니즘 모델. (A) 응축된 필라멘트 형성, 이완 및 재응축 과정. (B) 생체 내에서 DNA가 응축된 모양을 추측한 그림.

<자료 출처>

KISTI 해외과학기술동향(<http://www.kisti.re.kr/techtrend/main.jsp>)

<http://www.hhmi.org/news/bustamante3.html>

[http://www.eurekalert.org/pub\\_releases/2004-06/hhmi-ptd060404.php](http://www.eurekalert.org/pub_releases/2004-06/hhmi-ptd060404.php)