



우주와 생명 제 1강

DNA 구조

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

Nature April 25, 1953

핵산의 분자 구조

Molecular Structure of Nucleic Acids

왓슨, 크릭

J. D. Watson and F.H.C. Crick

캐번디시 연구소, 케임브리지
Cavendish Laboratory, Cambridge

INTRODUCTION

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리는 DNA 염의
구조를 제안하고자
합니다.

이 구조는 생물학적으로
상당히 흥미로운 참신한
면들을 가지고 있습니다.



<출처>

http://4.bp.blogspot.com/-fHU9fy7SNFk/U0EQ_oE26DI/AAAAAAAAHnq0/ZLkzyFU-WI8/s1600/WatsonCrickDNA.jpg

We wish to suggest a
structure for the salt of
deoxyribose nucleic acid
(DNA).

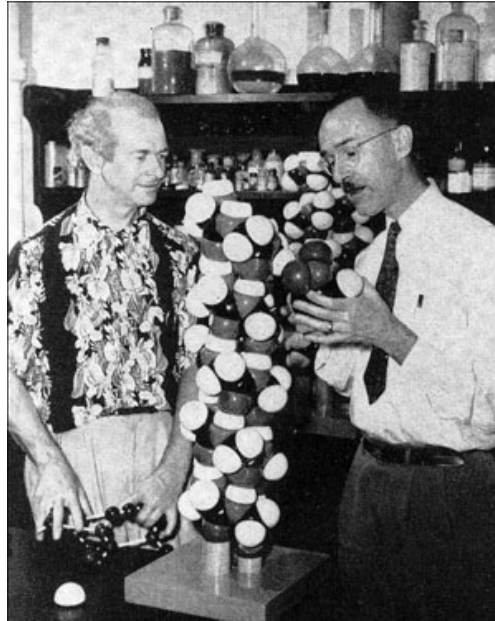
This structure has novel
features which are of
considerable biological
interest.

1-1 폴링의 모델(Pauling's model)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

핵산의 구조는 이미 폴링과 코리에 의해 제안된 바 있습니다.

그들은 친절하게도 논문이 게재되기 전에 그들의 원고를 우리에게 제공해주었습니다.



<출처>

<http://www.pnas.org/site/misc/images/img6bonds1.jpg>

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey.

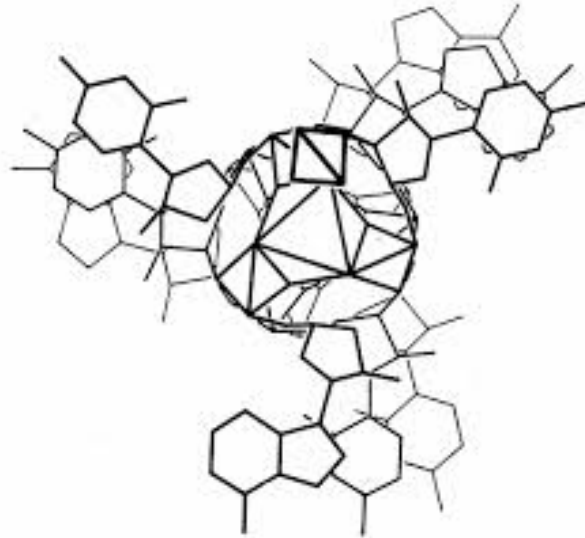
They kindly made their manuscript available to us in advance of publication.

1-1 폴링의 모델(Pauling's model)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

그들의 모델은 인산이 나선 축 가까이에 있고 염기들이 바깥에 있으면서 서로 꼬여있는 세 개의 나선으로 이루어졌습니다.

PNAS February 1953, 84-97



Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fiber axis, and the bases on the outside.

<출처>

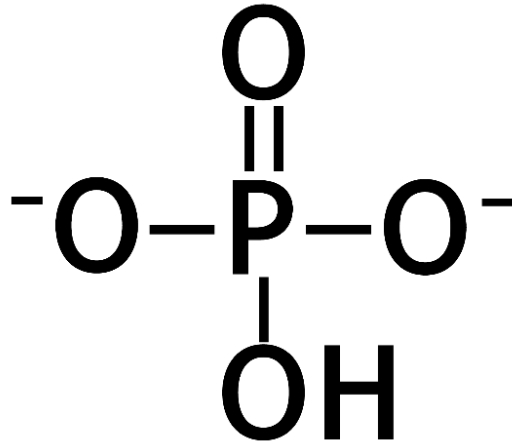
<http://www.bigroom.org/images/PaulingDNA.png>

1-1 폴링의 모델(Pauling's model)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리 생각에 이 구조는
두 가지 이유 때문에
만족스럽지 못합니다.

(1) 우리는 X-선 사진을
나타내는 물질은
그냥 산이 아니라
염이라고 믿습니다.



In our opinion, this
structure is
unsatisfactory
for two reasons:

(1) We believe that the
material which
gives the X-ray
diagram is the salt,
not the free acid.

1-1 폴링의 모델(Pauling's model)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

산의 수소 원자들이 없이,
특히 축 주위의 음전하를 띤 인산
이온들이 서로 반발하는데,
어떤 힘들이 이 구조를 유지할지
분명하지 않습니다.

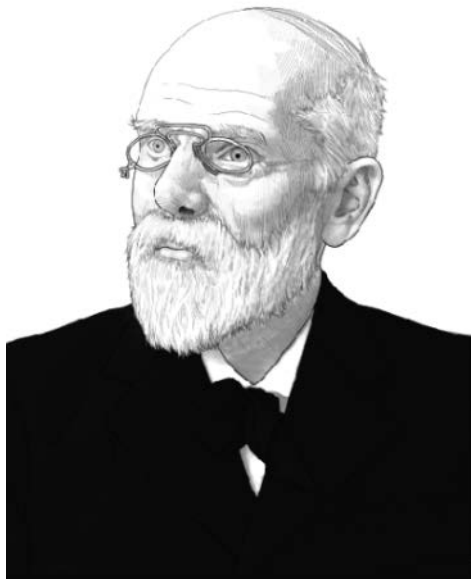
Without the acidic hydrogen atoms
it is not clear what forces would hold
the structure together, especially as
the negatively charged phosphates
near the fiber axis will repel each
other.



1-1 폴링의 모델(Pauling's model)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

(2) 일부 반데르발스
거리가 너무 작아
보입니다.



Johannes D. van der Waals
1910년 노벨 물리학상

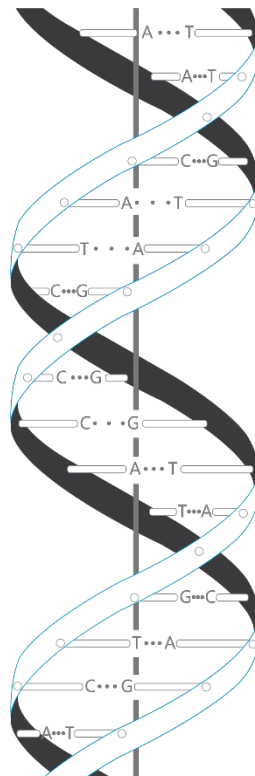
(2) Some of the van der
Waals distances
appear to be too
small.

1-2 이중나선(Double Helix)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리는 DNA 염에 대한
전혀 다른 구조를
제시하고자 합니다.

이 구조는 같은 축
위에서 서로 꼬인
두 개의 나선 가닥을
가지고 있습니다.



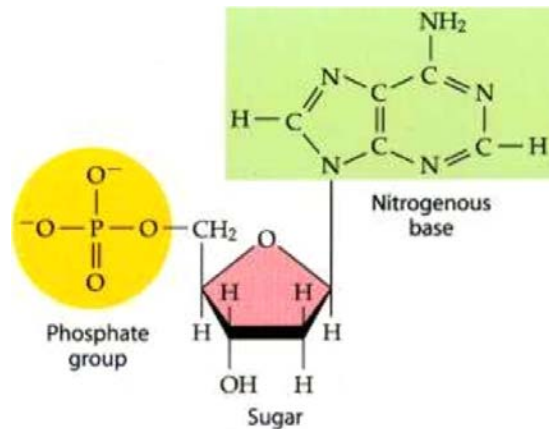
We wish to put forward
a radically different
structure for the salt of
deoxyribose nucleic acid.

This structure has two
helical chains each coiled
round the same axis.

1-2 이중나선(Double Helix)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

염기들은 나선의 안쪽에
있고 인산 이온들은
바깥쪽에 있습니다.



The bases are on the
inside of the helix and
the phosphates are
on the outside.

<출처>

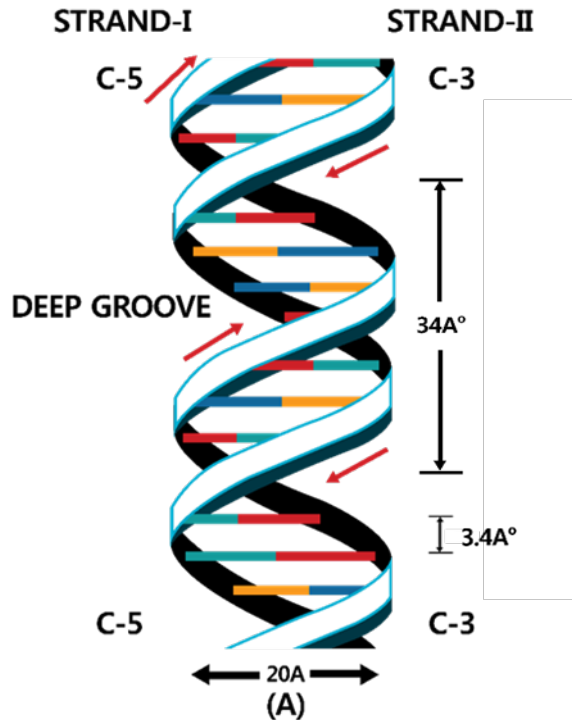
<http://2010g09r3bdhawiki.wikispaces.com/file/view/nucleotide.jpg/224706724/nucleotide.jpg>

1-2 이중나선(Double Helix)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

각각의 사슬에는 z-방향
으로 3.4 옹스트롬마다
하나의 잔기가 있습니다.

축으로부터 인 원자의
거리는 10 Å입니다.



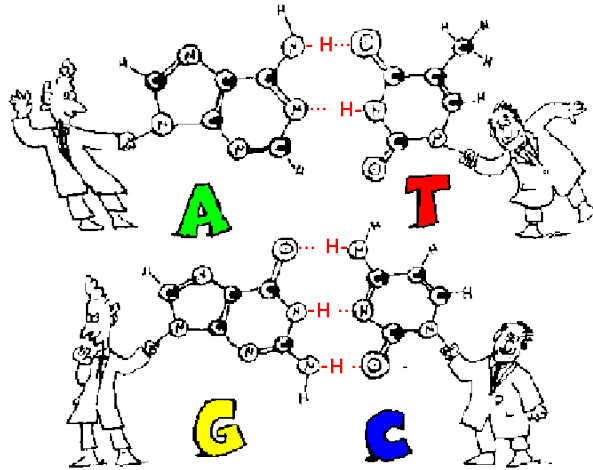
There is a residue on each chain every 3.4 Å in the z-direction.

The distance of a phosphorus atom from the fiber axis is 10 Å.

1-3 염기 쌍(Base pair)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

이 구조의 참신한 점은
두 사슬이 퓨린과
피리미딘 염기들에 의해
불잡혀있는 방식입니다.



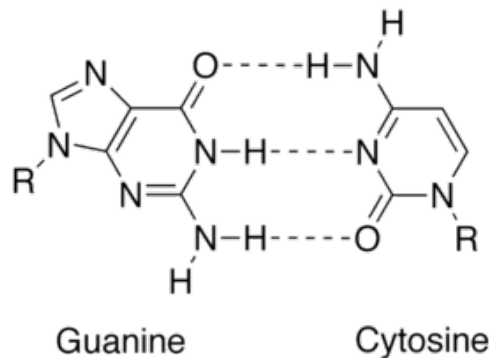
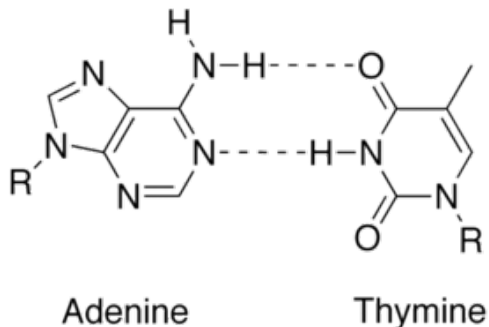
The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases.

<출처>
Cartoon Guide to Genetics (Gonick)

1-3 염기 쌍(Base pair)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

그들은 한 사슬의 한 염기가 다른 사슬의 한 염기와 수소결합을 이루어서 쌍으로 연결되어 있어, 결국 그 둘은 같은 z-좌표를 가지고 나란히 위치하게 됩니다.



They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-coordinates.

1-4 염기 서열(Base Sequence)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

하나의 사슬에 들어있는 염기들의
서열은 어떤 방식으로든 제한되지
않는 것 같습니다.

The sequence of bases on a single
chain does not appear to be restricted
in any way.

스 해 오 마 켄 오 오 - | 오 아 르 프 아 버 게 스

life's alphabet

A C C G T A T G C C A T C T

1-4 염기 서열(Base Sequence)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

그러나 만일 염기의 특정한 쌍들만이
만들어진다면, 하나의 사슬에서의
염기 서열이 주어지면
다른 사슬에서의 서열은 자동적으로
결정되게 마련입니다.

However, if only specific pairs of bases
can be formed, it follows that, if the
sequence of bases on one chain is
given, then the sequence on the other
chain is automatically determined.

A C C G T A T G C C A T C T
T G G C A T A C G G T A G A

1-5 샤가프 비율(Chargaff's Ratio)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

실험적으로는 아데닌과
싸이민의 비율과, 또한
구아닌과 사이토신의
비율이 DNA에서는
항상 1에 아주 가깝다는
것이 알려졌습니다.



Chargaff ratio
 $A/T = G/C = 1$

It has been found experimentally that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

1-5 샤가프 비율(Chargaff's Ratio)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

Chargaff's DNA Data Base Composition in Various Species (%)

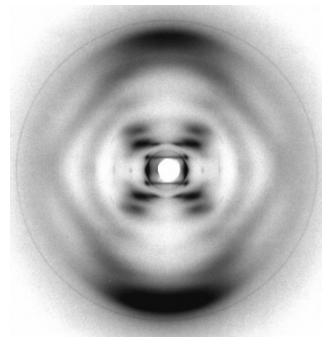
Species	A	T	G	C
<i>Homo Sapiens</i>	31.0	31.5	19.1	18.4
<i>Drosophila melanogaster</i>	27.3	27.6	22.5	22.5
<i>Zea mays</i>	25.6	25.3	24.5	24.6
<i>Neurospora crassa</i>	23.0	23.3	27.1	26.6
<i>Escherichia coli</i>	24.6	24.3	25.5	25.6
<i>Bacillus subtilis</i>	28.4	29.0	21.0	21.6

Zamenhof, S., Brawerman, G., and
Chargaff, E. *Biochim.
et Biophys. Acta* 9, 402 (1952)

1-6 X-선 결정학(X-ray Crystallography)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

이미 발표된 DNA에
대한 X-선 데이터는
우리의 구조를 엄밀하게
테스트 하기에는
불충분합니다.



<출처>
<http://www.yourgenome.org/stories/unravelling-the-double-helix>

Rosalind Franklin
(1920-1958)



The previously published X-ray data on the deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure.

1-7 복제 메커니즘(Replication Mechanism)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

우리는 우리가 가정한
특정한 쌍이 즉각적으로
유전물질의 가능한 복제
메커니즘을 암시한다는
사실을 놓치지
않았습니다.



It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

1-8 로댕의 대성전(The Cathedral by Rodin)

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY



로댕
Auguste Rodin
(1840-1917)



대성전
The Cathedral

Review

SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

Watson met Crick at Cavendish.

Together they did publish

The double helical structure,

Nature's masterly architecture.

Bases complementary

Are key to life's mystery

Of heredity

And 4 billion years' prosperity.