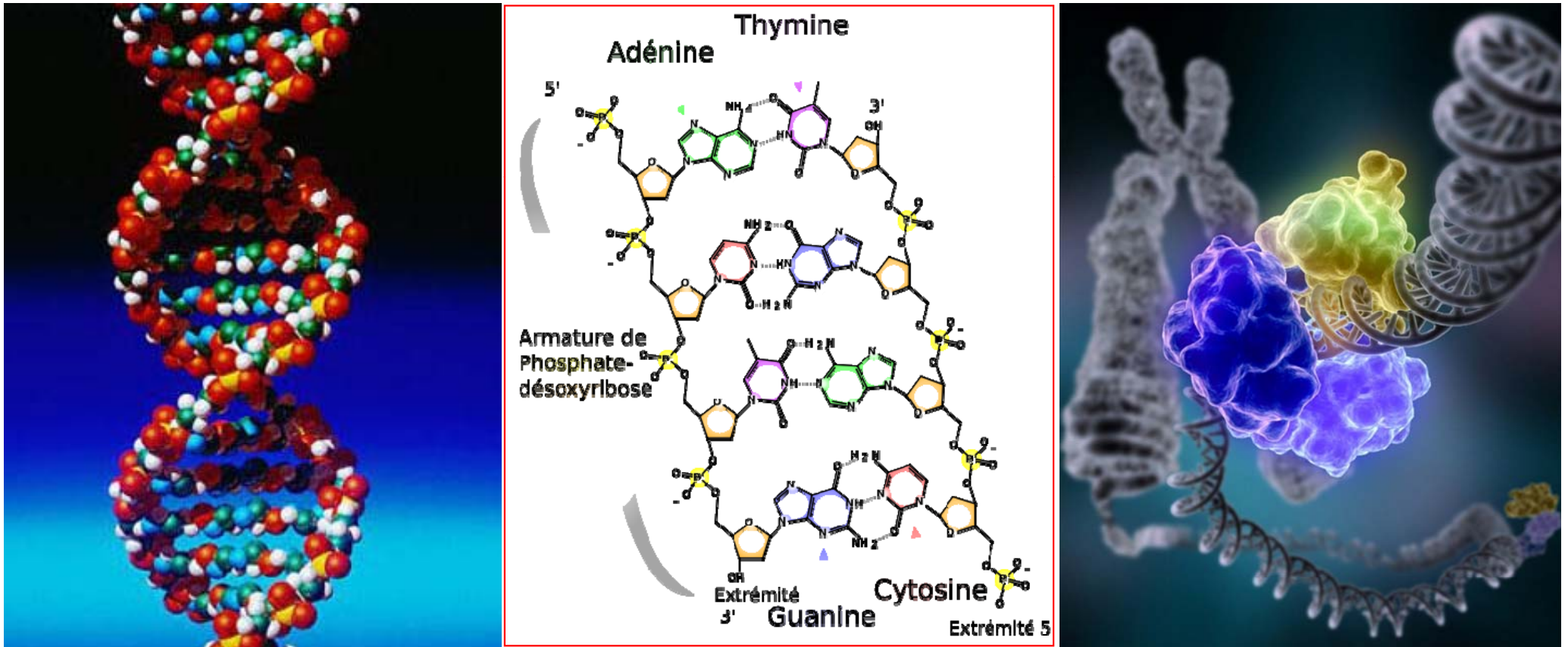


137억년 우주의 진화

제10강 DNA (deoxyribonucleic acid)



박문호 박사님의 <137억년 우주의 진화> 제10강 내용을 요약 정리한 것입니다. 인용된 자료는 박사님이 전달해 주신 것을 중심으로 구성하였으나, 강의 시에 세부적으로 언급되지 않은 그림에 대해서는 '필수세포생물학' 교재를 참조하여 보충설명을 하였습니다. 혹시 잘못된 내용이 있을 경우 F/Back해 주시면 감사 드리겠습니다.



오늘은 DNA에 대해 공부해 보도록 하겠습니다.



기초 개념 정리

DNA (deoxyribonucleic acid)

DNA는 유전정보를 지니고 있는 물질입니다. 뉴클레오티드(각각 그 염기에 따라 A,G,C, T 네가지가 있음)의 당-인산 결합(Phosphodiester bond)으로 서로 연결된 다중결합체이며 A와 T, 그리고 G와 C와의 수소결합으로 인해 쌍으로 연결되어 이중나선 구조의 형태를 이루고 있습니다.

유전자(gene)

유전자(gene)는 위 DNA 중에서 단백질을 합성하는 특정 부분을 말합니다. 각각의 유전자의 차이 즉 염기서열과 크기의 차이에 따라 다른 단백질이 만들어지는 것입니다.

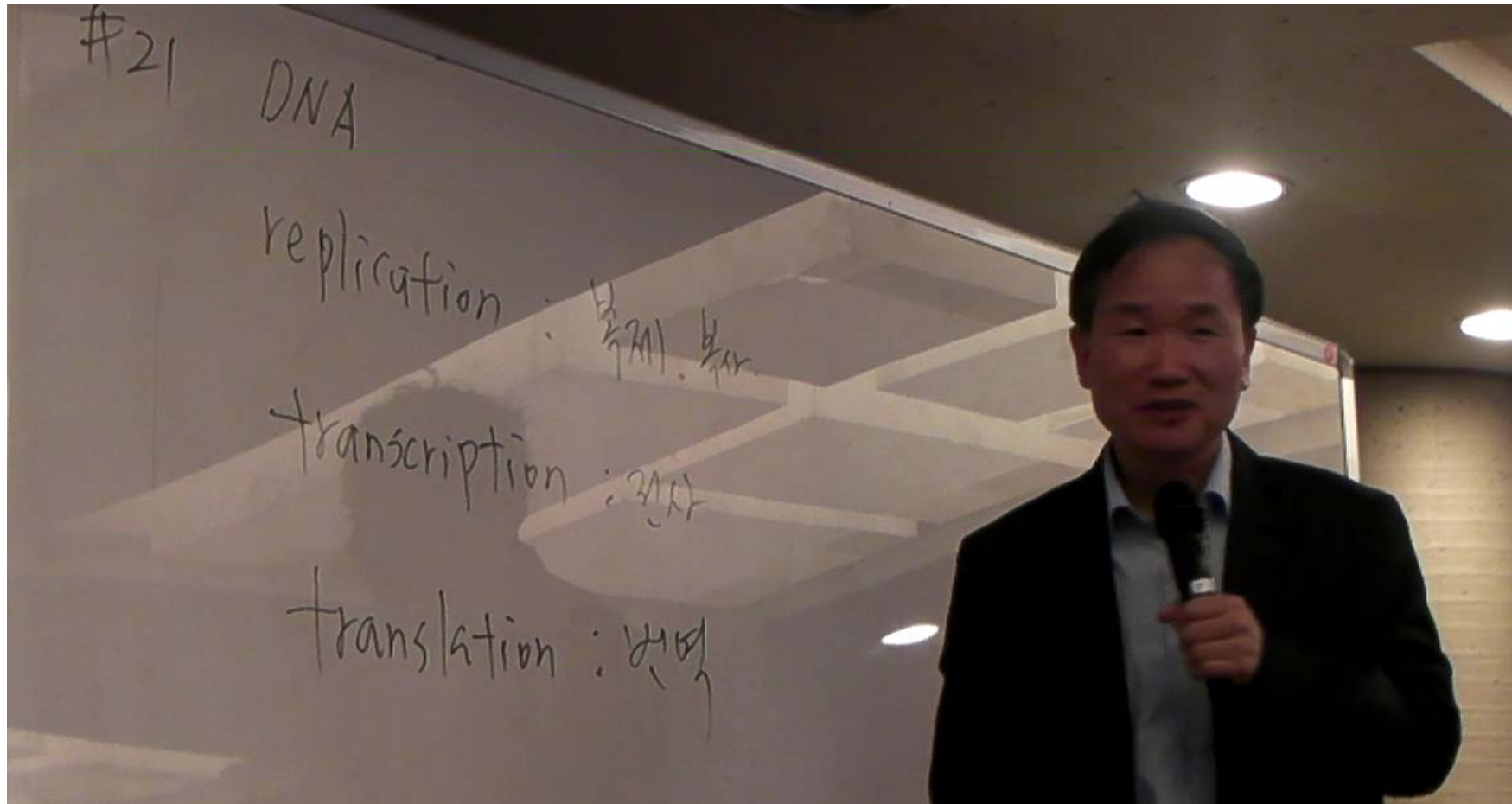
염색체(chromosome)

염색체(chromosome; 간기에는 염색사의 형태) 핵 속에서 DNA가 존재하는 형태를 말하는 것입니다. 염색체를 자세히 보면 DNA가 히스톤이라는 단백질과 실타래처럼 엉켜져 있는 구조를 이루고 있습니다. 사람의 경우 23개 염색체쌍, 46개의 염색체를 가지고 있습니다.

게놈(genome)

게놈(genome)은 유전자(gene)와 염색체(chromosome)의 합성어로 하나의 생물체의 DNA에 존재하는 총체적 정보를 말합니다.

핵심기억-#20 : DNA의 복제, 전사, 번역



DNA 공부가 어렵게 느껴지는 이유는 범주화의 오류 문제와 분산된 학습으로 인한 개념의 혼란에서 오는 것이 아닌가 생각해봅니다. 그래서 오늘은 한꺼번에 통째로, 그리고 Top-down 방식으로 핵심개념을 정리해 보겠습니다. 이번 기회에 확실히 개념정립을 하시면 좋겠습니다.

DNA와 관련해서 **첫번째로 복제(Replication), 전사(Transcription), 번역(Translation)의 세가지 개념을 먼저 확실하게 구분할 수 있어야 합니다.**

세 가지의 개념을 구분해 보면 다음과 같습니다.

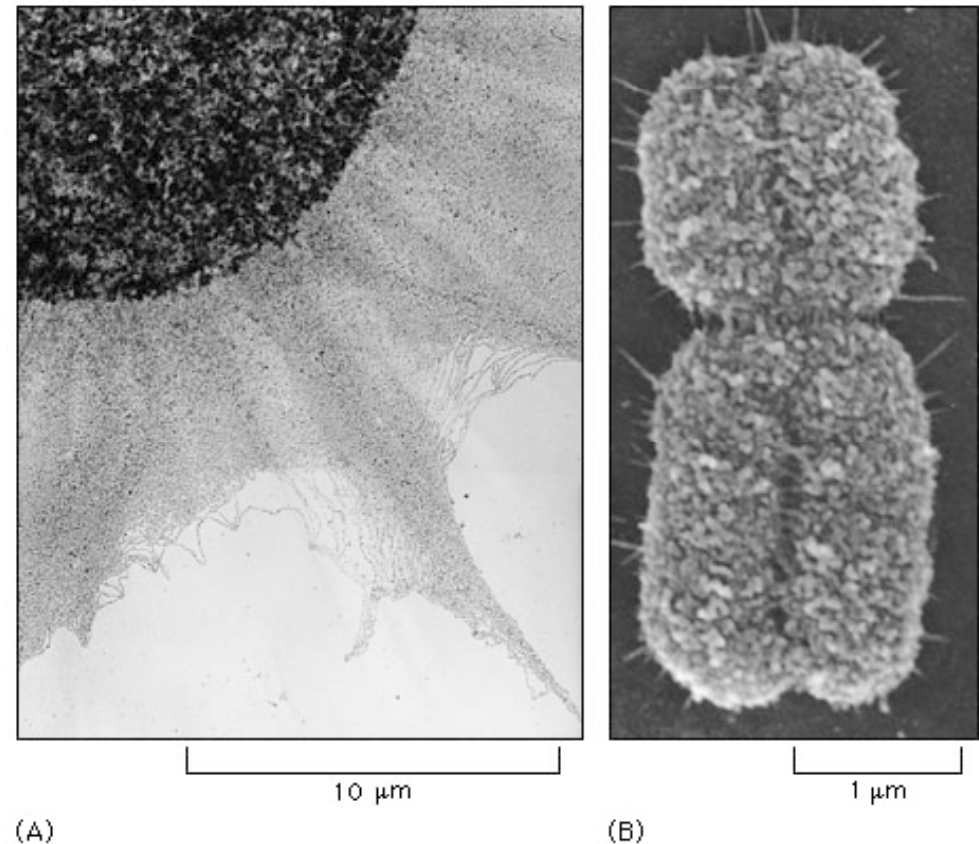
- ① 복제(Replication) : DNA의 정보 전체를 복사하여 새로운 DNA를 만드는 과정
- ② 전사(Transcription) : DNA의 원본 정보를 읽어 RNA로 베끼는 과정
- ③ 번역(Translation) : DNA에서 옮겨온 RNA의 정보를 읽어 단백질을 합성하는 과정

두 번째, 이 세가지 중 일어나는 빈도가 어떻게 되는지를 알아야 합니다. 복제는 우리 몸이 성장하면서 체세포 분열 시에만 일어나는 현상이고, 전사는 때때로 필요한 경우에, 그리고 번역은 우리 몸에서 항상 일어나는 현상이라는 것을 염두에 두셔야 합니다.

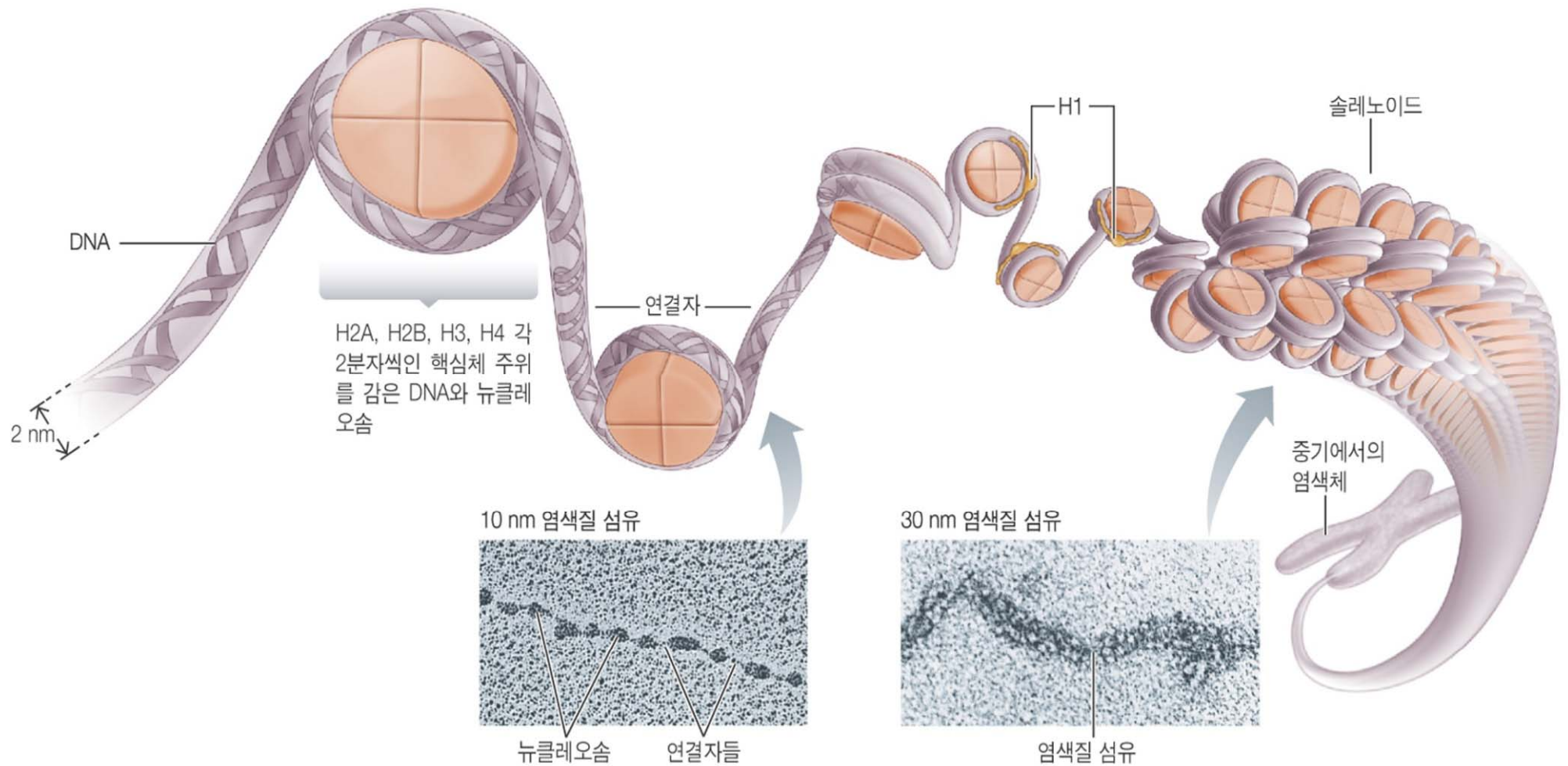
DNA는 세포의 핵속에 염색체, 염색사의 형태로 존재합니다. 염색체의 크기는 대략 $1.4\mu\text{m}$ 정도로 광학현미경으로도 볼 수 있습니다.

모든 진핵세포의 DNA는 염색체 형태로 포장되어 있습니다. 예를 들어 사람의 22번 염색체의 경우 약 4,800만개의 염기를 갖는데 양쪽 끝을 펼치면 약 1.5 cm로 다른 단백질과 함께 편재되어 고도로 압축되어있는 상태로 존재합니다.

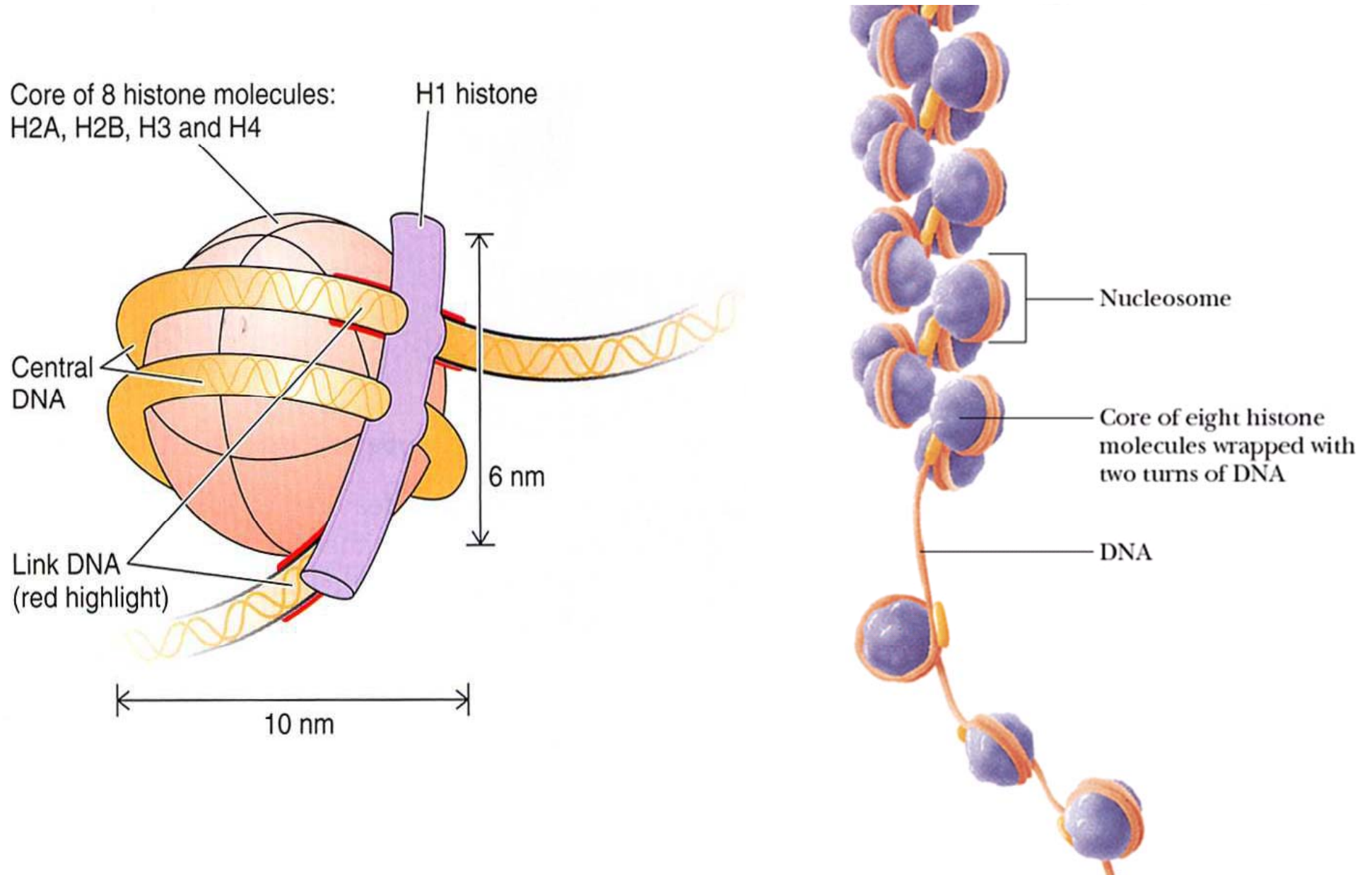
(유사분열 염색체의 경우 약 10,000배나 압축되어 있음)



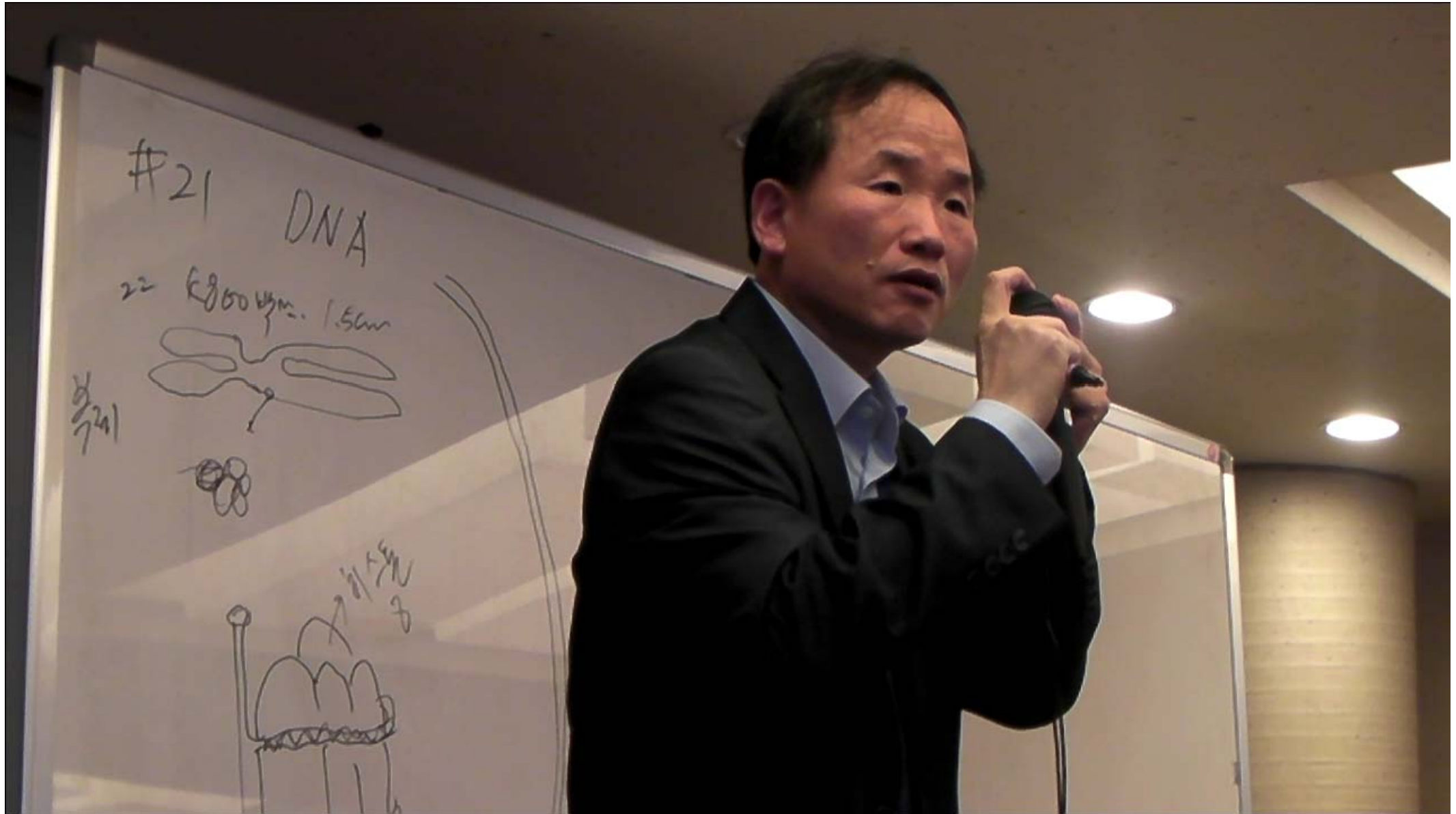
DNA와 결합하여 염색체를 구성하는 단백질에는 히스톤(histone)과 비히스톤의 두 가지가 있는데, 히스톤 단백질에 DNA가닥이 실타래처럼 감겨서 염주처럼 꼬여있게 됩니다. 이 실타래와 같은 것을 염색체의 기본 구성단위인 뉴클레오솜이라 부릅니다.



뉴클레오솜을 자세히 살펴보면 8개의 조각으로 된 디스크 모양의 8량체 히스톤 단백질의 주위를 DNA 가닥이 1.65 바퀴로 단단히 감싸고 있습니다. 이 1.65 바퀴의 DNA 가닥은 약 145~147개의 염기쌍으로 구성되게 됩니다. 히스톤은 DNA에 대한 접근을 차단하여 함부로 전사하지 못하도록 하는 역할을 합니다.



박테리아는 가급적 빨리 DNA를 무작위로 복사하는 반면, 진핵세포로 진화하면서는 어느 시점 어느 공간, 꼭 필요한 순간에 유전자를 발현시키도록 하는 것이 중요한데 히스톤 단백질이 그 기능을 담당합니다. 다세포로 오면서 인간의 DNA가 중요한 것은 그 숫자가 많은 것이 아니고 “어떤 순간에 유전자를 발현해야 하느냐, 안 해야 하느냐”가 핵심인 것입니다.



유사분열 염색체가 형성되는 염색질의 포장과정을 나타낸 그림입니다. 각 DNA 분자가 염색체의 형태로 포장되려면 본래의 길이보다 약 10,000배나 압축되어야 합니다.

DNA 이중나선의 단편

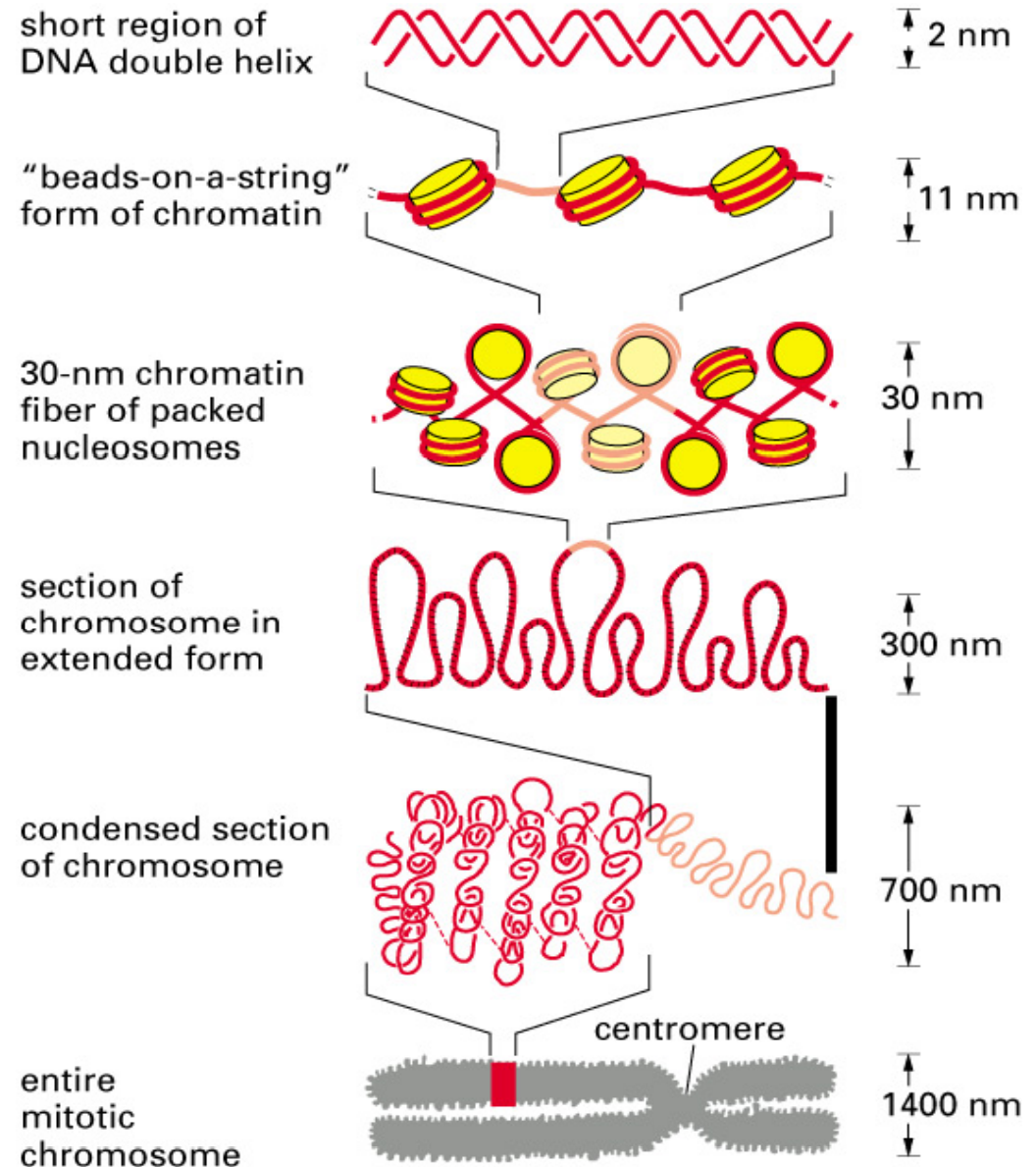
염색질의 염주 형태 (실패에 감긴 형태)

꼬여서 압축된 뉴클레오솜의 30 nm 염색질 섬유

확장된 형태의 염색체 일부분

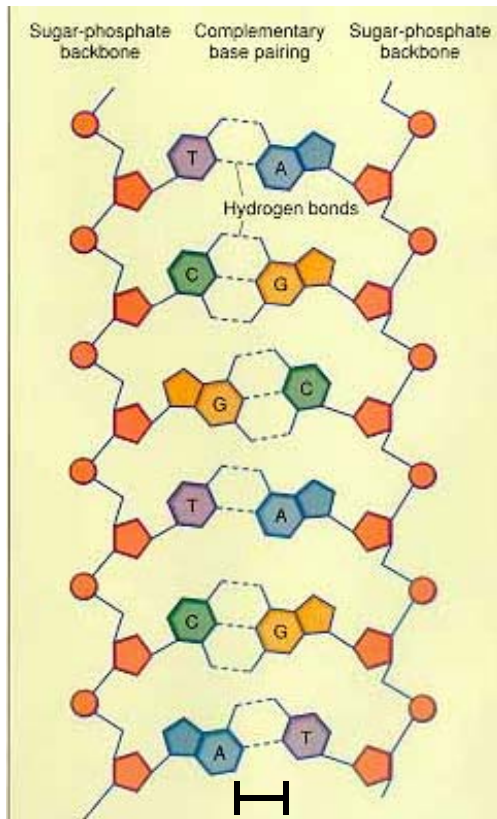
응축된 염색체의 일부분

유사분열 염색체 전체 형태

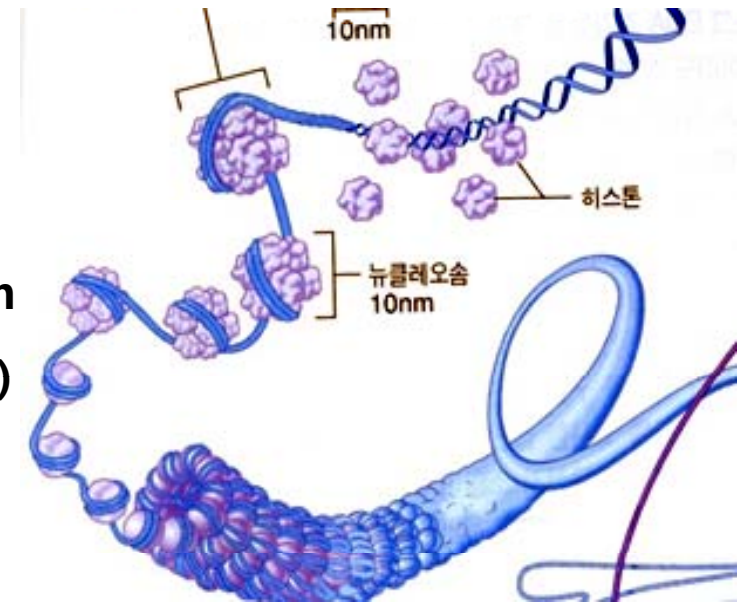
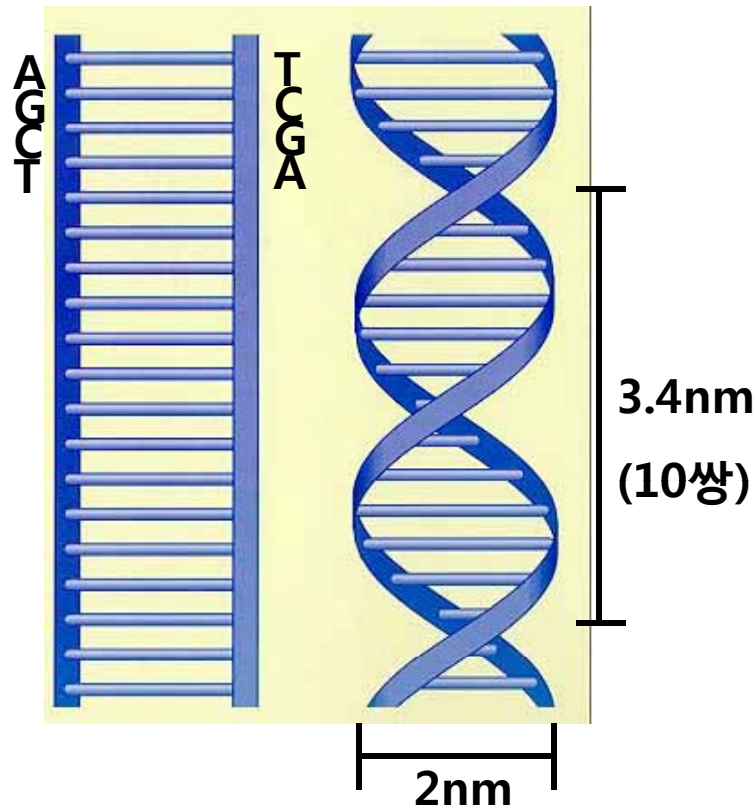


NET RESULT: EACH DNA MOLECULE HAS BEEN PACKAGED INTO A MITOTIC CHROMOSOME THAT IS 10,000-FOLD SHORTER THAN ITS EXTENDED LENGTH

DNA의 크기와 존재 형태



0.34nm



염색사

- 한 염기에서 다른 염기까지의 거리 : 0.34nm
- 이중나선의 전체 폭 : 2nm
- 이중 나선이 1회전하는 길이 : 3.4nm (10쌍의 뉴클레오티드)
- 뉴클레오솜 : 145개의 염기쌍이 8개의 히스톤단백질 구조물을 두번감아 만든 형태 (10nm)
- 뉴클레오솜이 모여 염색사를 만들고, 염색사가 모여 염색체를 구성

인간 22번 염색체는 48×10^6 개의 뉴클레오타이드쌍으로 이뤄지고 전체 인간 게놈의 약 1.5%를 차지하는데, 일부를 10배 확대해 보면 40여개의 유전자가 있으며 알려진 유전자가 짙은 갈색으로 표시되어 있습니다. 유전자의 일부를 다시 단계적으로 확대하면 인트론과 엑손의 배열이 나타나는데 엑손부분의 뉴클레오타이드 서열이 단백질의 합성에 사용되어 집니다.

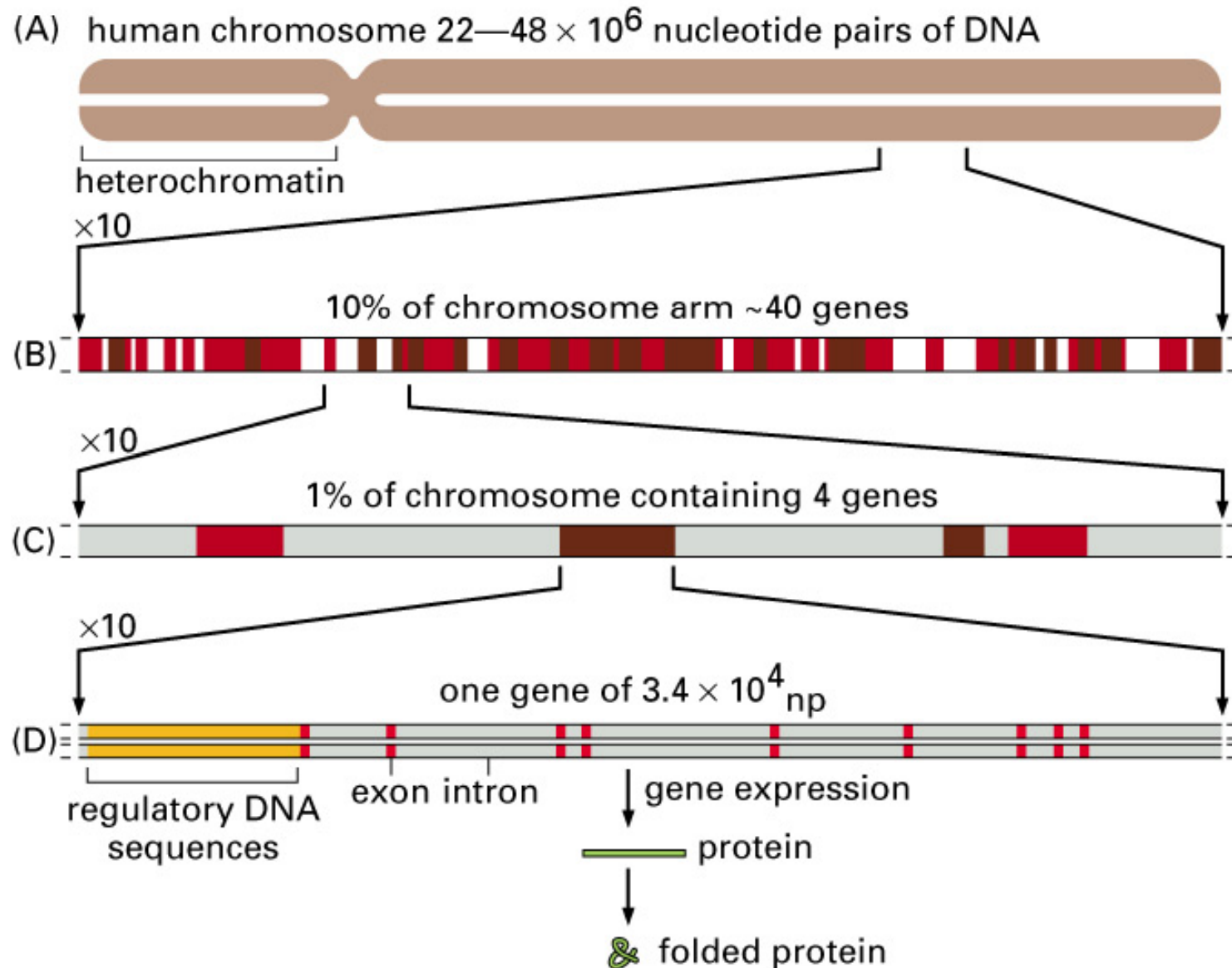
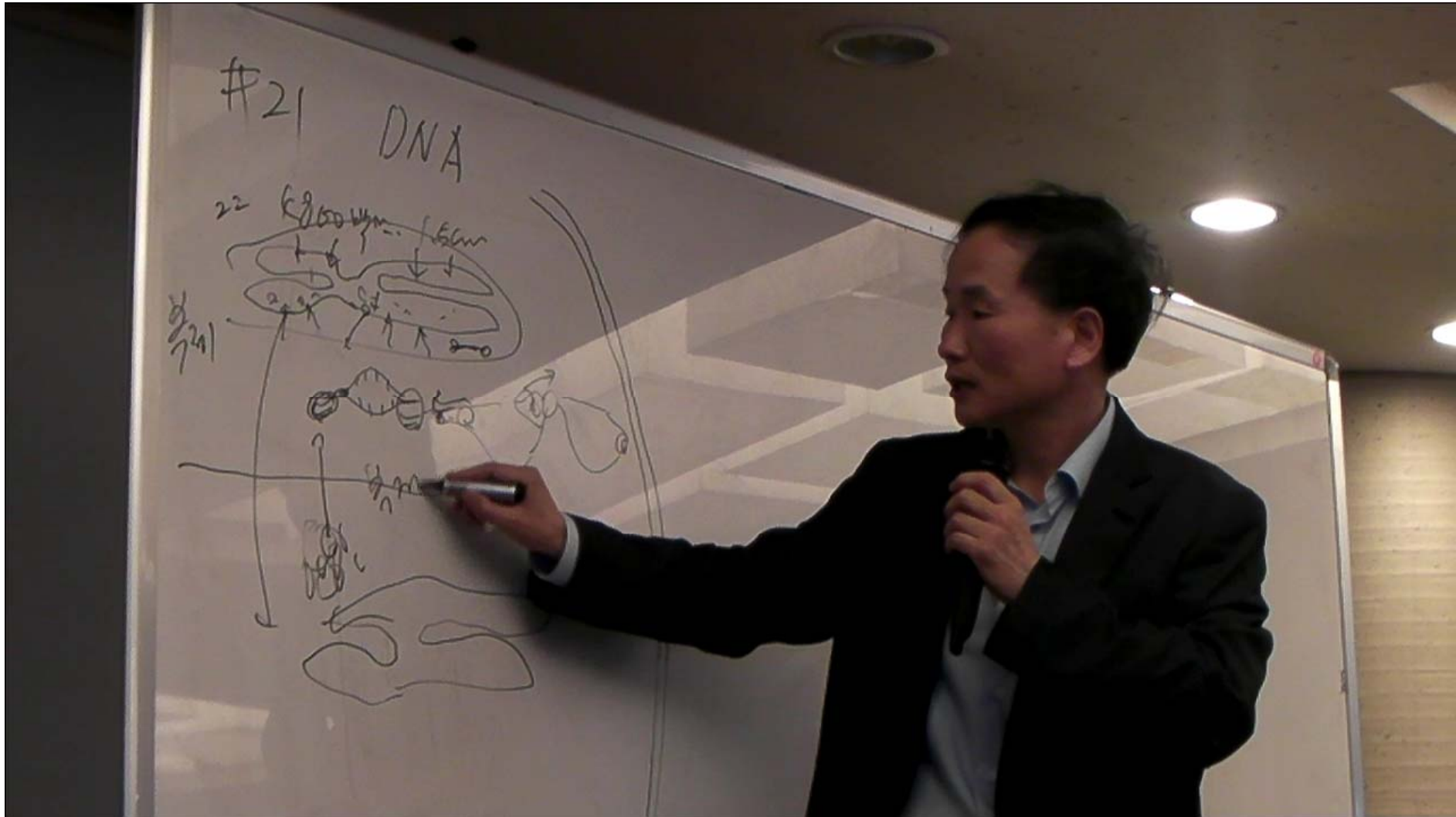


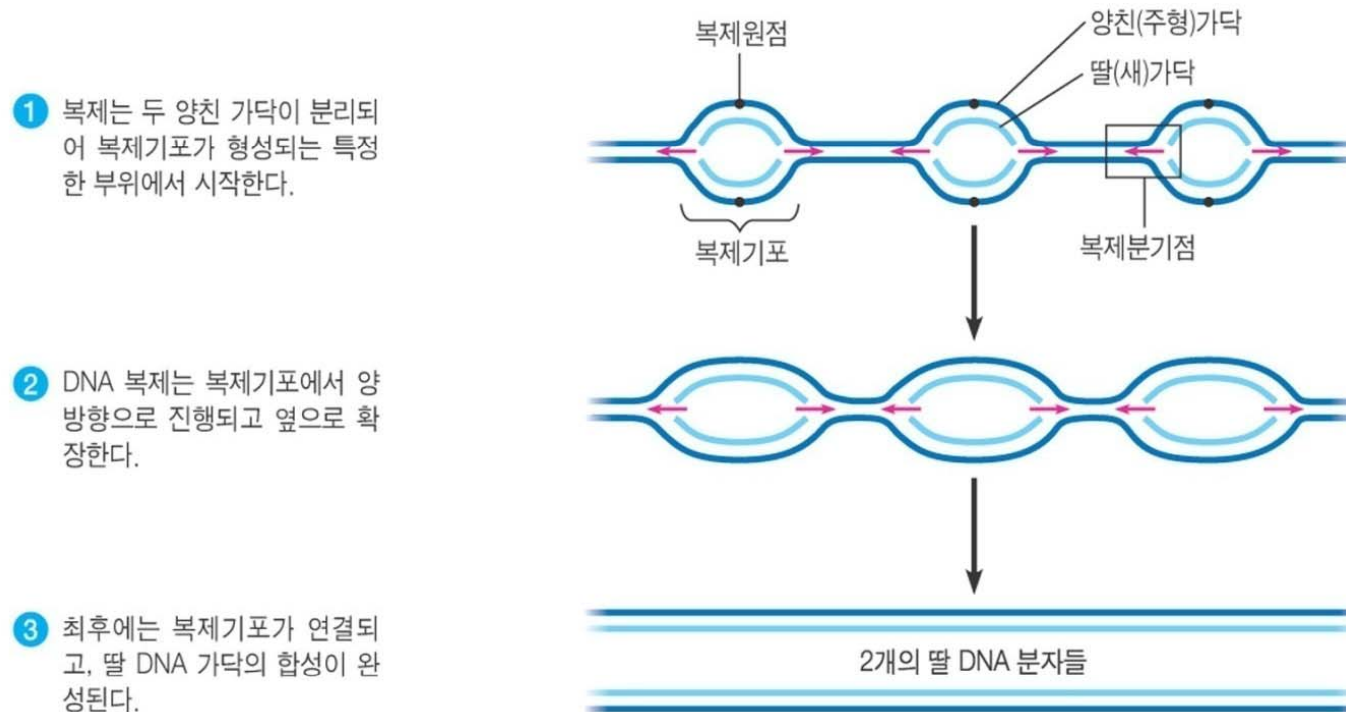
Figure 4-15. Molecular Biology of the Cell, 4th Edition.

DNA 복제 (replication)

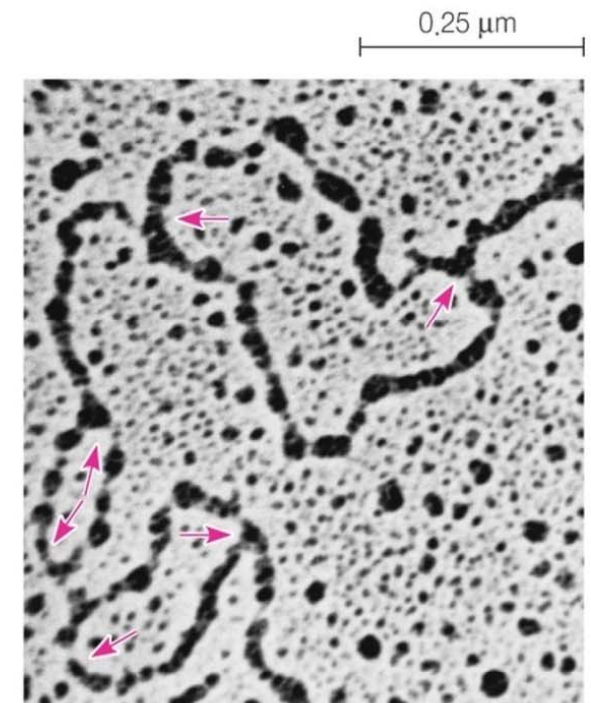


복제는 원본 DNA를 새로운 두 DNA로 만드는 과정을 말하며 DNA중합효소 복합체에 의해 수행됩니다. 복제는 세포가 분열하는 과정에서 1회 일어나는 과정이며, 실수가 발생하면 안 되므로 복잡한 실수 보정장치를 가지고 있습니다. DNA중합효소가 DNA복제를 진행하는데 있어 오류가 발생할 확률은 약 100억분의 1 정도에 불과합니다.

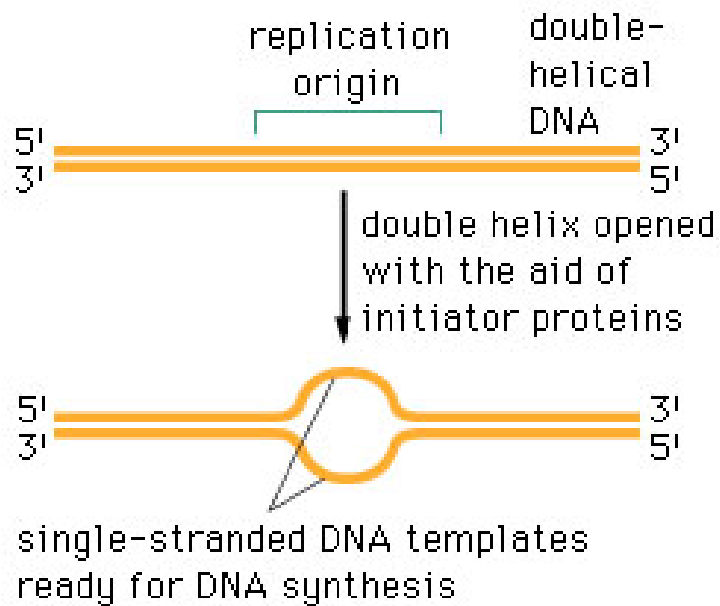
DNA 복제가 일어나는 과정은 다음과 같습니다. 먼저 복제 시작부위에서 염기쌍의 수소결합이 끊어지면서 이중나선이 풀어져야 합니다. 분리된 각각의 DNA 가닥은 상보적인 DNA가닥을 만들기 위한 주형이 됩니다. 다음으로 염기 결합법칙에 맞는 뉴클레오티드가 주형가닥을 따라 한번에 하나씩 늘어서며 그 후 효소가 뉴클레오티드를 연결하여 새로운 DNA가닥을 만듭니다. 이렇게 하여 원래 DNA분자와 똑같은 새로운 분자가 만들어 지며 이를 딸(daughter) DNA라고 합니다.



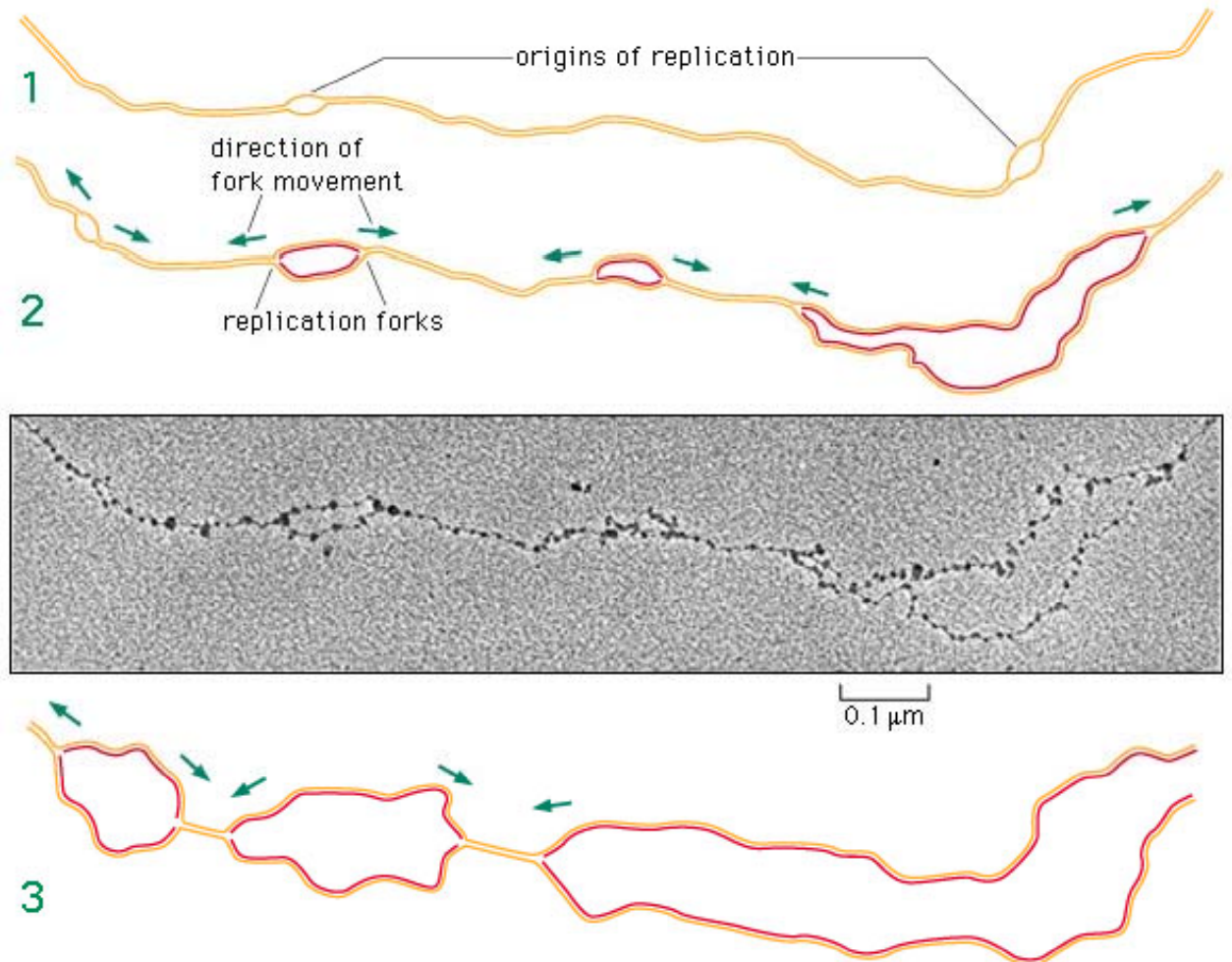
(a) 진핵생물의 DNA 복제는 각 염색체의 거대한 DNA 분자를 따라 많은 부위에서 시작한다.



(b) 배양중에 있는 중국 햄스터 세포에 대한 현미경 (TEM) 사진으로, 세 군데의 복제기포가 있는 것을 볼 수 있다.



©1998 GARLAND PUBLISHING



©1998 GARLAND PUBLISHING

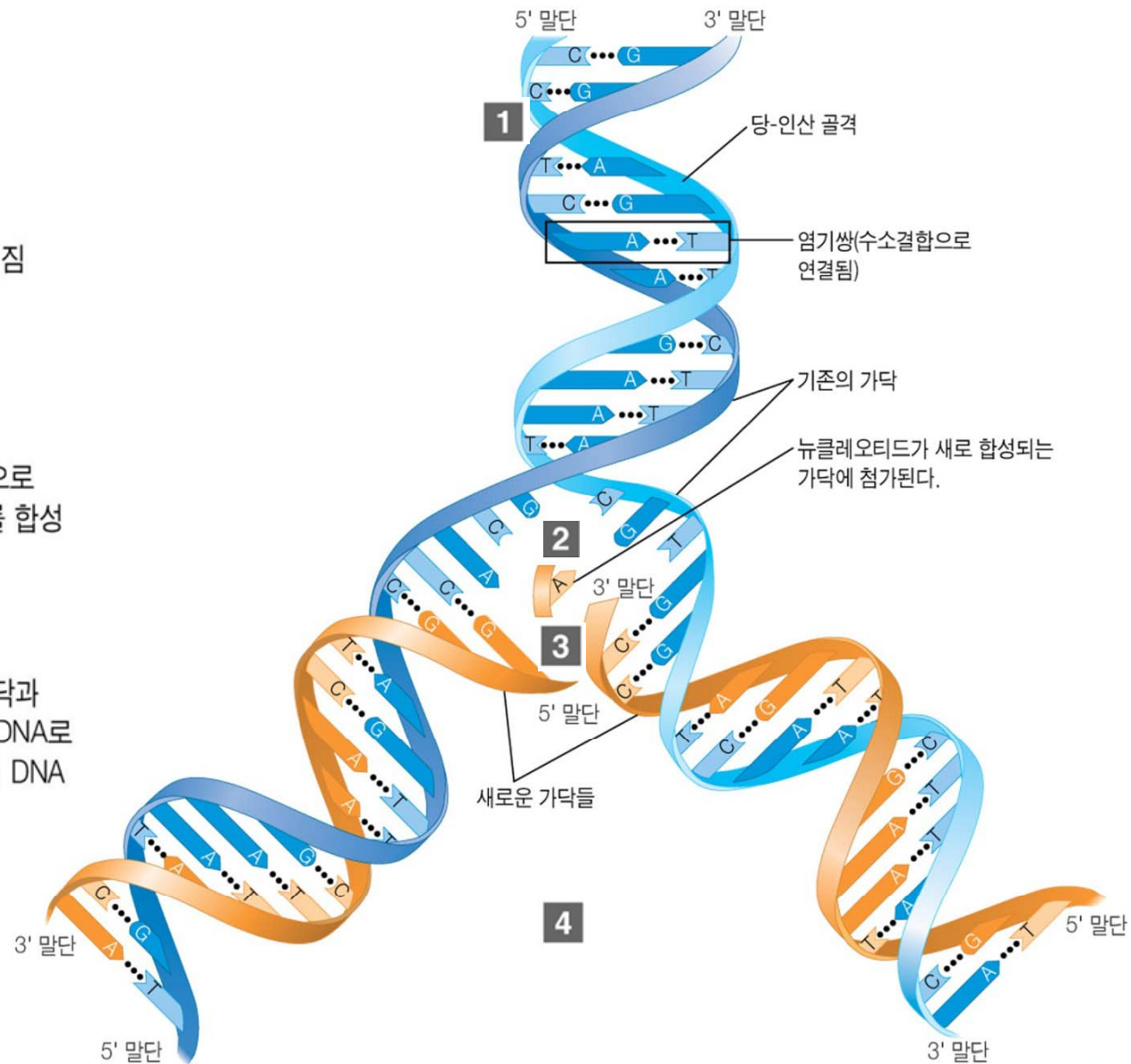
진핵세포 염색체의 복제분기점은 다수의 복제기점에서 시작되어 양방향으로 동시에 진행됩니다. 위 전자현미경 사진은 초파리 초기 발생란에서 진행되는 DNA 복제인데 DNA 가닥에 나타난 입자들은 뉴클레오솜이며, 1.2.3의 그림은 동일한 DNA 부위가 연속적인 복제과정을 거치며 변화되는 모습입니다. (주황색선은 DNA 모사슬이고 적색선은 복제 합성된 사슬)

1 이중나선 DNA

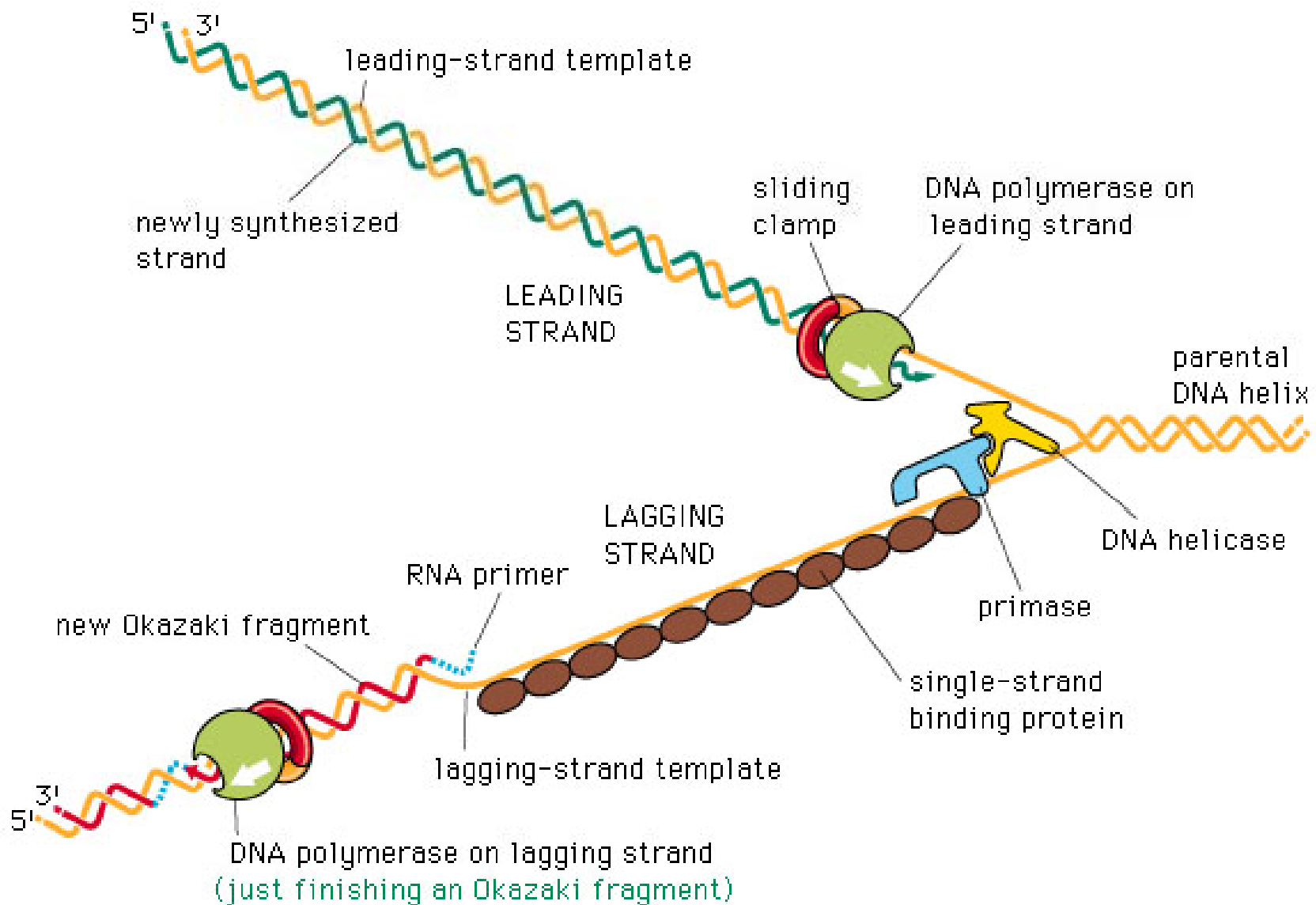
2 이중나선이 풀어짐

3 각 사슬을 주형으로
상보적인 DNA를 합성

4 부모 DNA 한가닥과
새로 합성된 딸 DNA로
이루어진 복제된 DNA



DNA복제는 개념상으로는 단순하지만 실제로는 복잡한 생화학적 과정을 거치게 되는데, 그 중에서 몇 가지 복잡한 문제는 복제가 진행됨에 따라 나선의 DNA분자가 계속 풀려야 하고 두 가닥의 DNA가 거의 동시에 복제되어야 하기 때문에 발생합니다.



©1998 GARLAND PUBLISHING

DNA 중합효소는 활주를 주도하는 원형의 단백질에 의해서 DNA 상에 부착되어 있습니다. DNA 헬리카제는 ATP가수분해로 인해 발생하는 에너지를 사용하여 전진함으로써 중합효소에 앞서 DNA 이중나선의 가닥을 분리시키고, 단일가닥 결합단백질이 분리된 DNA 상태를 유지 시켜서 프리마아제와 중합효소가 결합할 수 있도록 해 줍니다.

복제 과정에서 DNA의 한쪽 가닥은 연속적으로 합성되나(선도사슬-leading strand) 반대쪽 가닥은 일정한 간격을 두고 이어서 합성되는데 (지연사슬-lagging strand) 이는 DNA 중합효소가 당의 5'에서 3'방향으로만 당-인산 결합을 만들 수 있기 때문입니다. DNA는 이중나선으로 꼬여 있으므로, 복제 과정에서 물리적 문제가 생겨나게 되는데 생명체의 DNA복제 과정에서는 이 꼬임을 풀었다가 다시 꼬아주는 과정이 필요하며, 이는 DNA중합효소 복합체에 포함된 helicase가 맡게됩니다.

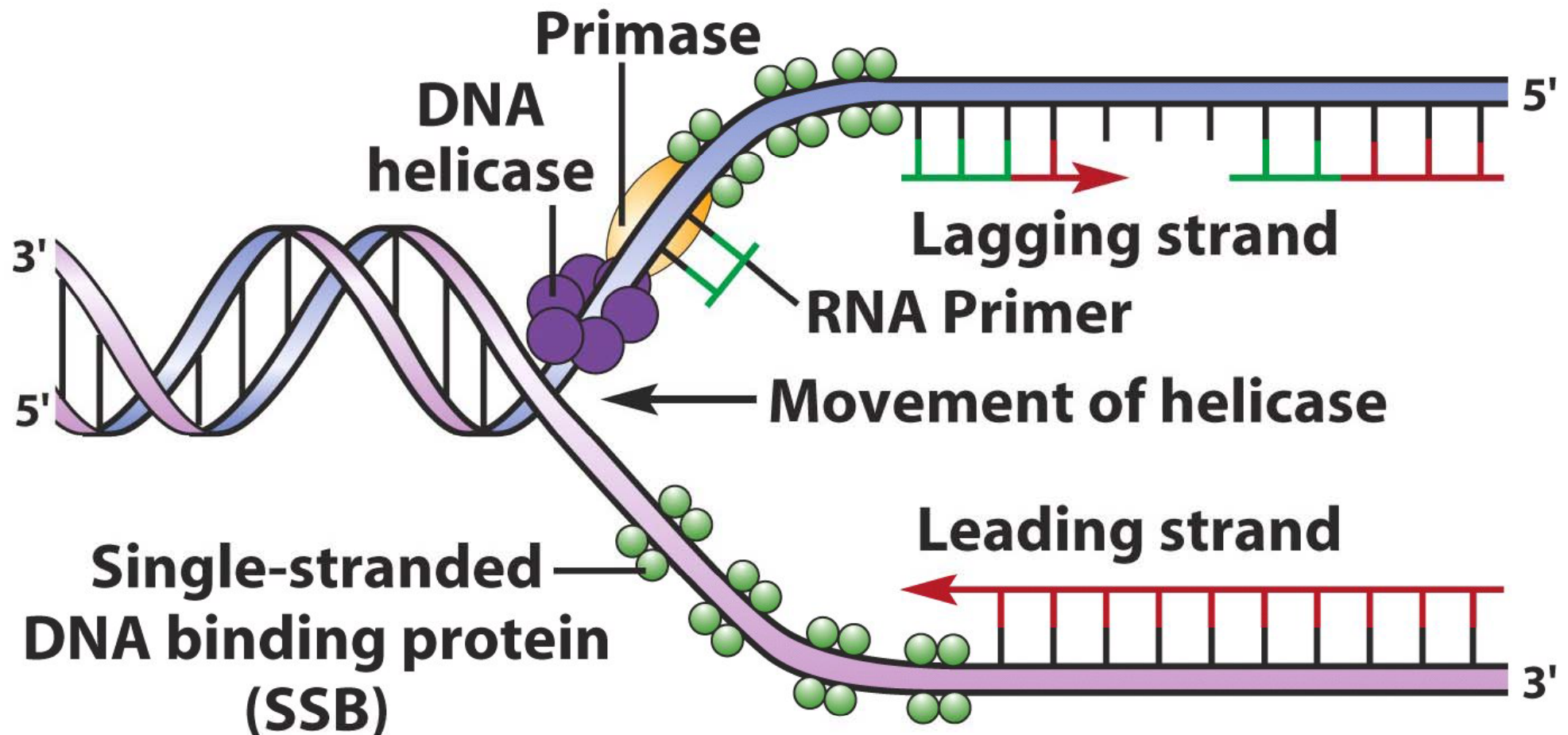
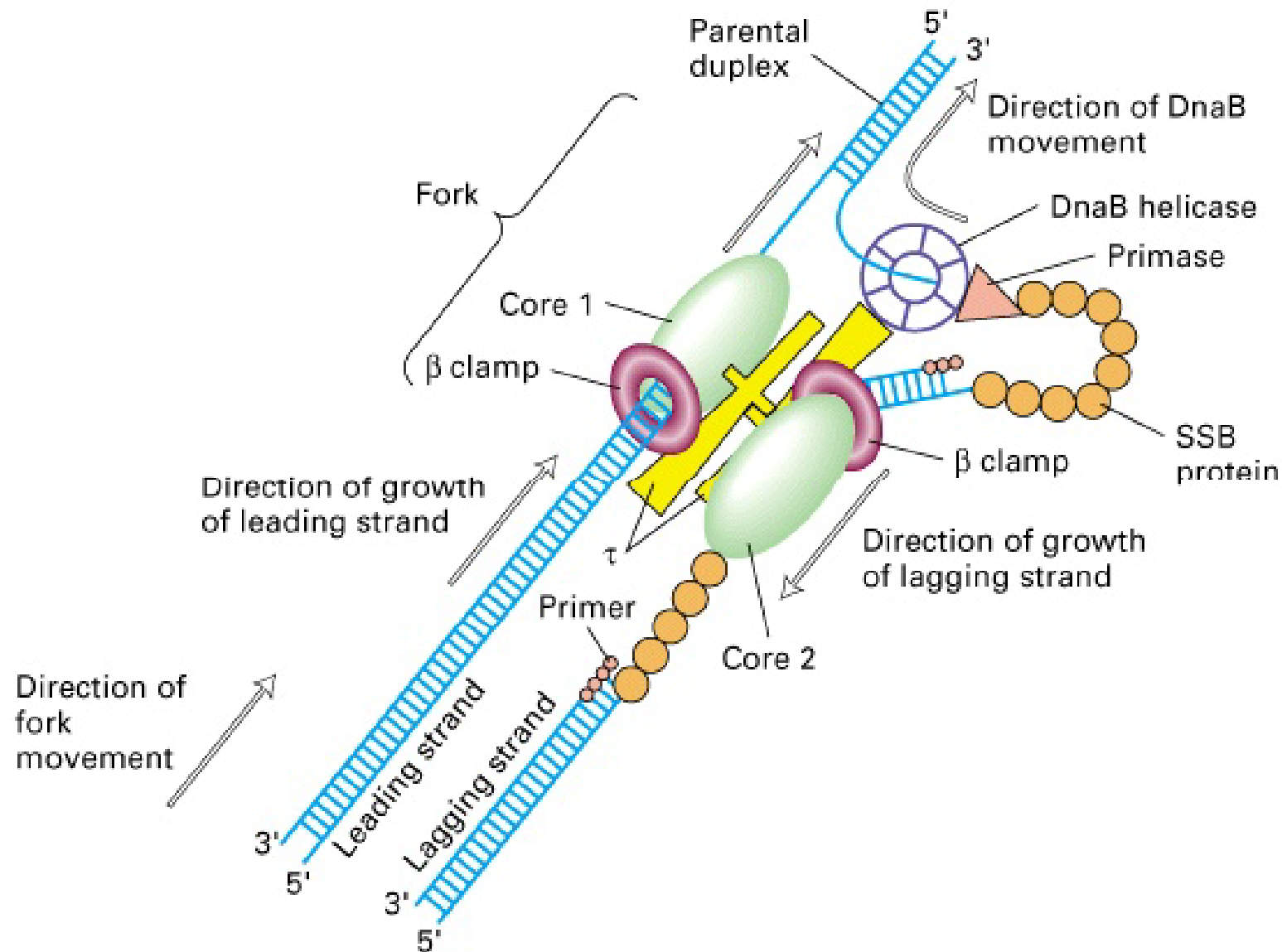
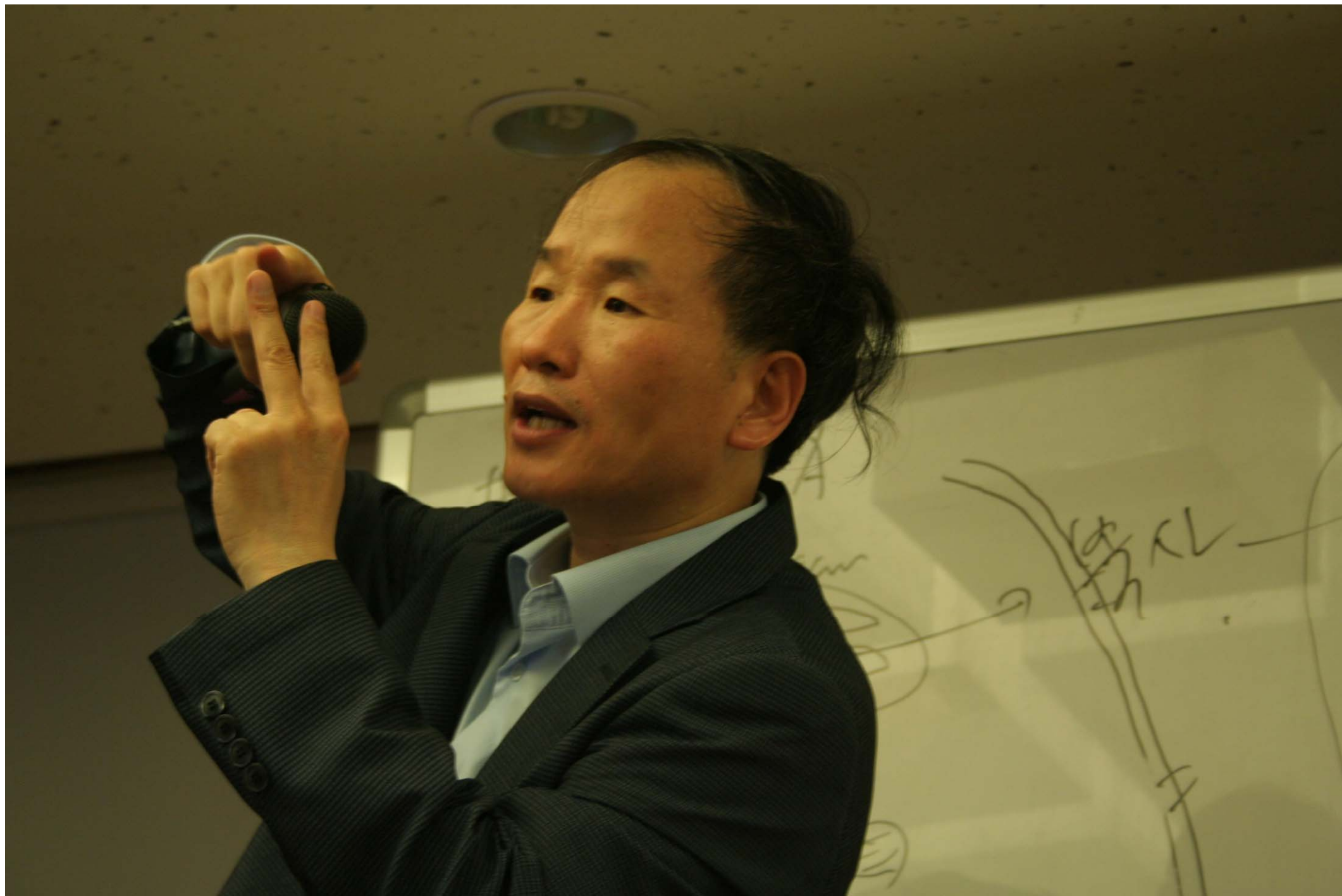
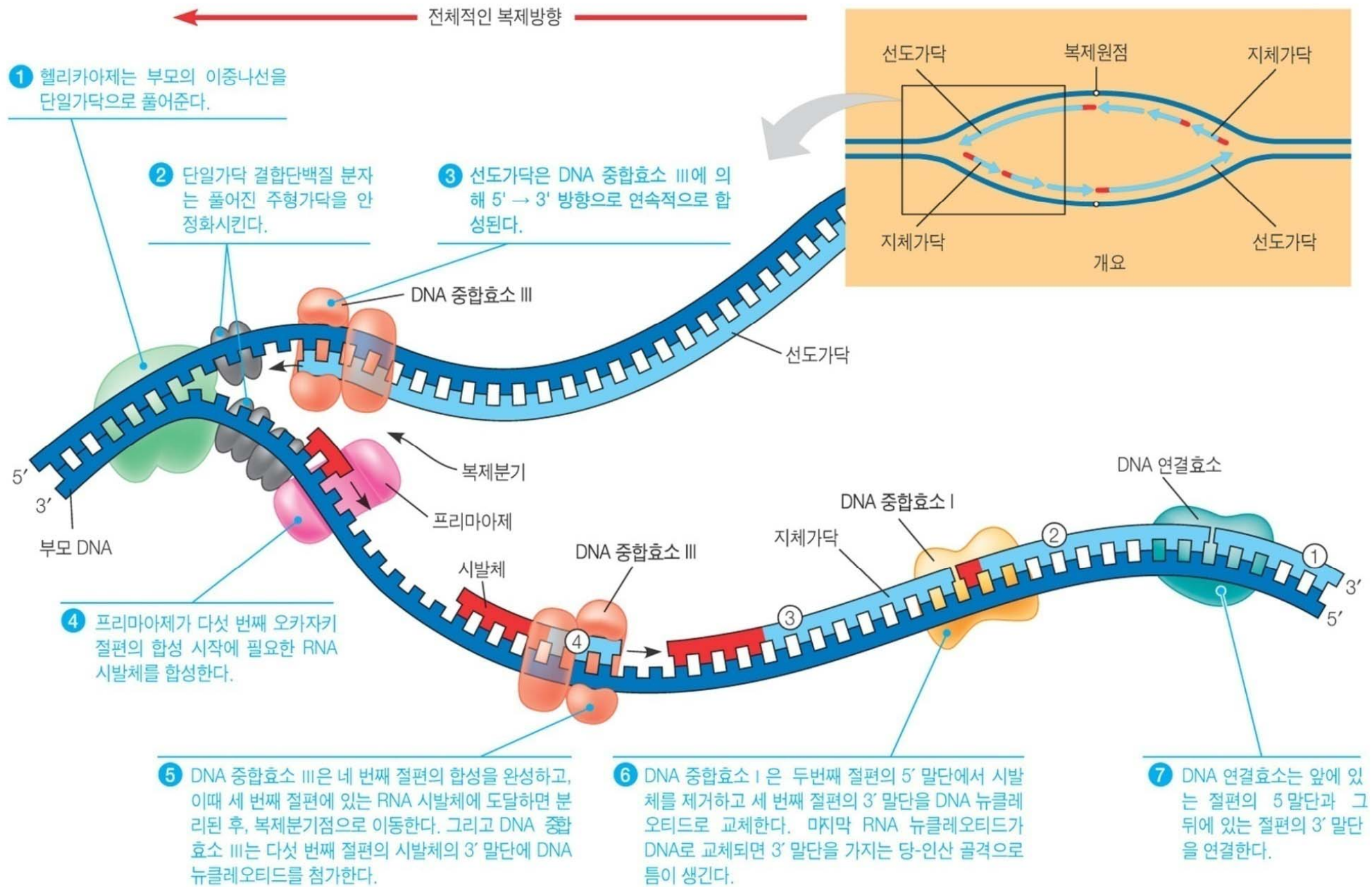


Figure 13-12a Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons)

The leading and lagging strands are synthesized concurrently







DNA 복제(Replication)가 이루어 지는 전체 과정을 동영상을 통해 정리해 보겠습니다.

CELL wrapping & DNA replication

braulhio

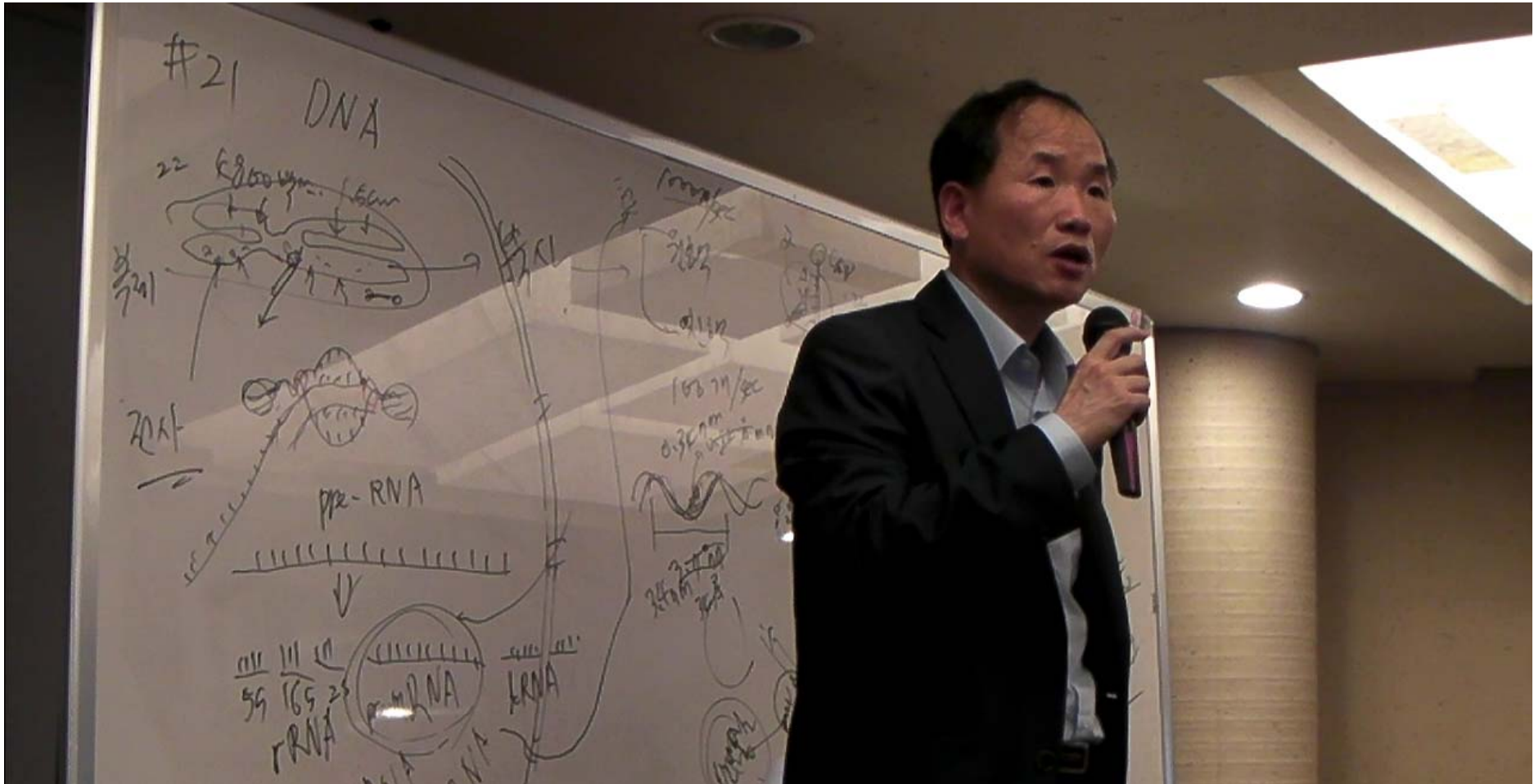
동영상 1개

구독하기



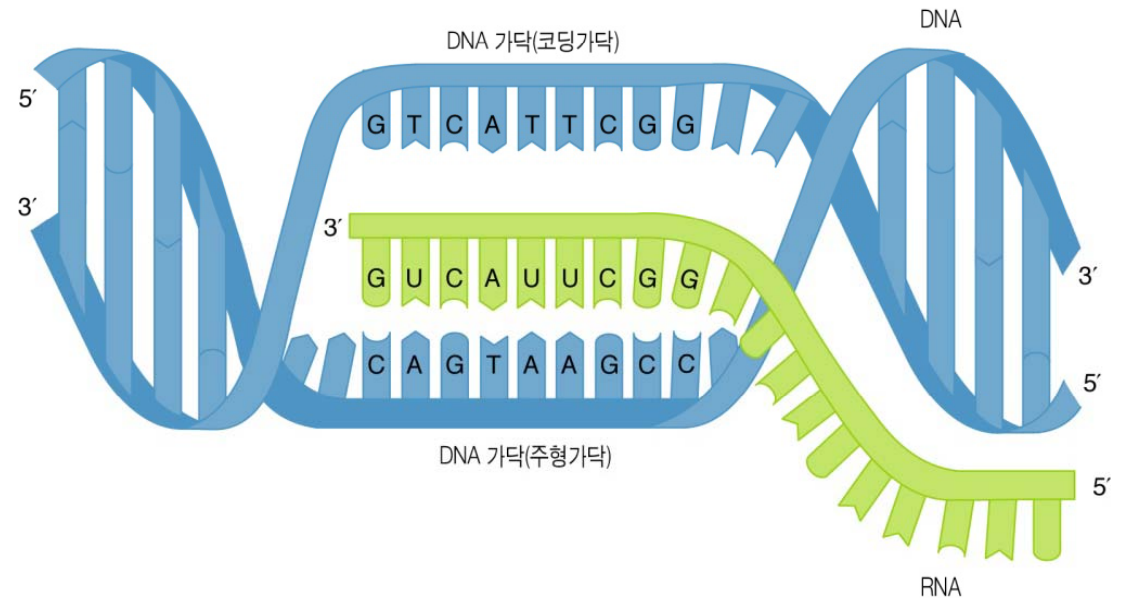
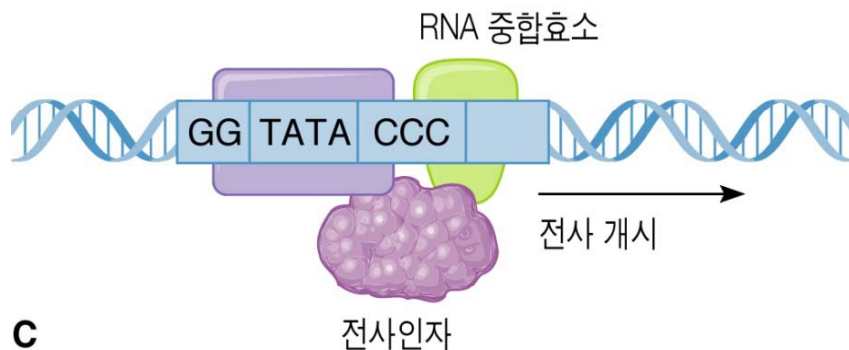
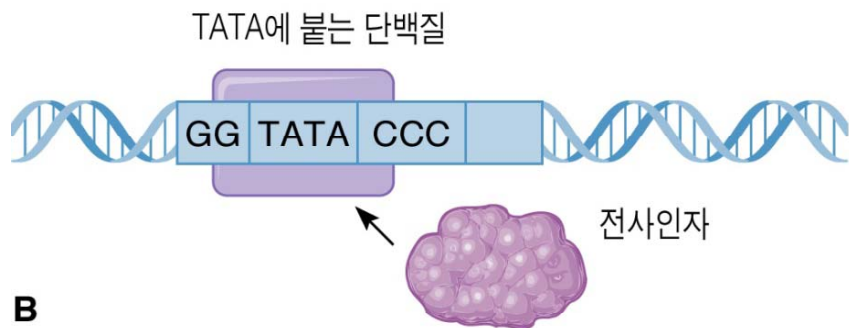
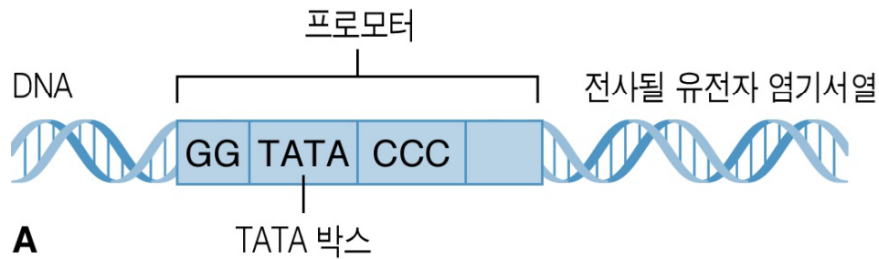
```
<object width="1024" height="768"><param name="movie"
value="http://www.youtube.com/v/Pj9cdVeIntY&hl=ko_KR&fs=1"></param><param name="allowFullScreen"
value="true"></param><param name="allowscriptaccess" value="always"></param><embed
src="http://www.youtube.com/v/Pj9cdVeIntY&hl=ko_KR&fs=1" type="application/x-shockwave-flash"
allowscriptaccess="always" allowfullscreen="true" width="1024" height="768"></embed></object>
```


DNA 전사 (Transcription)



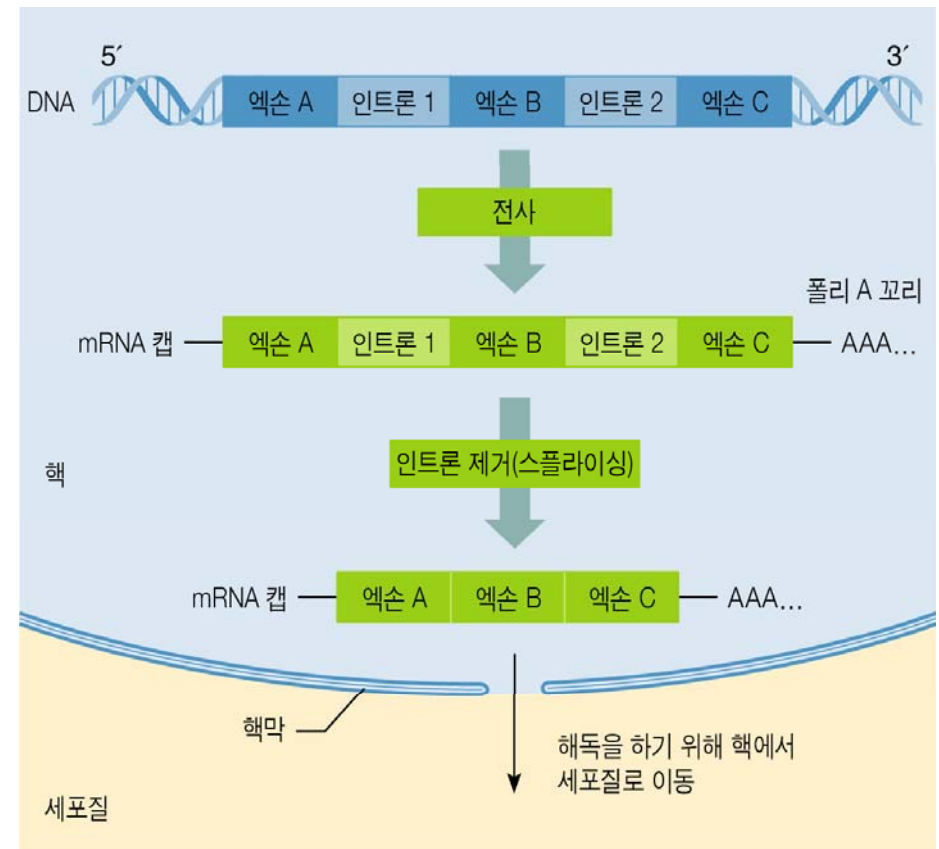
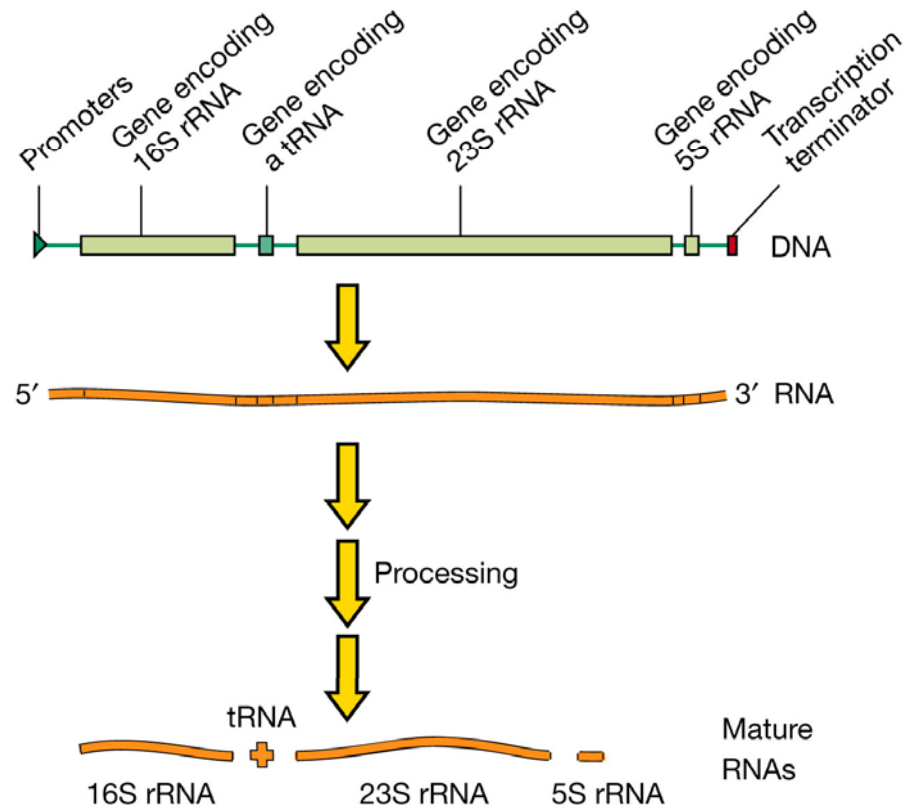
전사 (transcription)는 **DNA에 있는 유전정보를 mRNA로 베껴 옮기는 것**을 말하며, **RNA 중합효소**가 이 과정을 담당합니다. 기본적으로는 복제 과정과 유사하지만 복제가 DNA 두 가닥을 복사하는데 비해 전사는 한쪽 가닥만을 주형으로 삼아 베껴지고 RNA가 합성된 후 DNA는 원상 복구됩니다. 원핵세포의 경우는 전사된 mRNA가 그대로 번역 과정으로 넘어가게 되나, 진핵세포는 중간에 끼어있는 인트론을 제거하는 스플라이싱 등 mRNA를 가공하는 과정을 거치게 됩니다.

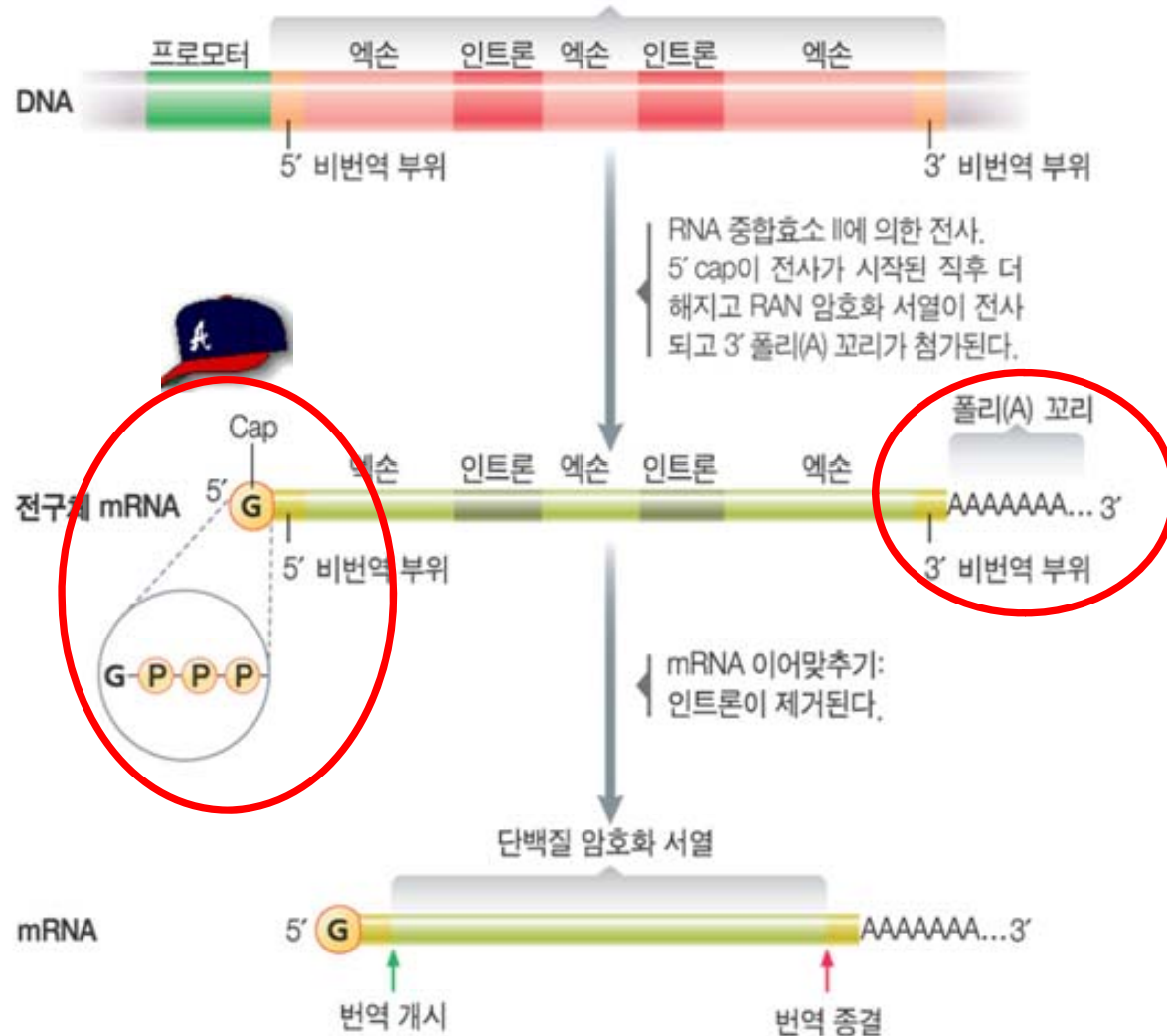
DNA는 평상시에는 히스톤 단백질과 단단한 결합 구조를 이루고 있기 때문에 전사 인자와 RNA 중합효소가 DNA에 접근할 수 없게됩니다. 전사가 일어나기 위해서는 우선 히스톤에 아세틸기가 붙어서 모양이 바뀌고 DNA 나선이 풀려야 합니다.



DNA가 열리면 전사될 유전자의 프로모터 부분의 TATA 박스에 전사인자 단백질과 RNA 중합효소가 붙고, 전사가 개시되어 한 가닥의 DNA로부터 상보적인 nucleotides를 5'→3' 방향으로 순차적으로 붙임으로써 유전정보가 전사되어 pre-RNA가 만들어 지게 됩니다.

이 Pre-RNA는 이를테면 원유와 같은 존재로 원유를 정제하면 휘발유,경유..등이 나오듯이 Pre-RNA로부터 16S,5S,23S 등의 rRNA와 mRNA, tRNA 덩어리가 분리되어 만들어지게 됩니다. 이 모든 과정은 세포의 핵 속에서 이뤄지는 과정이며 이 상태로는 핵공을 빠져나오지는 못하기 때문에 다시 스프라이싱(splicing)의 과정을 거쳐 RNA속의 엑손과 인트론 중 인트론을 제거하는 단계를 거쳐야 비로소 완제품이 되어 핵공을 통해 세포질로 빠져 나올 수 있게 됩니다





전사가 되는 과정에서 인트론을 제거하는 스프라이싱(splicing) 과정과 아울러 머리부분에 5' Cap (인산기+메틸기)을 씌우고, 꼬리부분에는 폴리A로 아데닌을 30여개 붙여줌으로써 mRNA가 완성이 됩니다. 만일 DNA로부터 100개의 pre-RNA 만들어진다고 가정할 때 최종적으로 mRNA가 되어 핵공을 빠져나오는 개수는 5개 내외로, 대부분 95개의 RNA는 핵속에서 다시 분해되어 버리게 됩니다.

DNA 전사의 과정을 통해 만들어 지는 Pre-RNA 속에는 무수하게 많은 종류의 RNA가 존재합니다. (**"RNA World"**) 전사와 복제의 근본적인 차이점을 여기에서 알 수 있습니다. 복제는 전체를 동시에 한꺼번에 복사하는 반면 전사는 DNA중 일부(그것이 유전자이든 아니든) 만을 Copy하는 것이고 그것이 여러 종류의 RNA가 되고 그 중 극히 일부만이 mRNA로 되어 단백질을 합성할 수 있게 되는 것입니다.

RNA: A Diverse Class of Molecules

DNA \rightleftharpoons RNA

rRNA
tRNA

snRNAs
snoRNAs
Guide RNA

Catalytic:
Ribozymes
Telomerase

Vault
Y RNAs
7SK

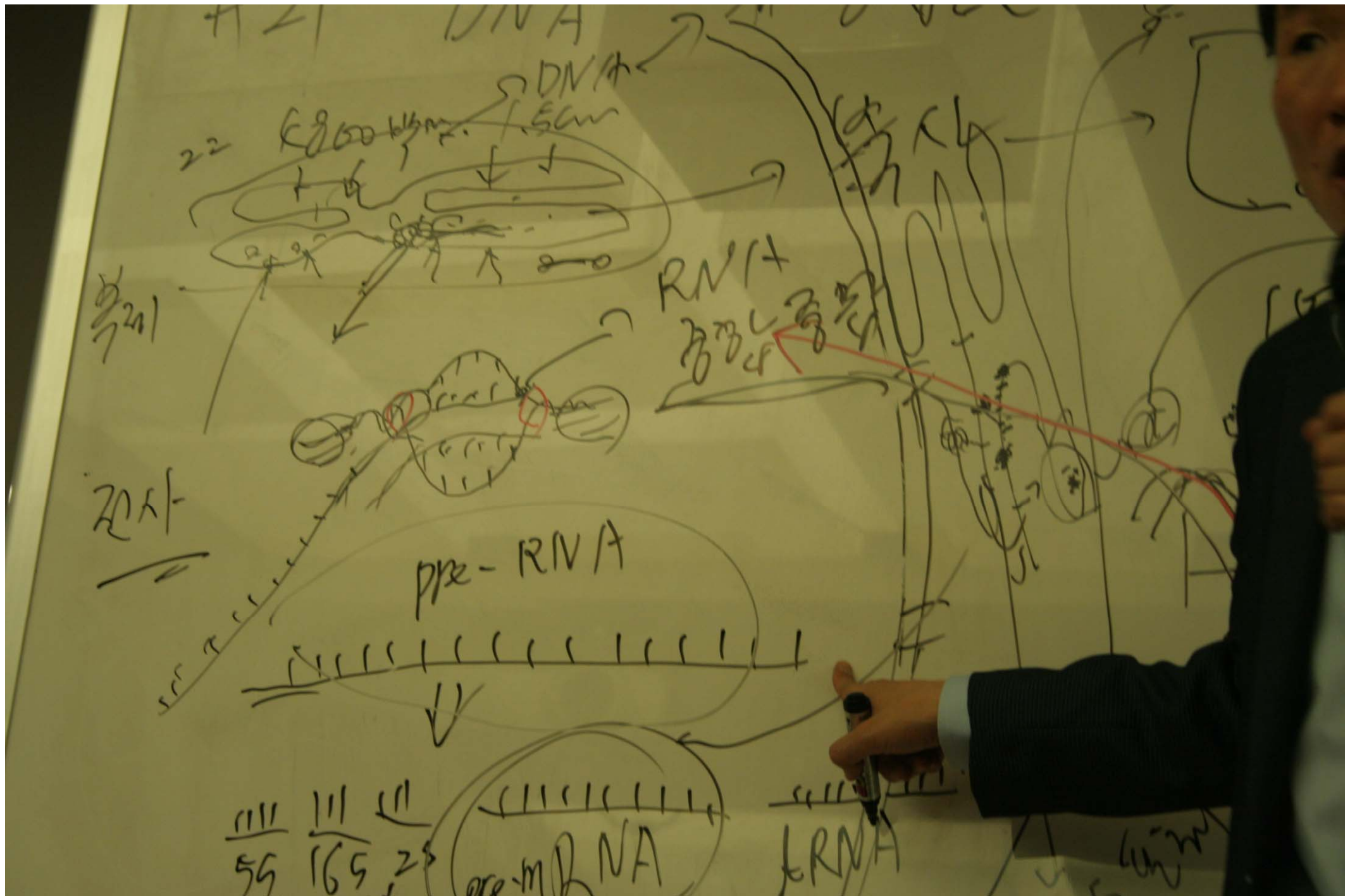
Introns
5' UTR
3' UTR

Viral RNAs
Retrotransposons

Xist, H19

MicroRNAs

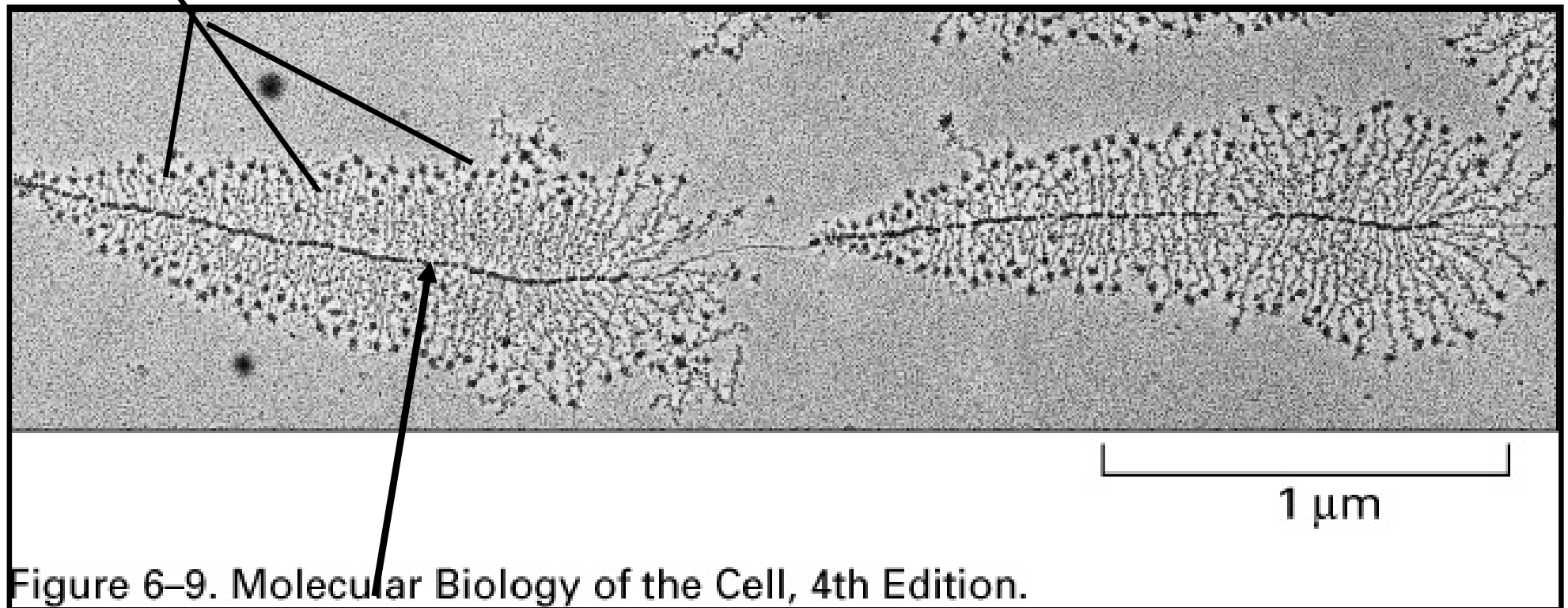
Non Coding RNAs: 'Ribo Regulators'
(~97% of RNAs Present in Human Cells are Non-Coding)



TRANSCRIPTION

DNA--->RNA

RNA transcripts



DNA로부터 RNA로 복사를 하는 전사의 과정은 전자현미경으로도 볼 수 있는데, 이것은 수많은 RNA중합효소가 인접한 두 개의 유전자를 동시에 전사하고 있는 사진입니다. RNA중합효소는 DNA를 따라 존재하는 일련의 점들로 관찰되는데 이 DNA에 미세한 실처럼 생긴 전사체가 부착되어 있는 것을 확인할 수 있습니다.

Transcription

RNA polymerase

DNA

전자현미경으로 본
전사 과정의 DNA와
RNA중합효소 사진

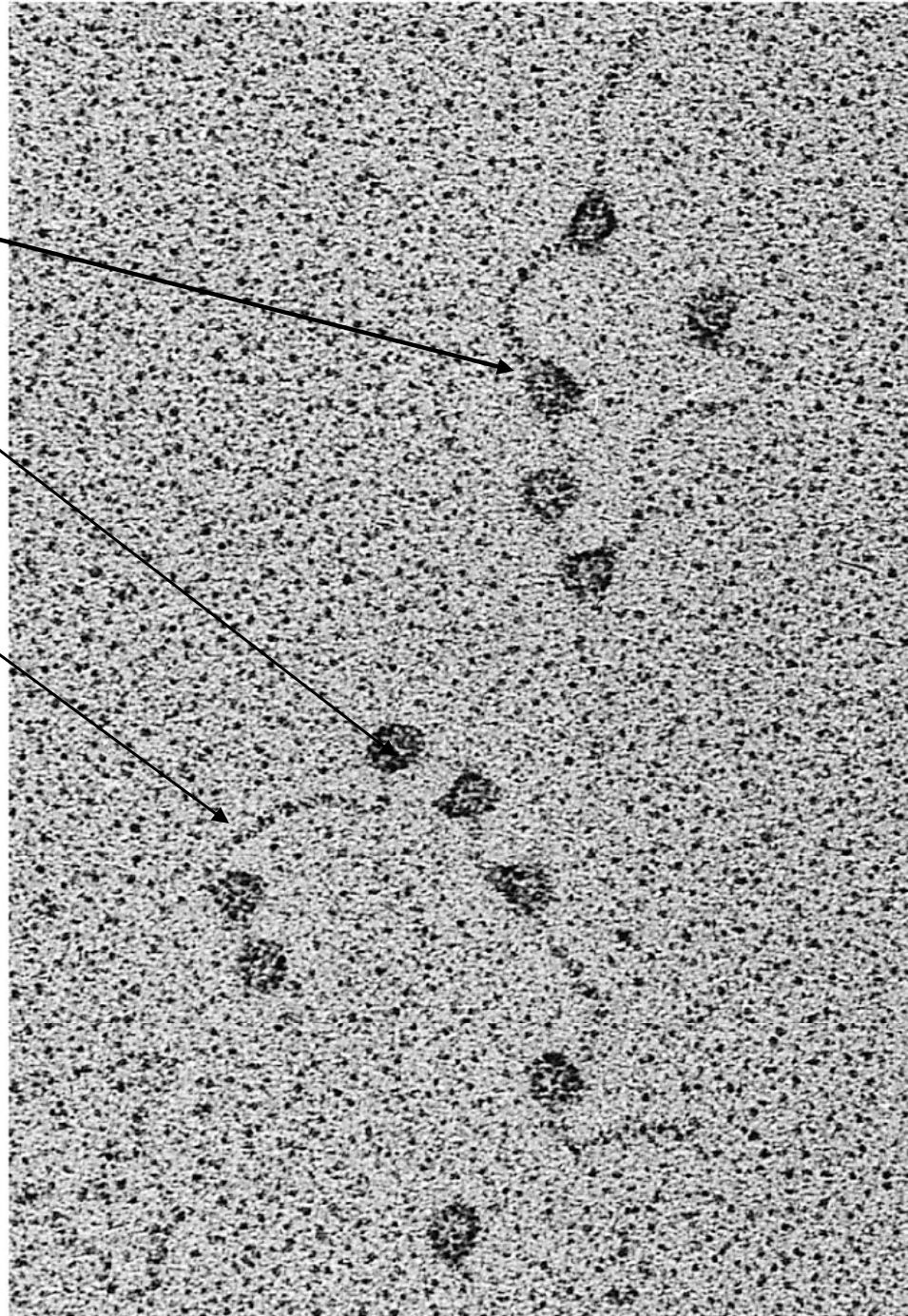


Figure 11-4d Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons)

DNA 이중나선

전사 개시

캡형성
폴리(A)꼬리 형성

스플라이싱

핵 외부로 방출

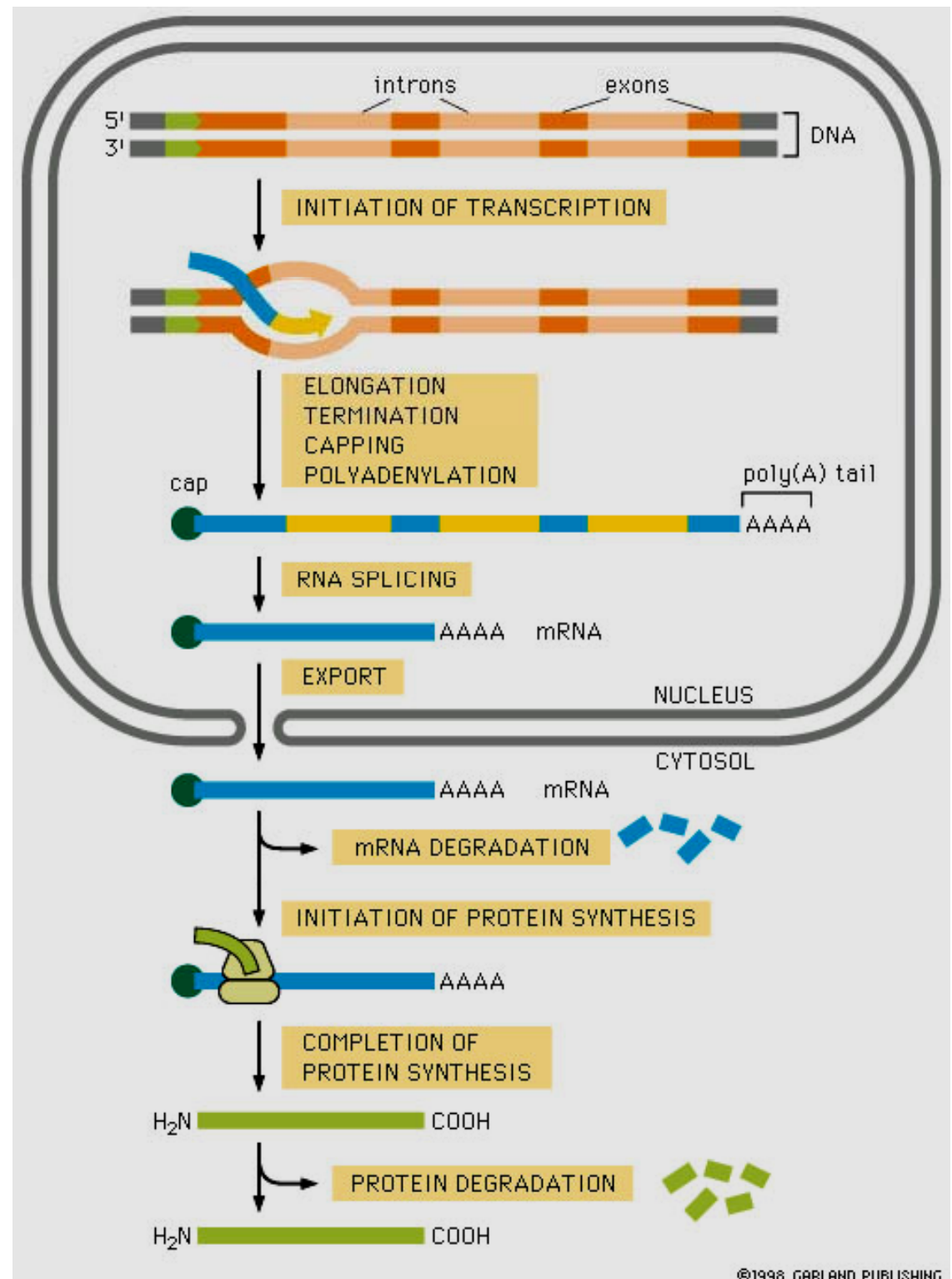
mRNA 분해

단백질 합성 개시

단백질 합성 완료

단백질 분해

진핵세포의
단백질 생성을
위한 전사와
번역의 단계적
진행 과정



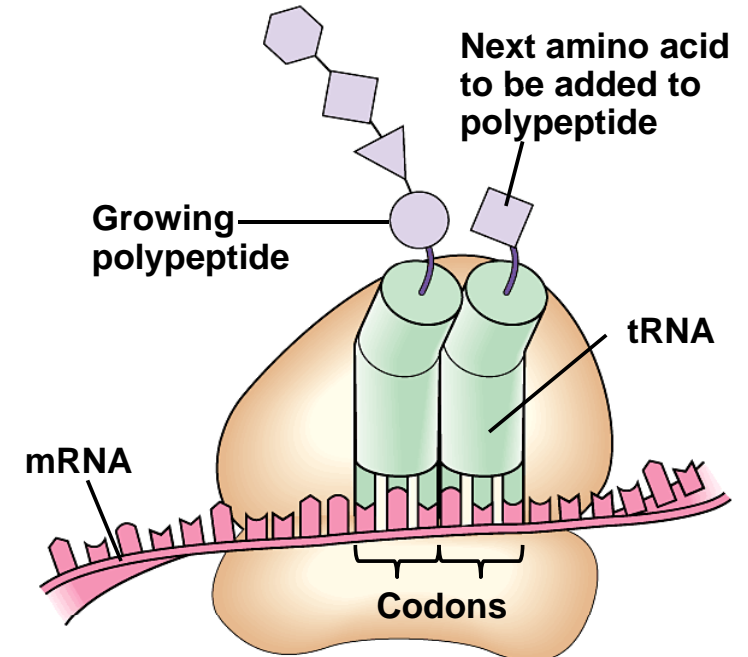
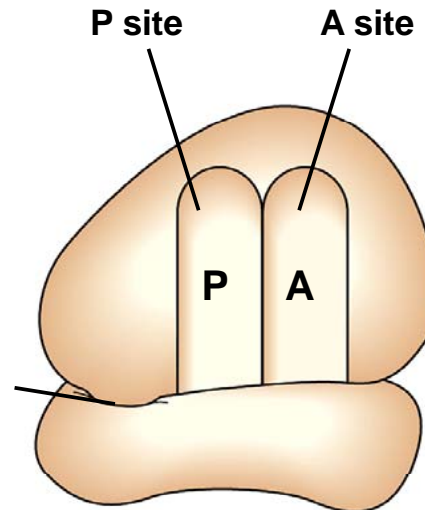
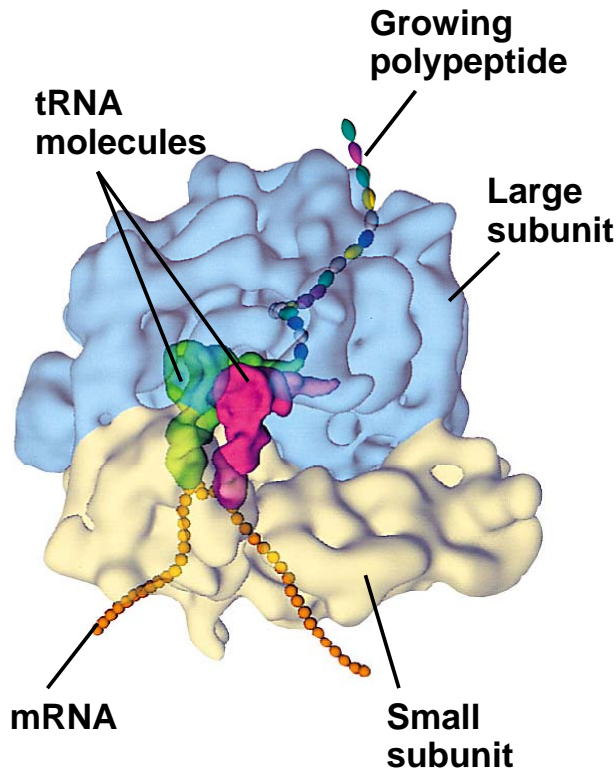




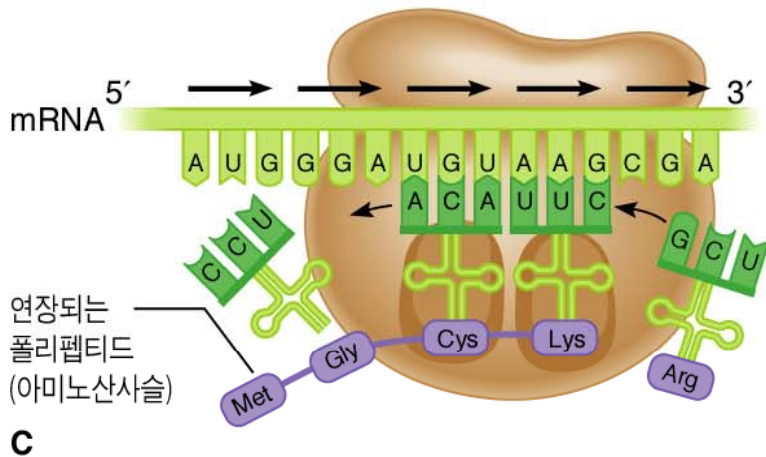
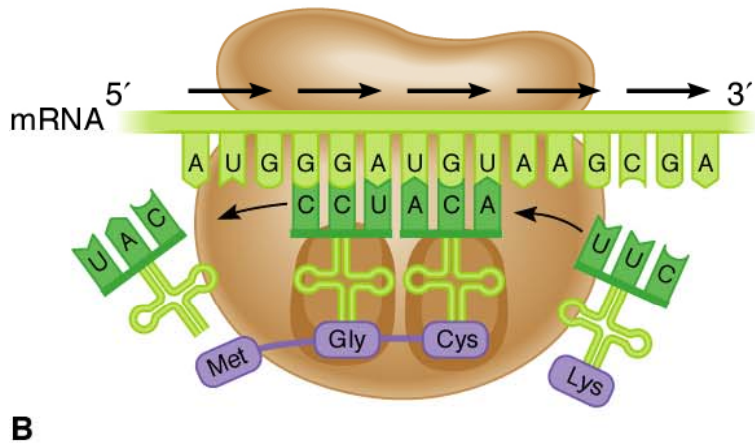
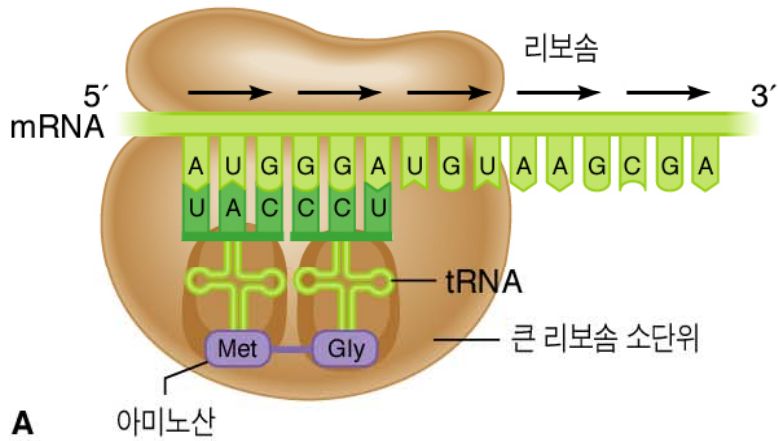
DNA 번역 (Translation)

mRNA가 핵공을 통해 세포질로 빠져나오면 세포질 속에 있던 리보솜 소단위체가 mRNA에 붙게 되고 단백질 합성이 일어나게 됩니다. 리보솜은 두 개의 서로 다른 부분으로 나뉘는데, 리보솜에서는 단백질 합성의 청사진이라 볼 수 있는 mRNA(messenger RNA)의 정보(코돈)를 근거로 이에 상보적으로 결합할 수 있는 tRNA(transport RNA)가 날라오는 아미노산들을 차례차례 연결시켜서 단백질을 합성하는데 이 과정을 번역(translation)이라고 합니다.

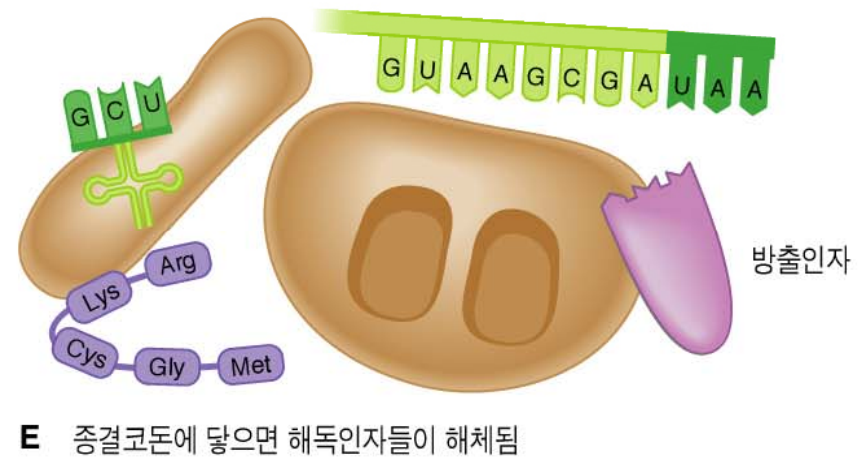
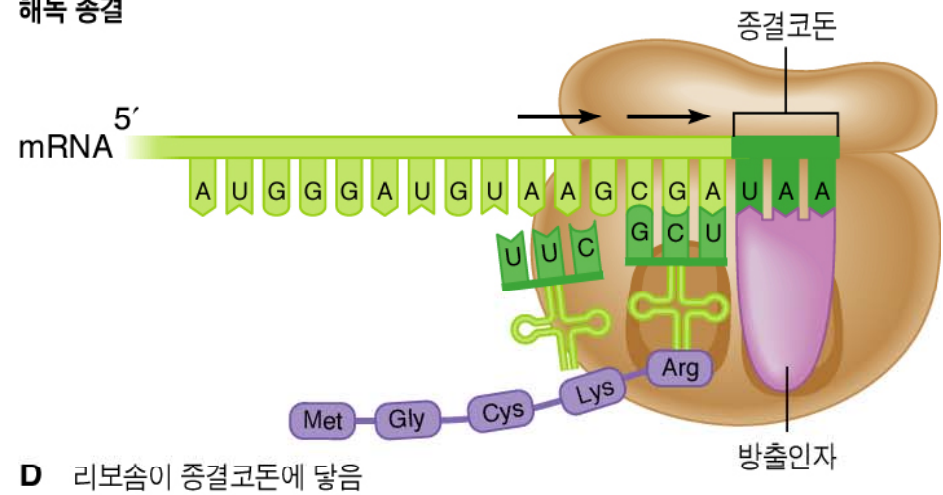
합성의 시작은 메티오닌(Methionine)이 일반적이며, 합성을 끝내는 부분의 mRNA에는 특정한 정지신호 역할을 하는 코돈이 있습니다. 아미노산이 붙어있지 않은 tRNA가 리보솜에 들어와 mRNA의 정지코돈과 결합하면 아미노산 중합반응이 끝나게 됩니다. 합성된 단백질은 그 단백질이 갖는 특정한 신호에 의해 목적지로 이동하게 됩니다.



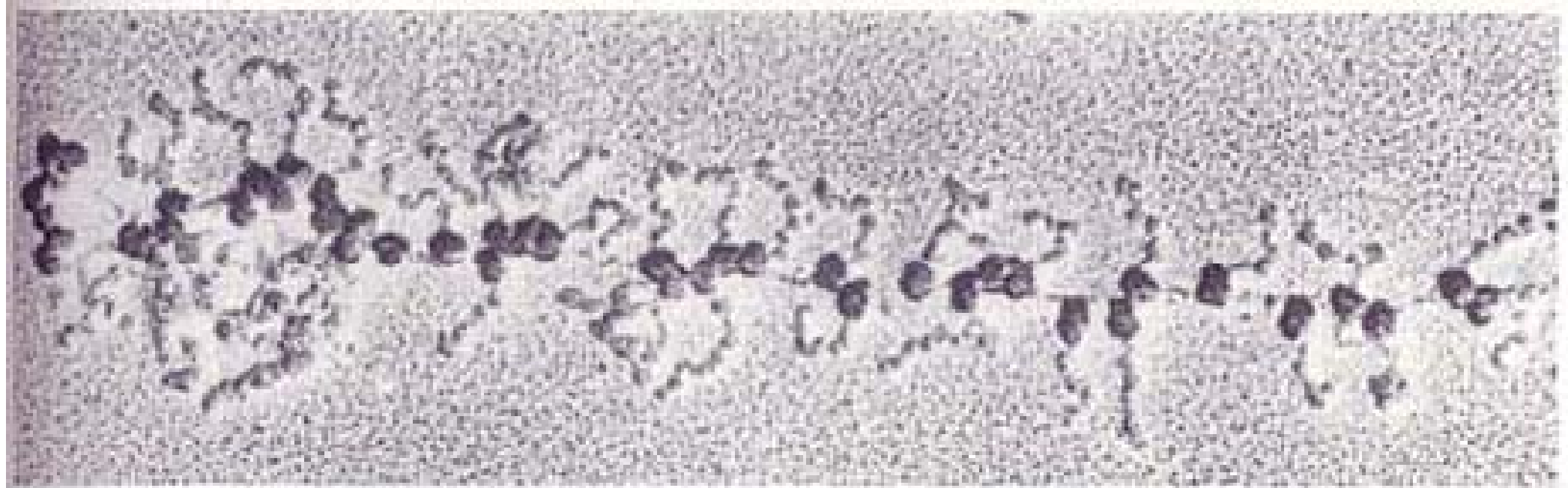
해독 신장



해독 종결



번역(translation)의 단계적 과정을 보여주는 그림입니다. 종결 코돈에 다다라 단백질 합성을 마친 리보솜 및 다른 인자들은 해체되어 다시 아미노산으로 분해되게 됩니다.



5 ribosomes
reading same RNA
sequentially

Growing
polypeptide
chains

Complete
polypeptide

(Initiator
codon)

AUG

5'

UAG

3' mRNA

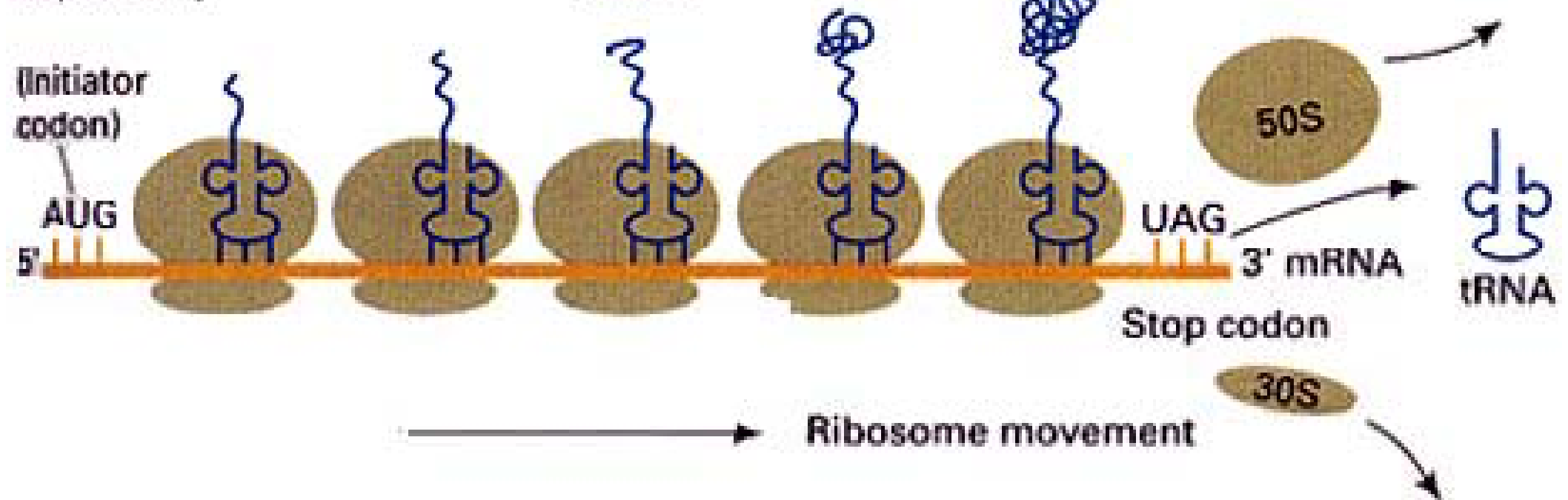
Stop codon

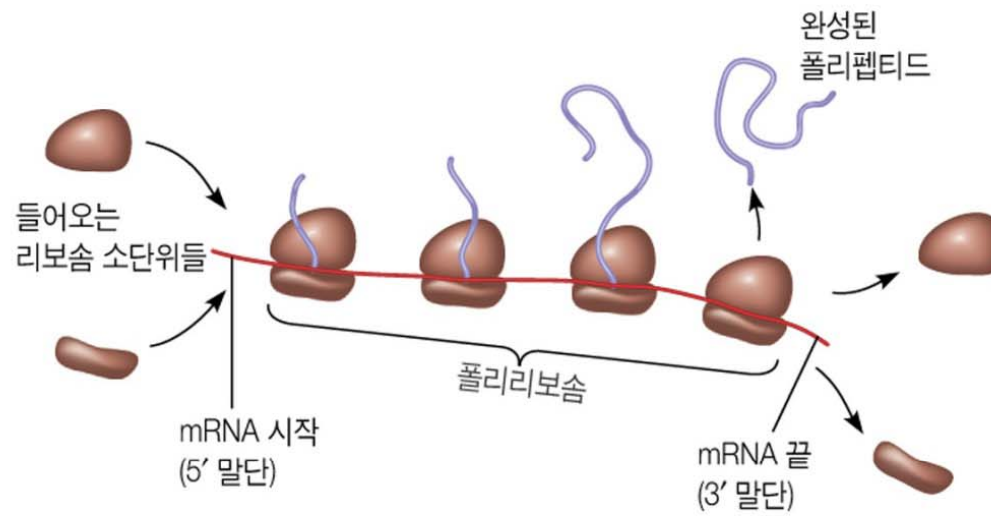
30S

Ribosome movement

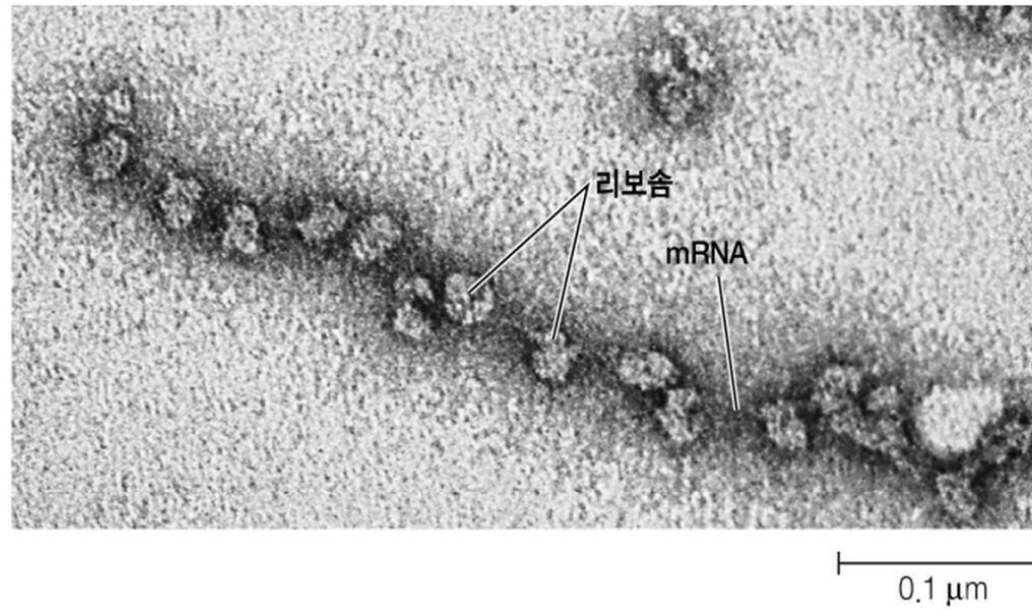
tRNA

50S

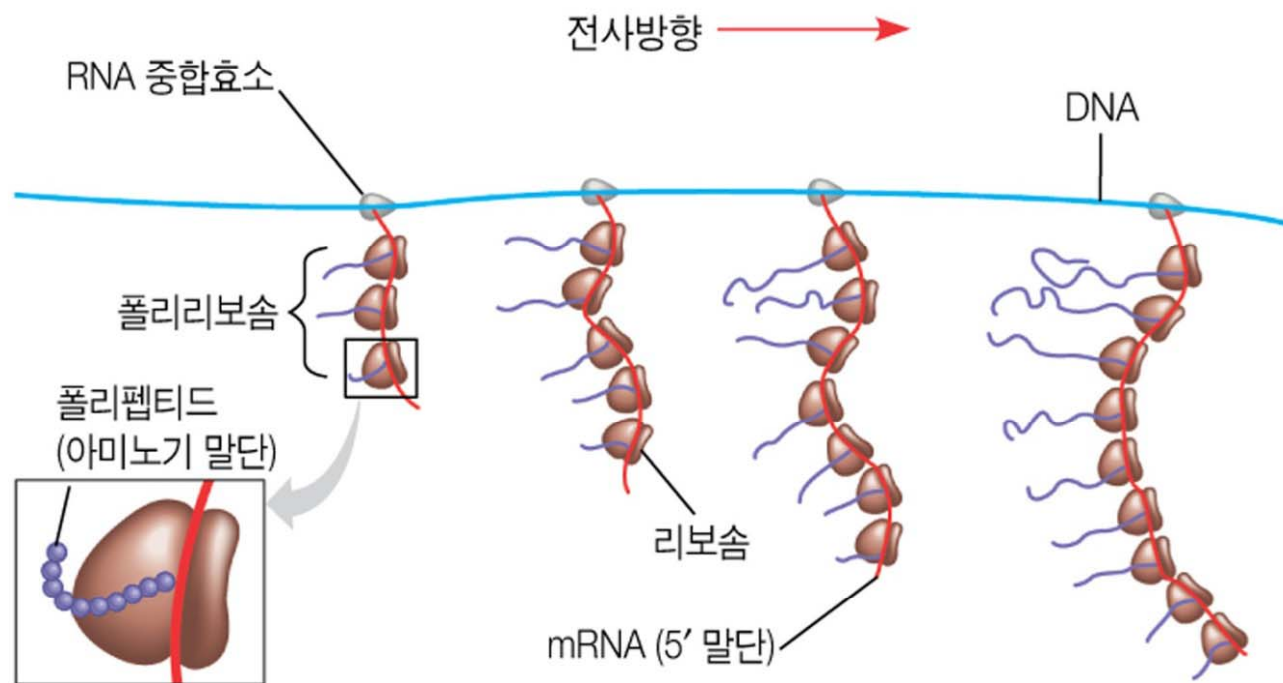
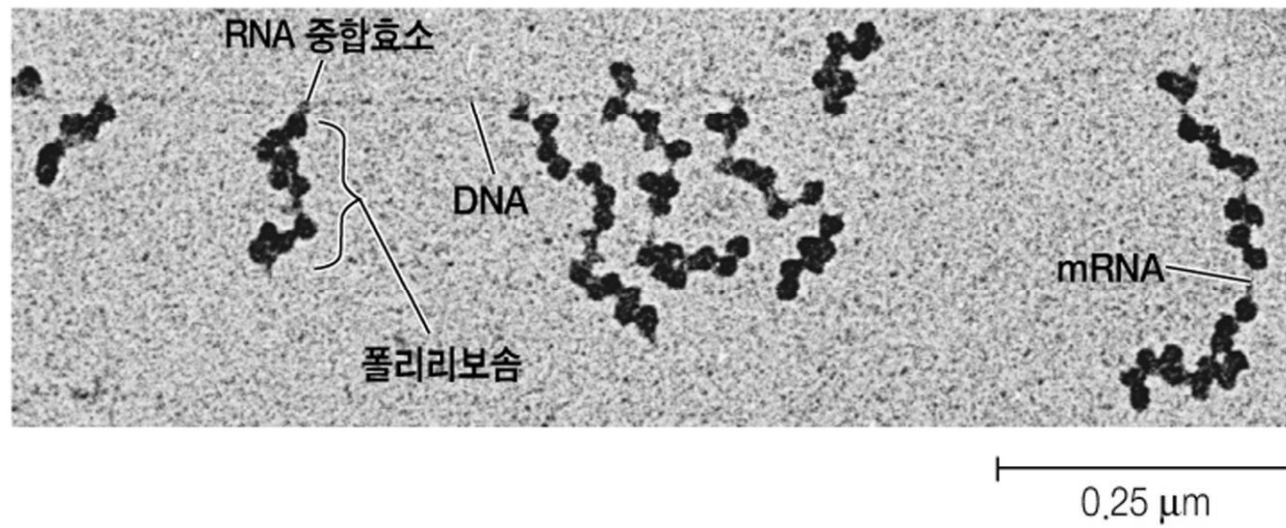




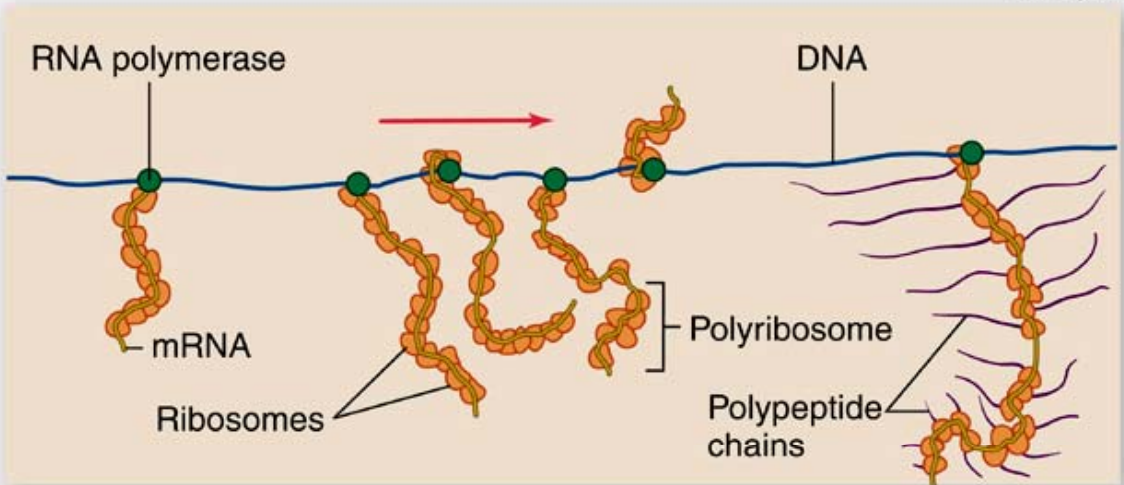
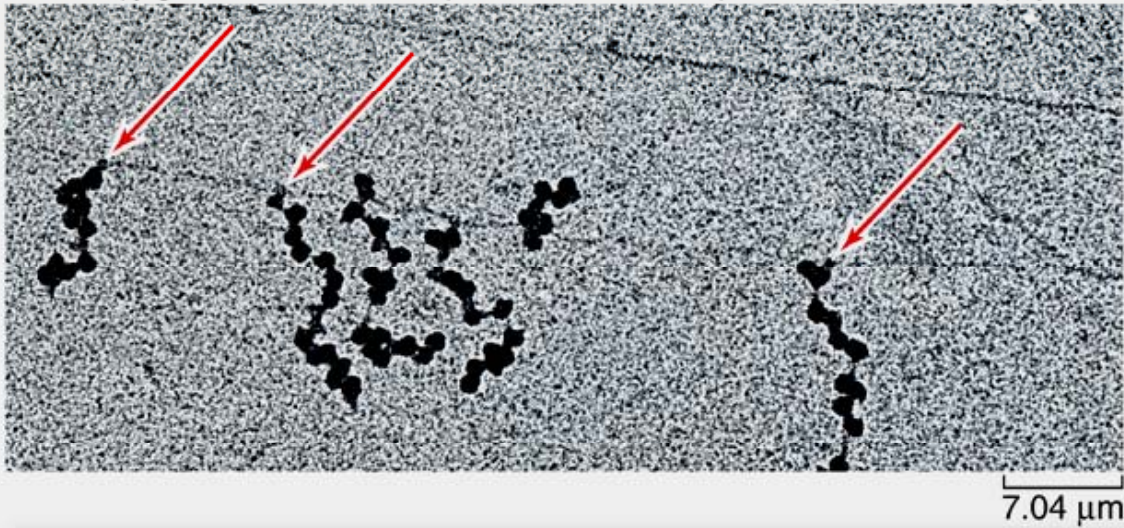
(a) mRNA 분자는 일반적으로 폴리리보솜이라고 불리는 일련의 리보솜들에 의해 동시에 번역된다.



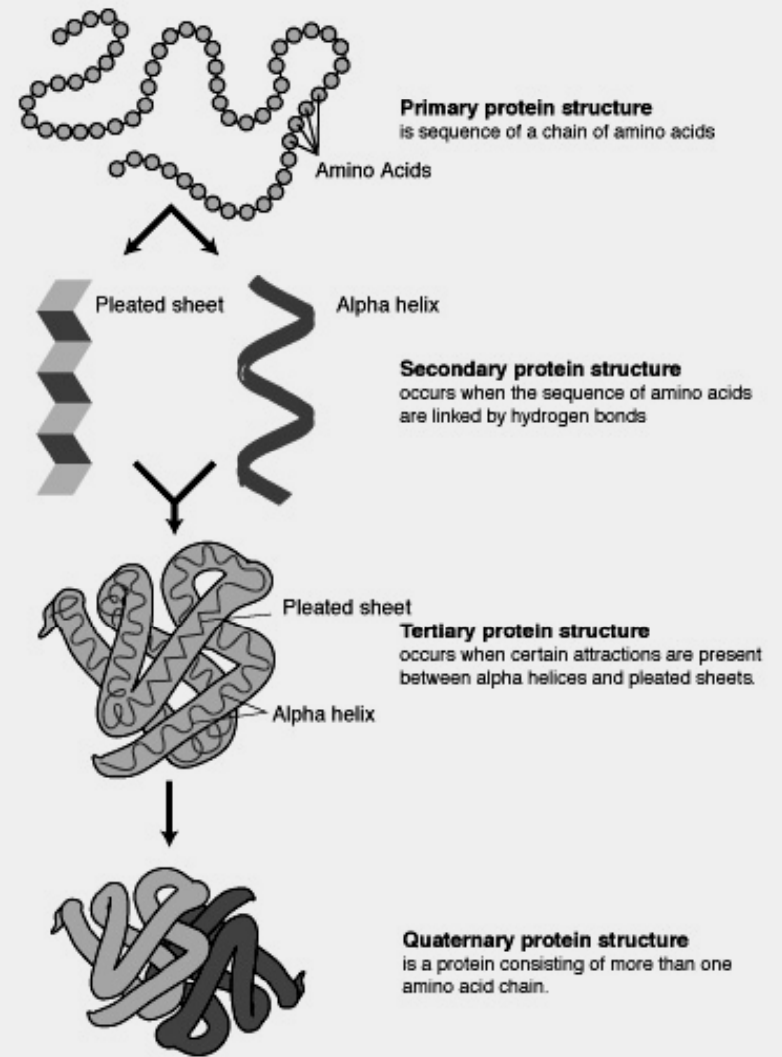
(b) 이 현미경사진은 원핵세포의 커다란 폴리리보솜을 보여주고 있다(투과전자현미경 사진).



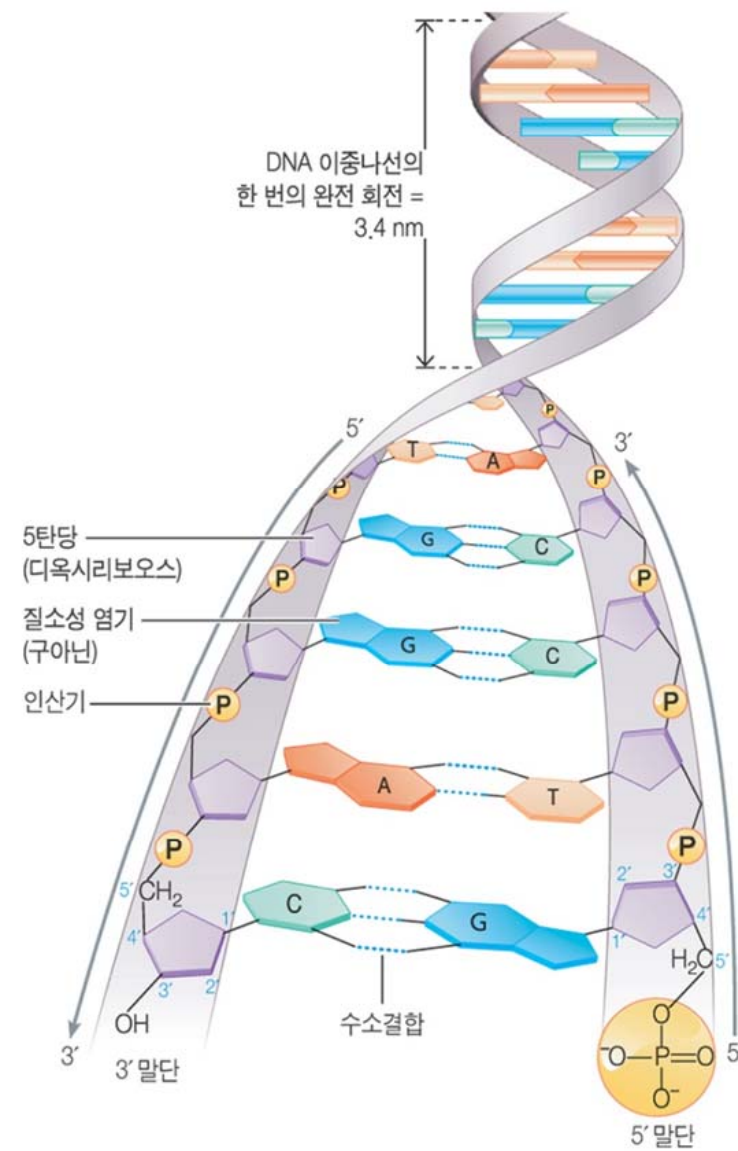
세균에서의 짝물림된 전사와 번역



© Dr. Oscar Miller

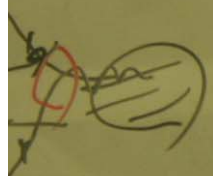
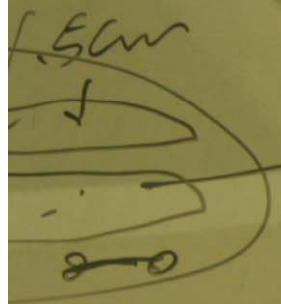


번역과정을 통해 단백질 합성을 위해 아미노산 염기를 읽는 속도는 박테리아의 경우는 초당 20개의 아미노산을, 진핵세포는 초당 2개의 아미노산을 만들어 주게 되는데 진핵 세포는 속도는 떨어지지만 대신 만들어진 단백질의 기능과 팀웍이 월등하다는 차이가 있습니다.

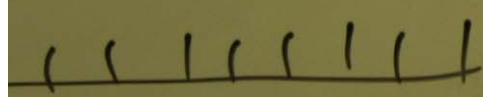


복제의 속도 역시 대단히 빠르는데, DNA의 이중나선의 한 감김의 길이는 3.4 nm, 각 염기쌍들 간의 거리는 0.34 nm로 1 감김내의 염기는 10개입니다. DNA 복제가 일어날 때의 속도는 초당 약 1,000개의 뉴클레오티드가 복제되므로 1초당 100 회전, 즉 6,000 rpm의 엄청난 속도로 DNA 이중나선이 풀리면서 복제(replication)가 진행되는 것입니다.
(인간의 경우는 600 rpm)

NA



RNA



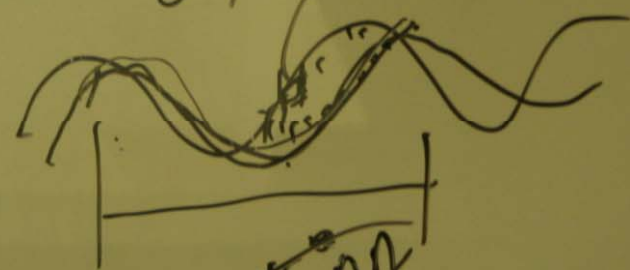
100000/sec

21000

21000

10000/sec

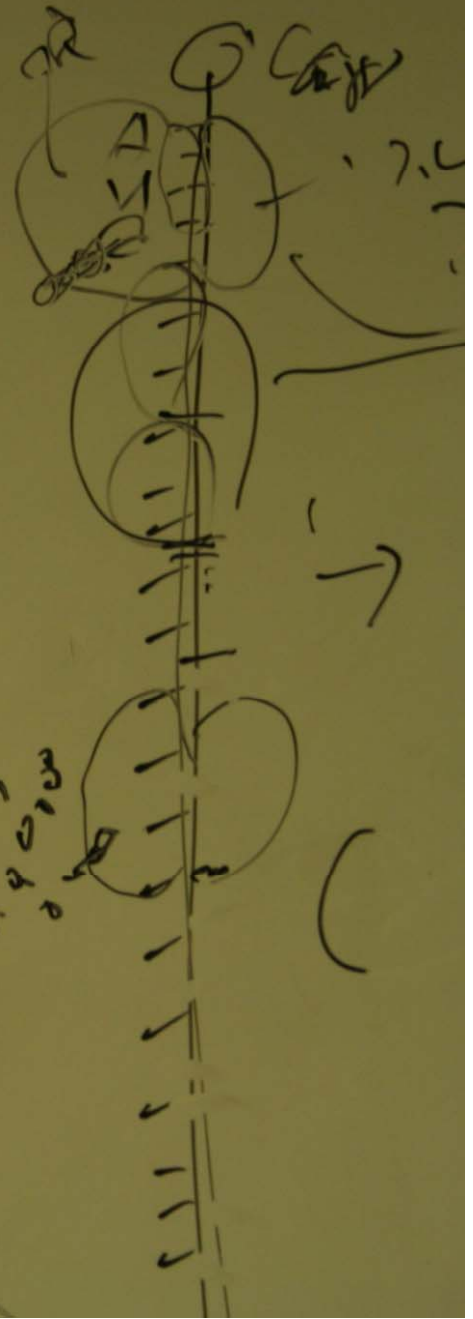
0.34nm



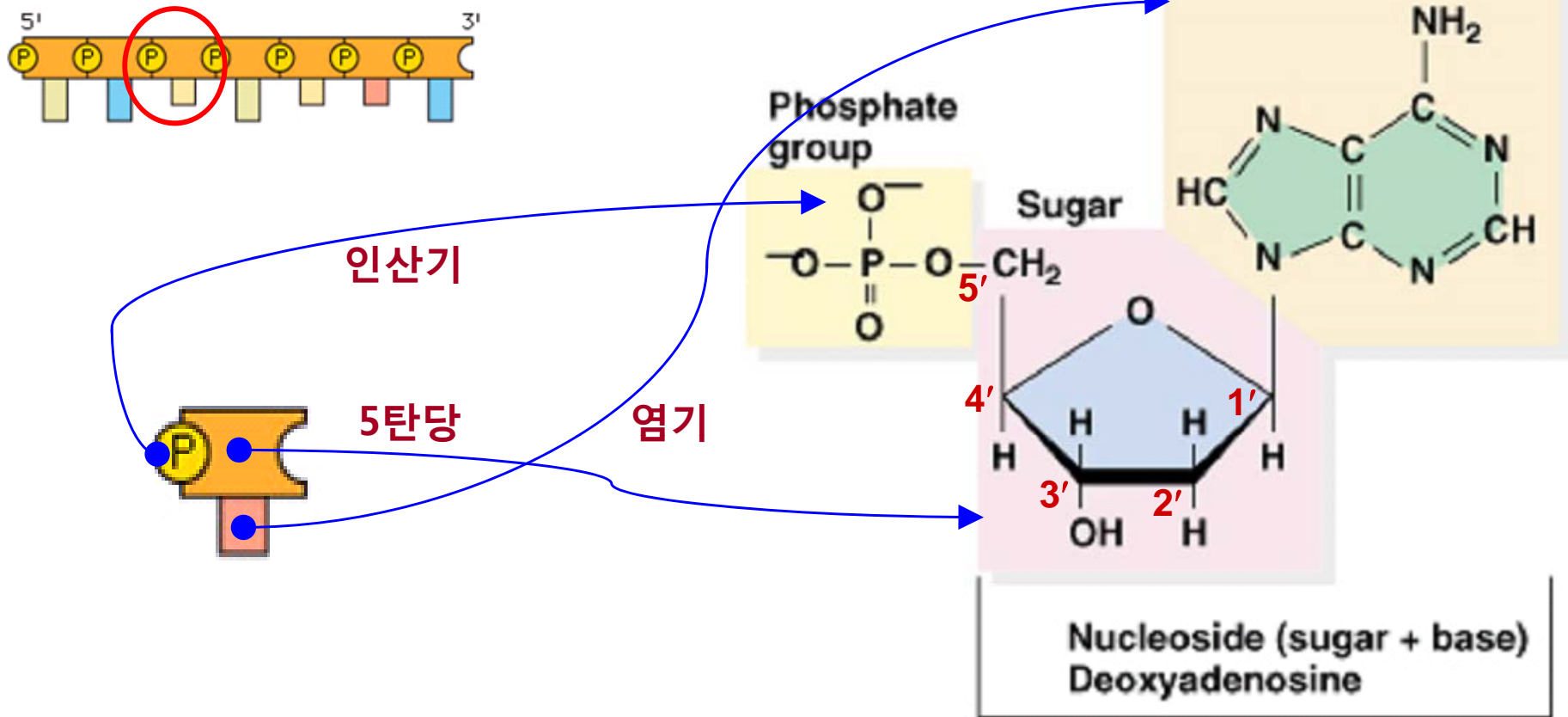
3.4nm

3.4nm

3.4nm

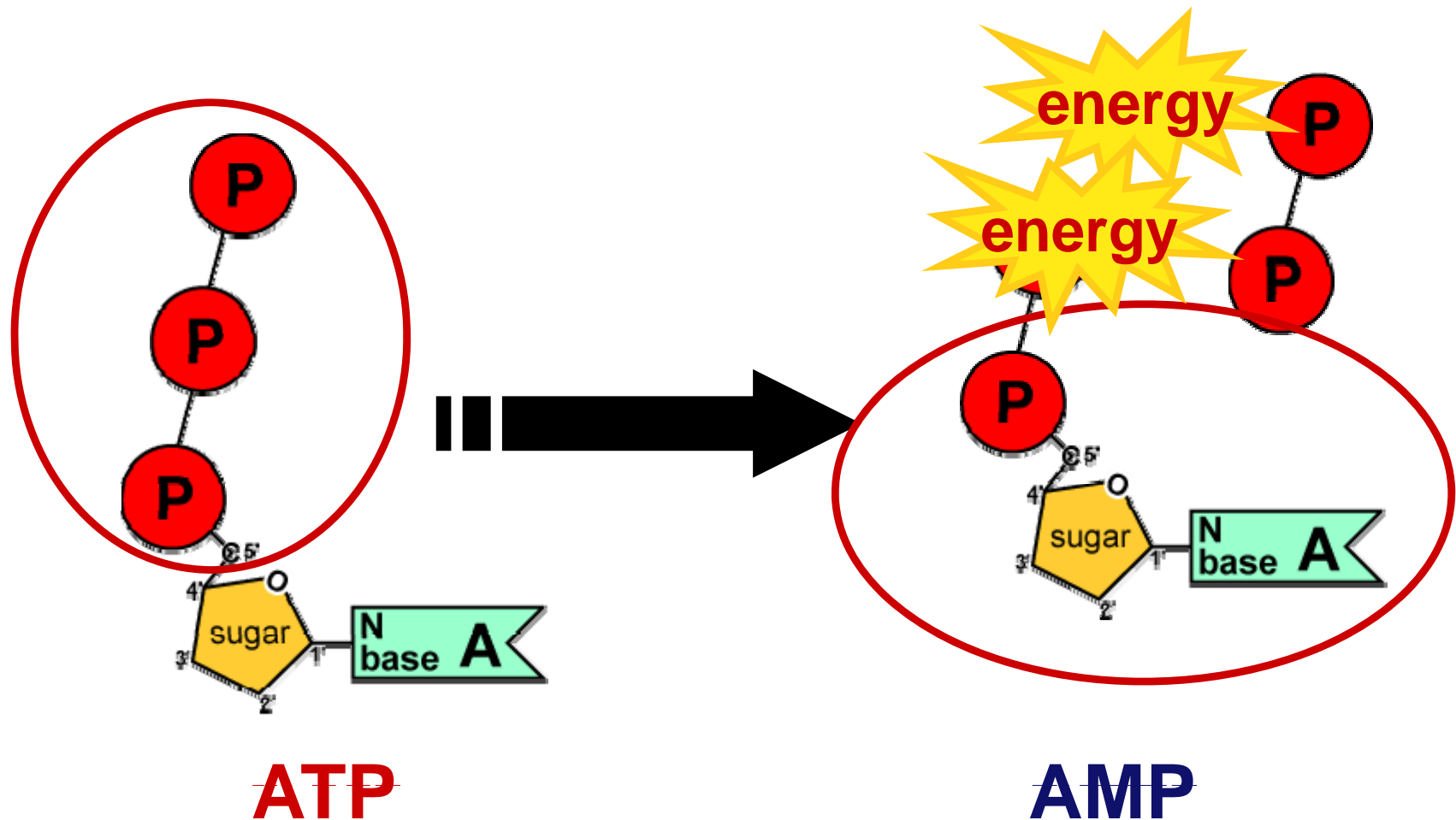


DNA 가닥의 등뼈

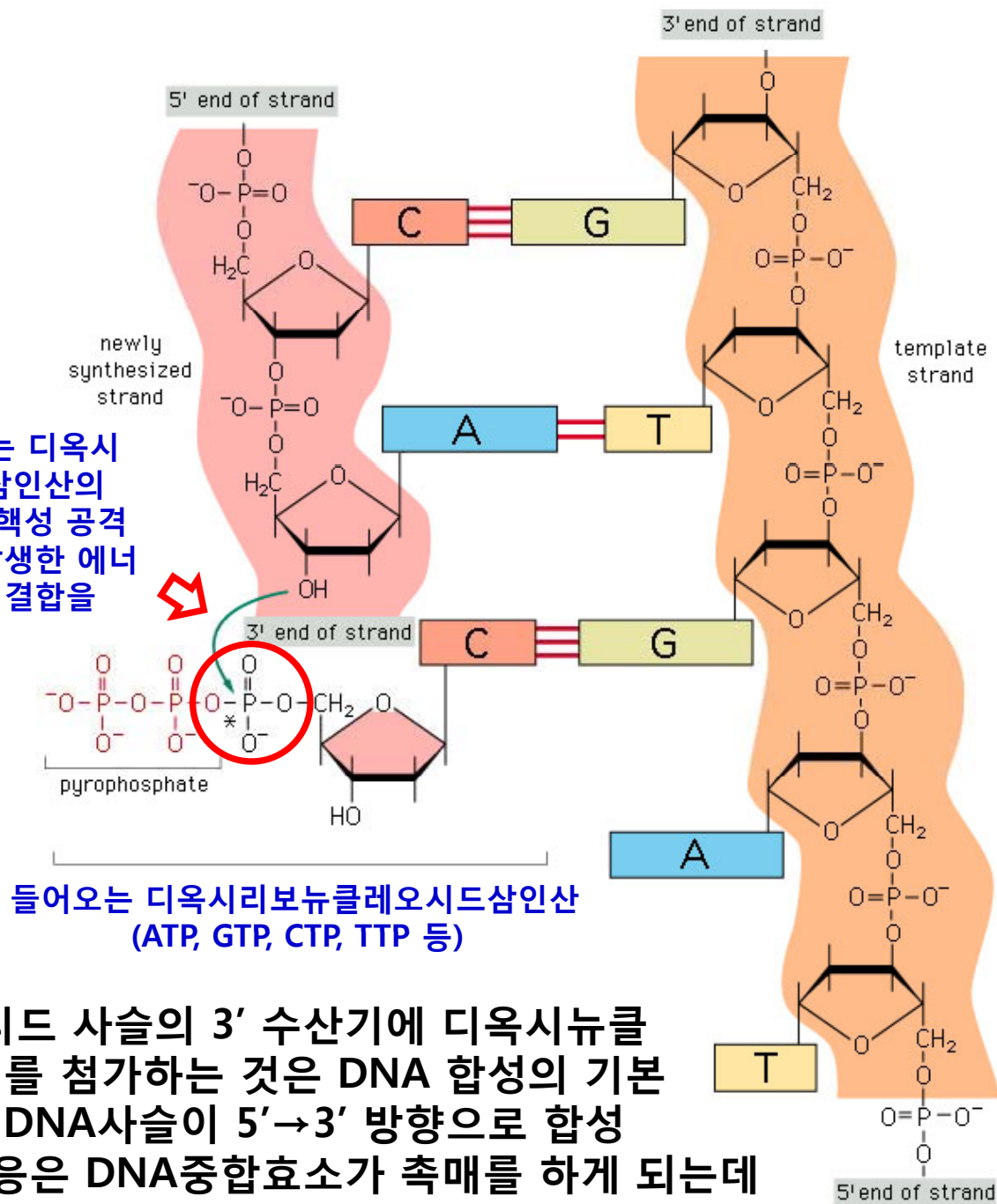


DNA의 등뼈(Backbone)를 구성하는 뉴클레오티드 한개를 확대해 보면 5탄당 한 몸체에 인산기와 염기가 붙어있는 구조로 되어 있습니다. DNA의 이중나선은 염기쌍이 당의 3' 수산(OH)기와 인접한 당의 5' 인산기 사이에 공유결합을 형성하면서 합성되는데, 여기서 중요한 것은 5탄당의 3' 수산(OH)기가 ATP의 인산기 2개를 친핵성 공격을 통해 끊어 주면서 그 에너지로 동시에 뉴클레오티드 결합을 가능케 한다는 점을 이해해야 합니다.

뉴클레오티드 결합을 하기 위해서는 에너지가 필요한데, ATP에 붙어있는 인산기 3개 중 두개를 잘라내어 무수인산기로 전환시키는 과정에서 발생하는 에너지를 결합에 사용하게 됩니다. 그림은 ATP의 인산기 2개가 떨어져 나가면서 DNA를 구성하는 AMP로 전환되는 것을 표시한 것인데, 이렇게 보면 "ATP는 에너지 단위인 동시에 정보 단위" 라는 중요한 사실을 바로 느낄수 있게 됩니다.

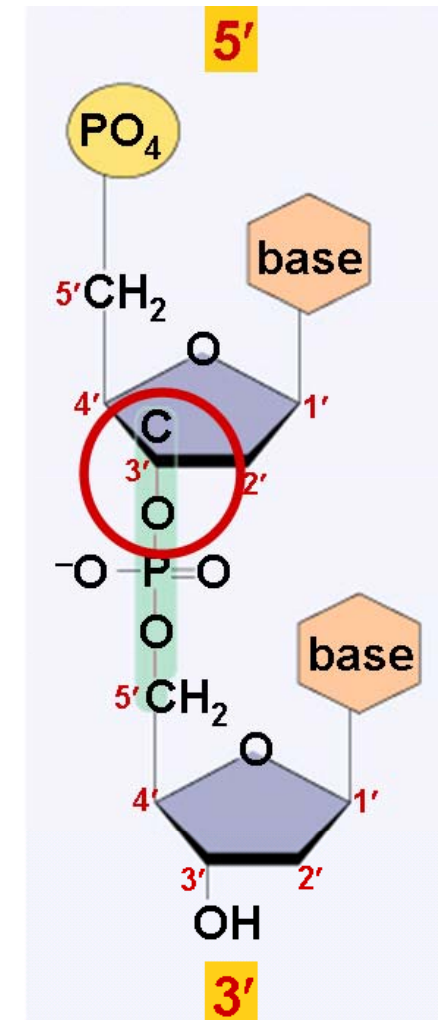


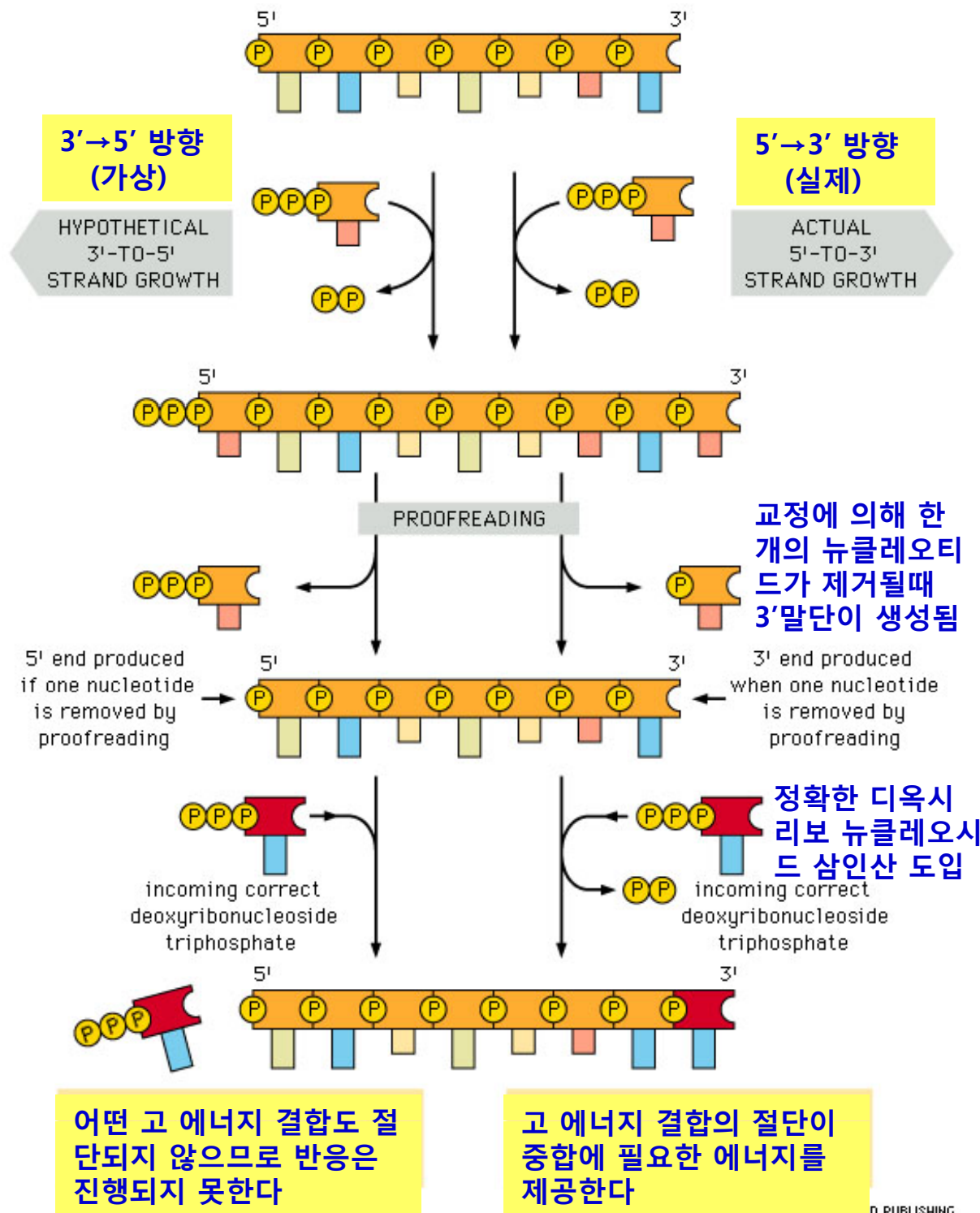
3' OH기가 들어오는 디옥시리보뉴클레오시드삼인산의 인산무수결합을 친핵성 공격으로 끊어내면서 발생한 에너지로 뉴클레오티드 결합을 가능케 함



들어오는 디옥시리보뉴클레오시드삼인산 (ATP, GTP, CTP, TTP 등)

폴리뉴클레오티드 사슬의 3' 수산기에 디옥시뉴클레오티드 한 개를 첨가하는 것은 DNA 합성의 기본적인 반응이며 DNA 사슬이 5' → 3' 방향으로 합성됩니다. 이 반응은 DNA 중합효소가 촉매를 하게 되는데 뉴클레오티드는 뉴클레오시드삼인산 형태로 반응에 관여합니다. 첨가될 뉴클레오시드삼인산의 인산무수결합(*부분)이 끊어지면 자유에너지가 방출되고, 이 에너지가 합성의 중합반응에 사용됩니다.



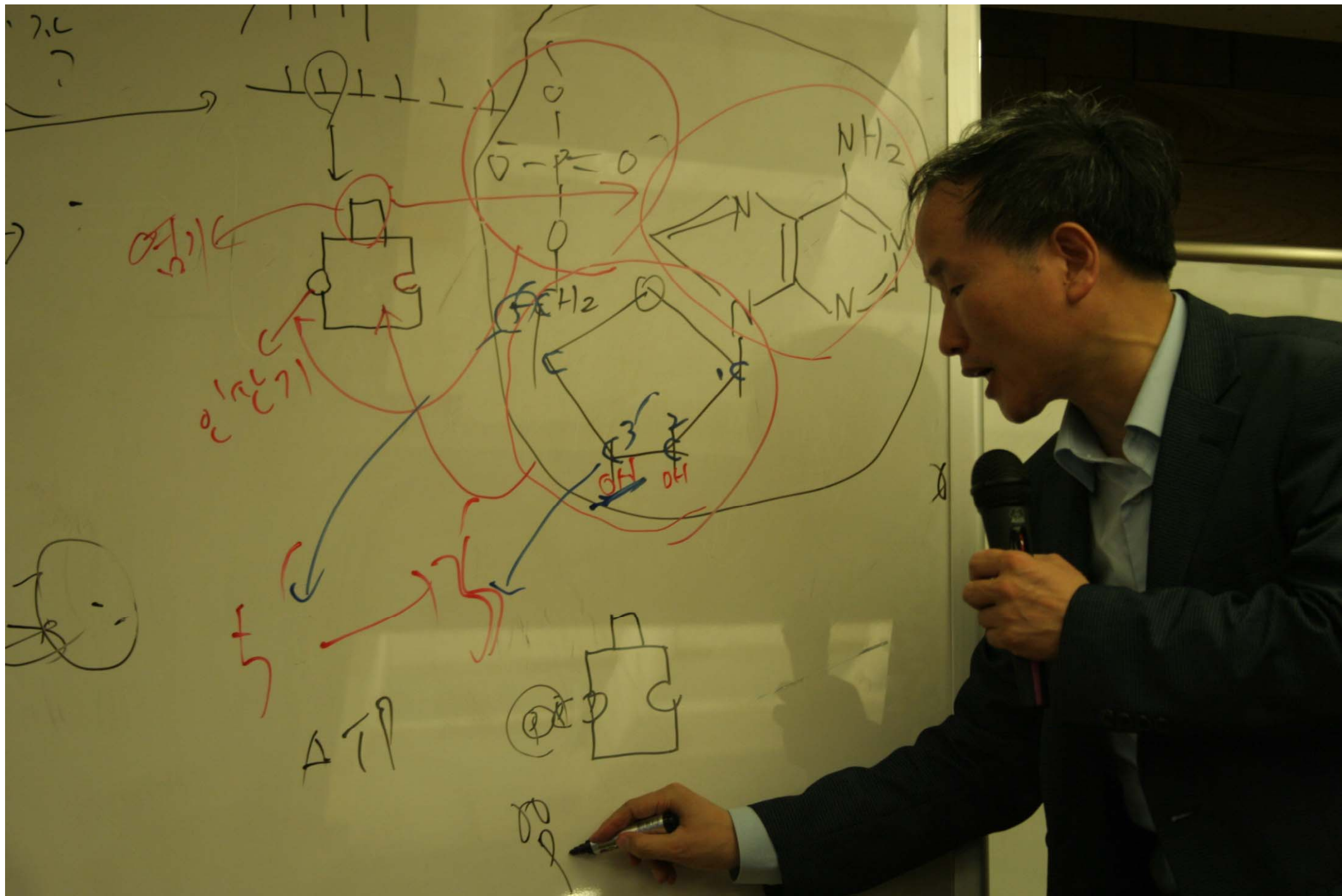


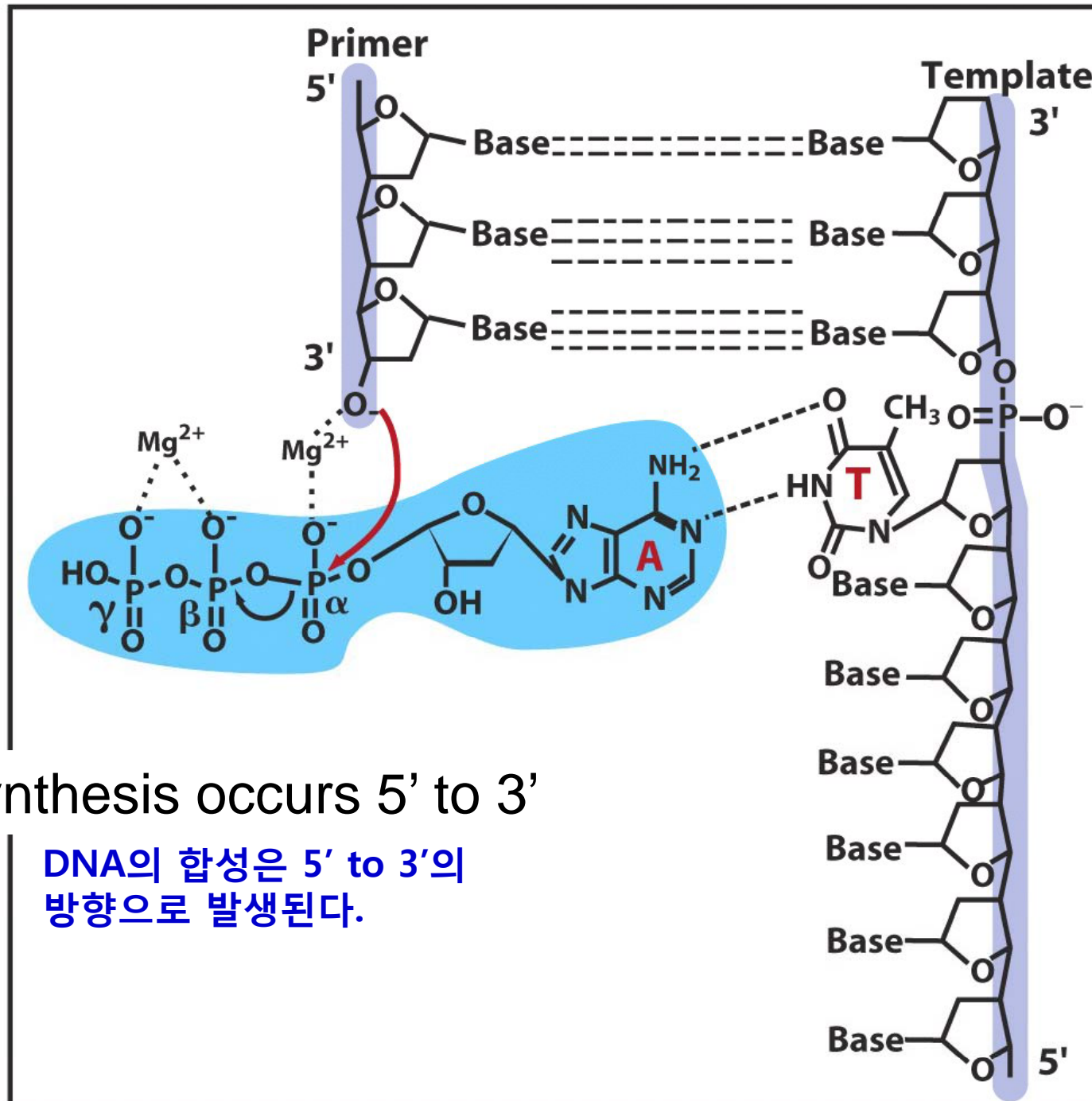
DNA 중합효소는 뉴클레오티드 합성을 하는 동안 자체교정기능을 가지고 있습니다.

중합효소는 한 개의 뉴클레오티드를 합성중인 DNA사슬에 첨가하기 전에 주형의 염기와 상보성을 점검하게 되는데 이 기능의 필요성 역시 왜 DNA 합성이 5'→3' 으로만 진행되는지를 잘 설명해 줍니다.

5'→3' 방향의 경우 발생한 중합 반응 오류가 교정되어 제거되어도 고에너지 결합의 절단이 중합에 필요한 에너지를 제공하여 지속적인 합성이 가능합니다.

반대인 3'→5'의 방향일 경우에는 이러한 반응이 촉발되지 않으므로 결합이 일어나지 않게 됩니다.





DNA synthesis occurs 5' to 3'

DNA의 합성은 5' to 3'의
방향으로 발생된다.

Growing RNA strand DNA template strand

인산디에스테르
결합 형성

Formation of
phosphodiester
bond

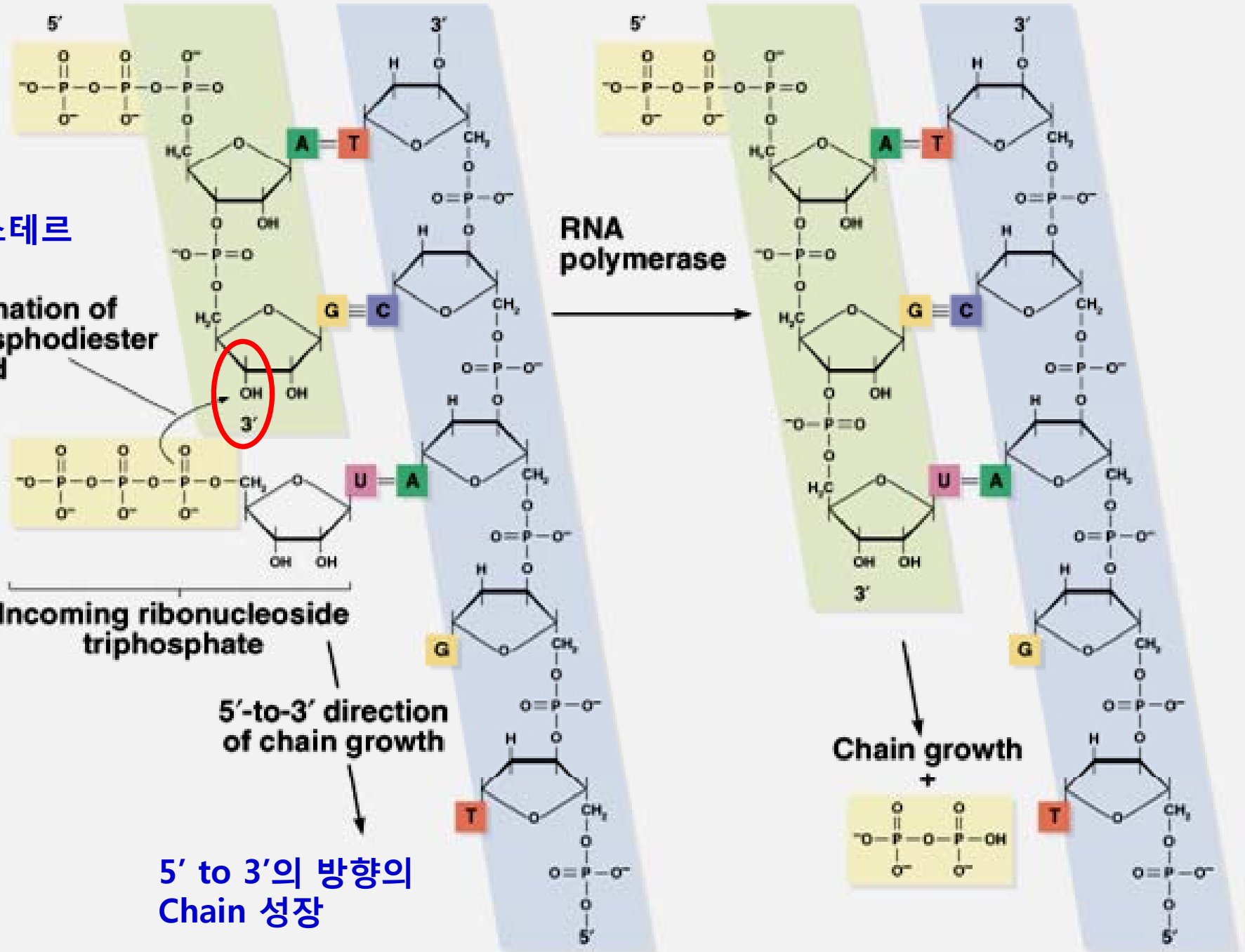
Incoming ribonucleoside
triphosphate

5'-to-3' direction
of chain growth

5' to 3'의 방향의
Chain 성장

RNA
polymerase

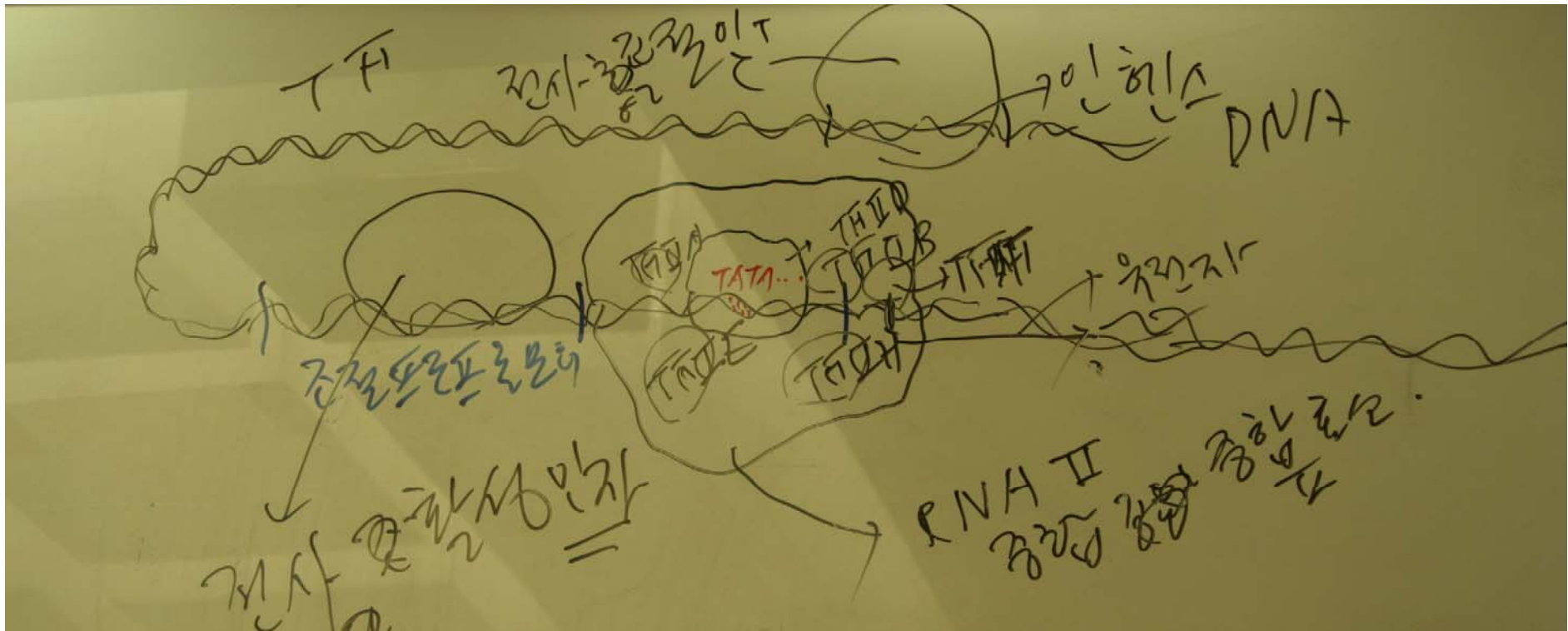
Chain growth
+



진핵생물의 유전자를 전사를 수행하는 RNA 중합효소는 다음의 세가지 유형이 있습니다.

- ① RNA 중합효소 I : rRNA의 전사를 만듦
- ② RNA 중합효소 II : mRNA의 전사를 수행
- ③ RNA 중합효소 III : tRNA의 전사를 수행

이 중 mRNA, 즉 유전자를 만드는 RNA중합효소II를 구성하는 전사조절인자는 Genomics의 핵심으로 매우 중요합니다.



DNA에서 전사가 시작되는 영역을 '핵심프로모터', 그 앞쪽에 붙은 영역을 '조절프로모터'라 하는데 RNA 중합효소II가 전사를 위해 안착하는 곳은 핵심프로모터의 특이한 염기서열로 되어 있는 '**TATA Box**'인데 이것이 RNA 중합효소II가 결합하는 표지서열입니다. 이 결합을 위해서는 보편전사인자(general transcription factor ; TFIIID)라는 유도체가 필요합니다.

TFIID의 구성 성분에는 TATA 서열을 인식해주는 TATA결합단백질(TBP)이 있는데 TFIID가 DNA에 결합하면 RNA중합효소II와 다른 보편전사인자(TFIIA, B, F, E, H)들이 차례로 결합하여 완전한 전사개시복합체를 형성하여 전사를 개시하게 됩니다.

Initiation of Transcription in Eukaryotes- Transcription Factors

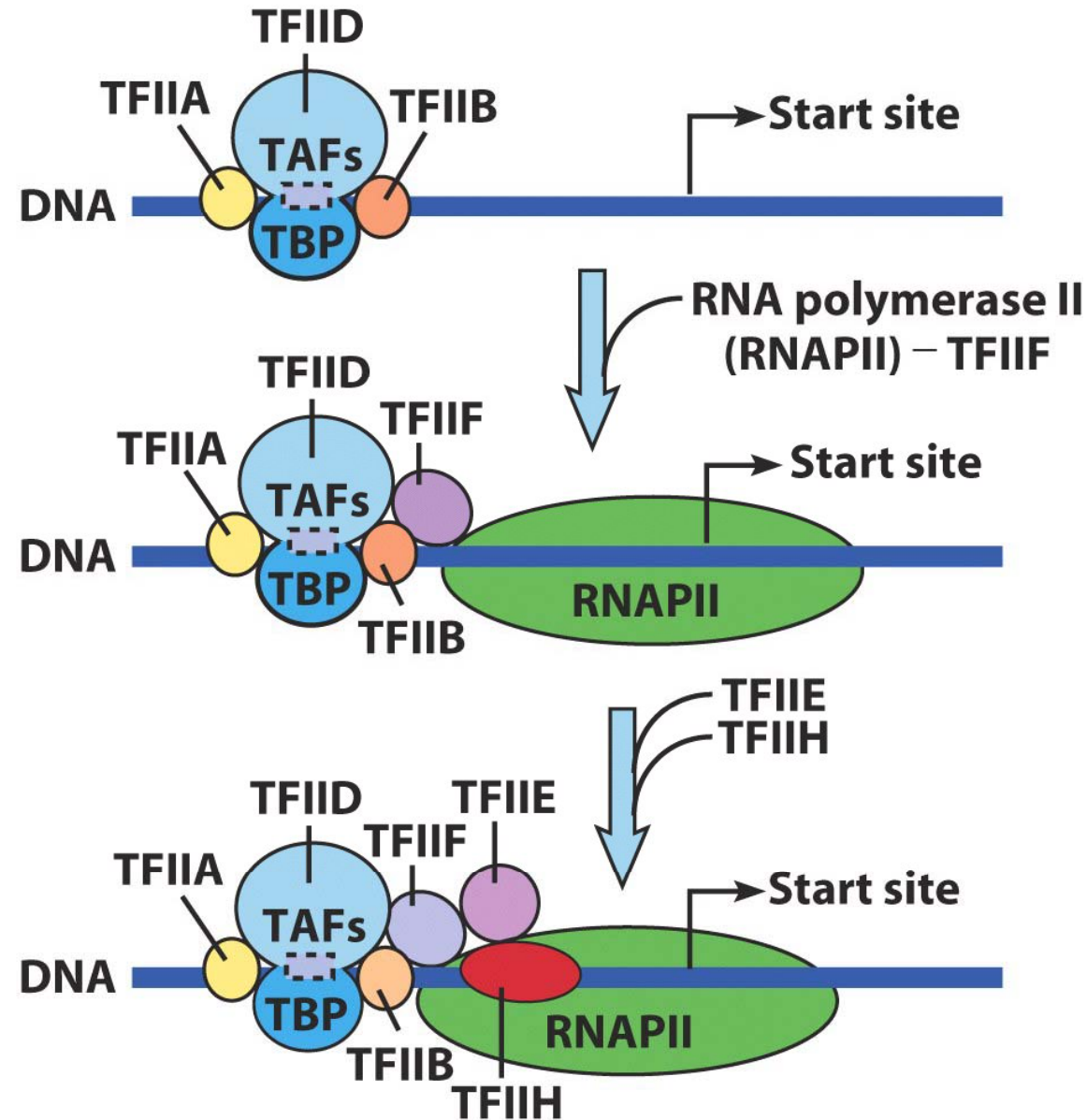
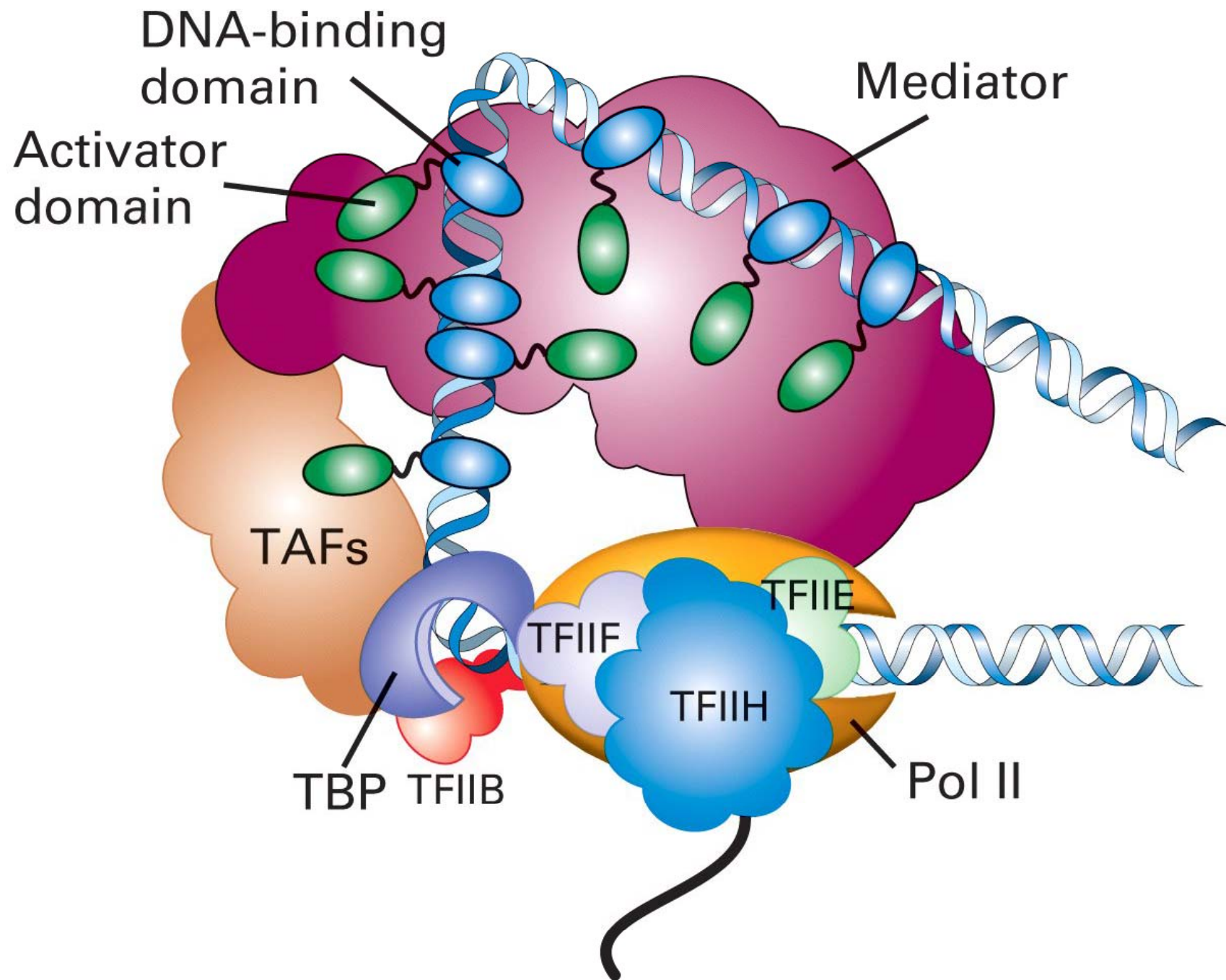


Figure 11-18b part 2 Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons)



진핵생물의 유전자 발현을 조절하는 것을 조절단백질이라 부르는데, 이 활성인자 결합부위를 Enhancer라고 합니다. Enhancer는 프로모터로부터 멀리 떨어져 원 거리에서도 조절을 하게 되며 DNA가 고리모양으로 구불어짐으로써 보편전사인자와 조절단백질이 서로 접촉할 수 있게 됩니다.

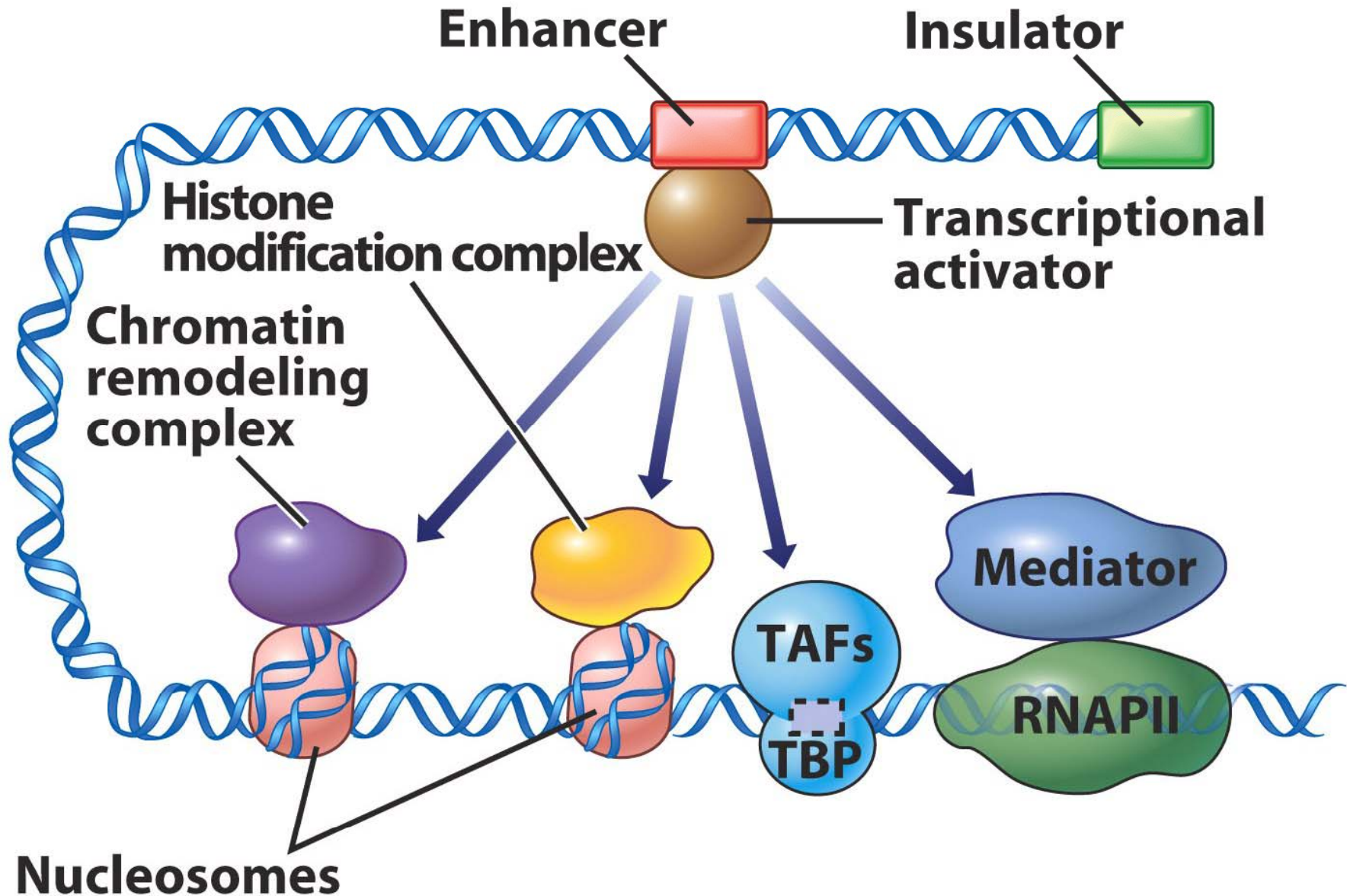


Figure 12-45 Cell and Molecular Biology, 4/e (© 2005 John Wiley & Sons)

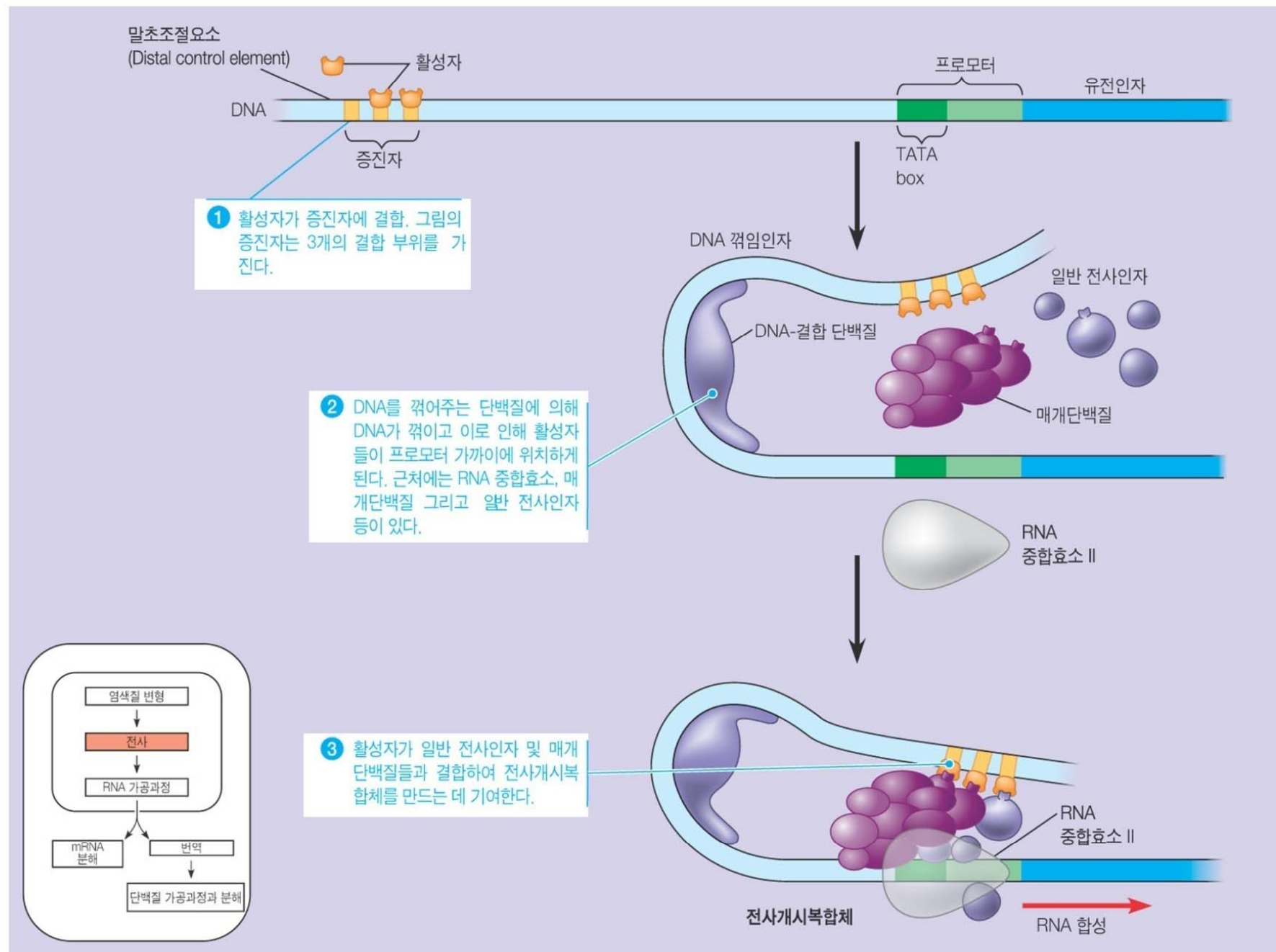
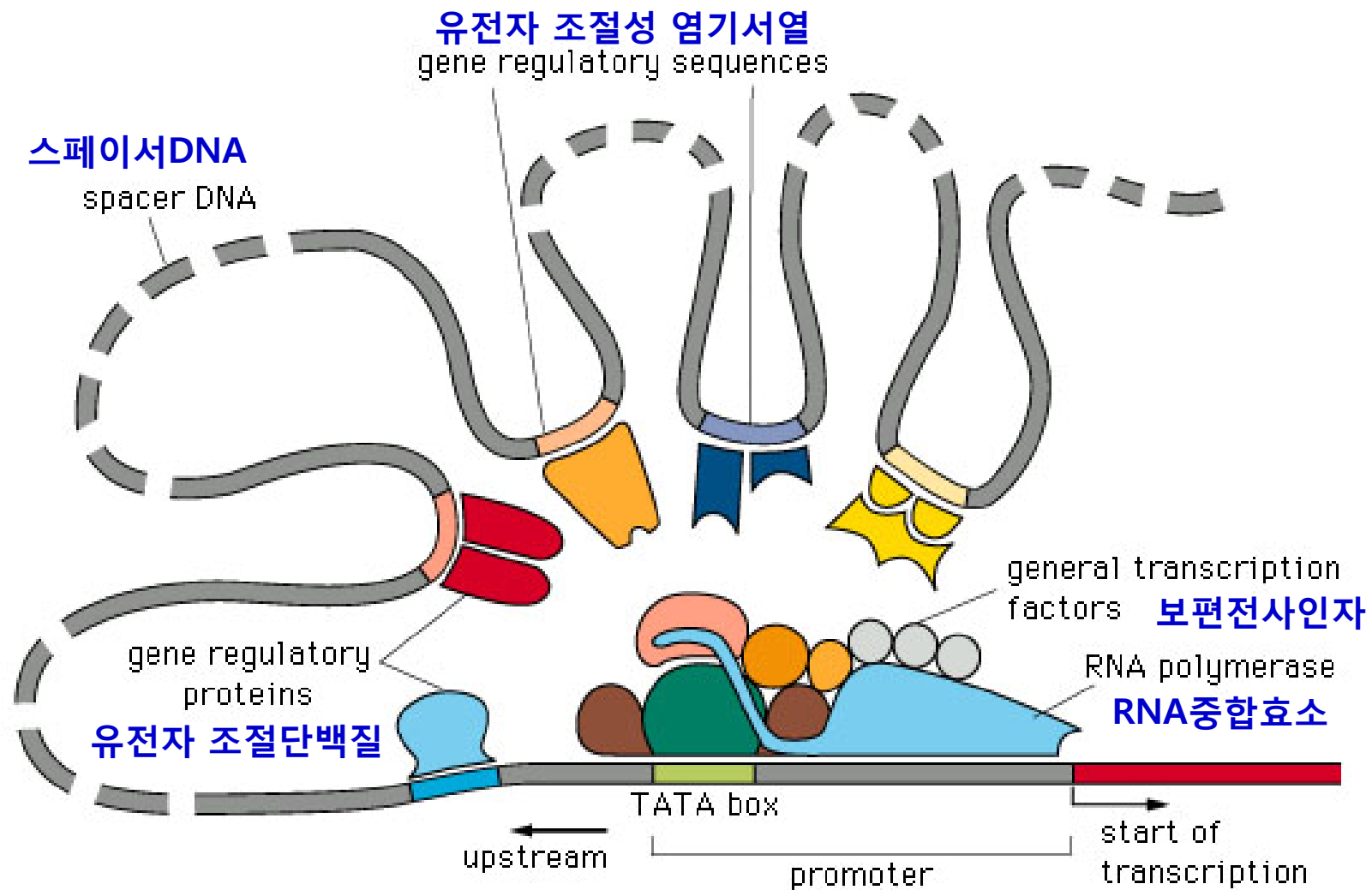


그림 19.6 인핸서와 활성자의 역할



©1998 GARLAND PUBLISHING

조절성 단백질들은 서로 협력하여 복합체를 형성함으로써 진핵생물의 유전자 발현을 조절합니다. RNA 중합효소가 전사하는 유전자의 프로모터에 결합하는 보편전사인자는 모든 유전자에서 동일한 반면, 유전자 조절단백질과 그들의 결합 부위는 유전자에 따라 다릅니다. 이 유전자 조절단백질은 통합적으로 전사개시율을 결정하는 역할을 합니다.

정리 : DNA 전사(Transcription)와 번역(Translation)

Transcription **Translation**

DNA → mRNA → Protein

occurs in nucleus **occurs on ribosome**

① 전사(Transcription) :

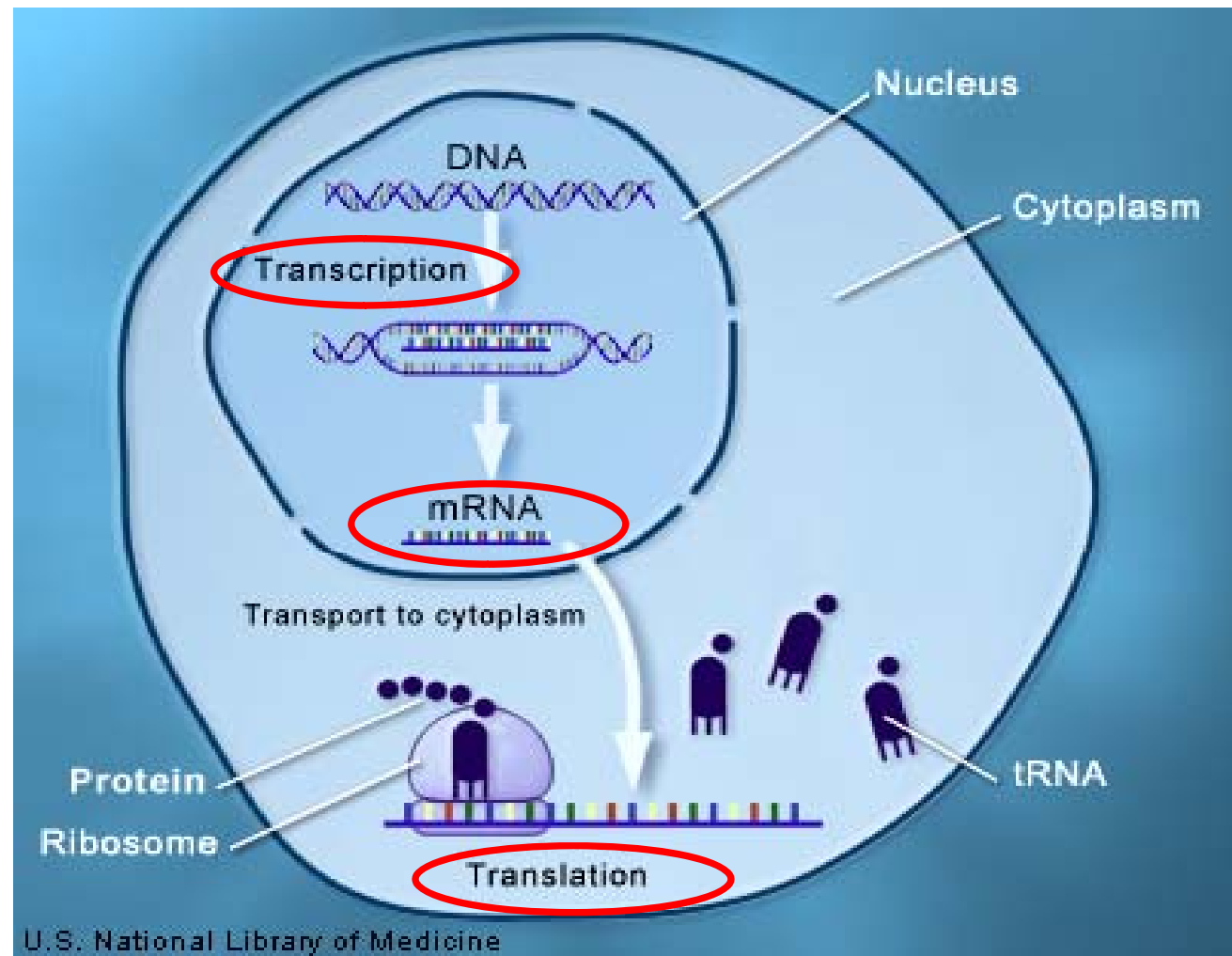
DNA정보를 이용하여
RNA를 만드는 과정

→ RNA 중합효소가
담당

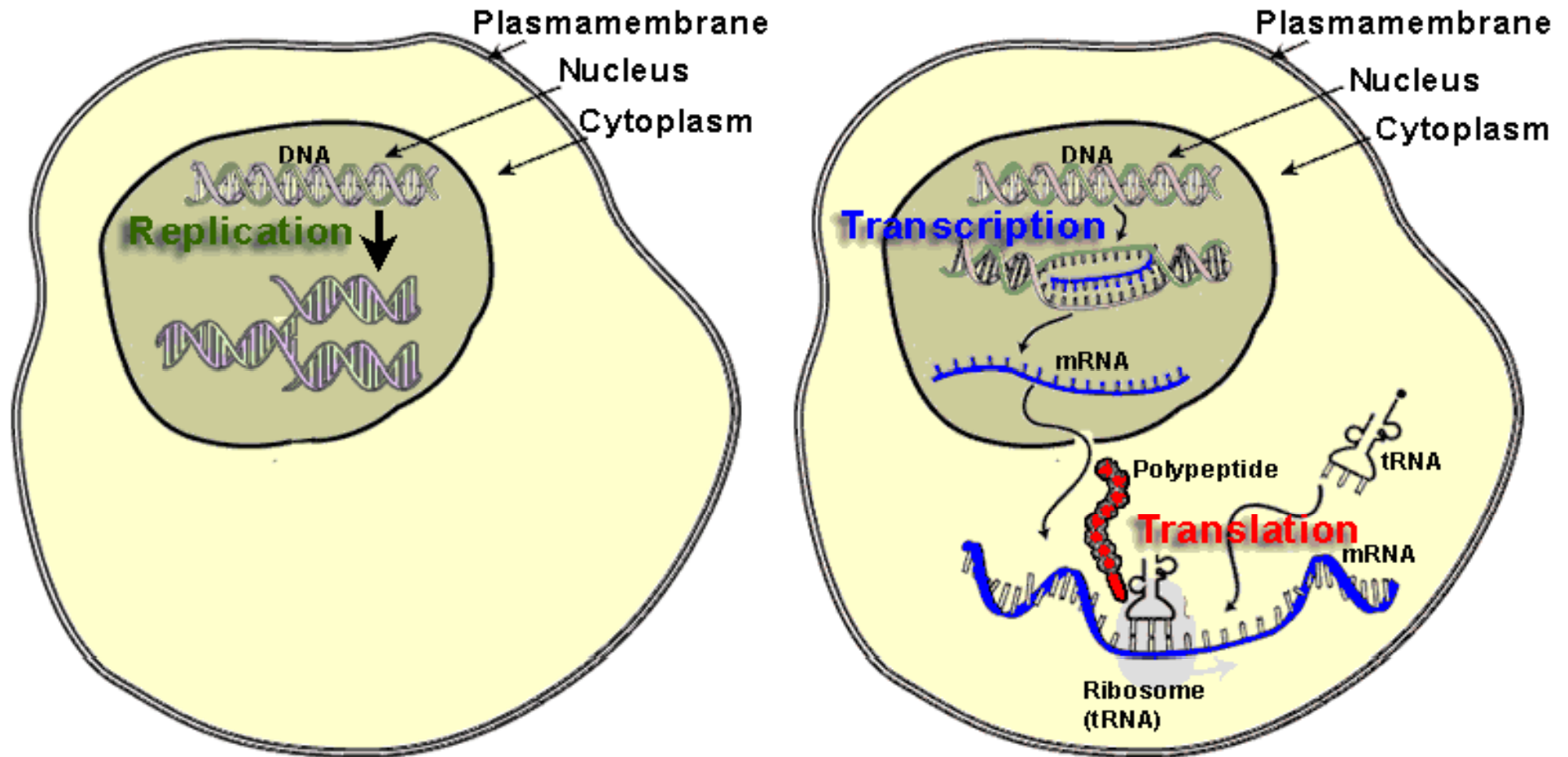
② 번역(Translation) :

RNA (mRNA) 정보를
이용하여 단백질을
합성 과정

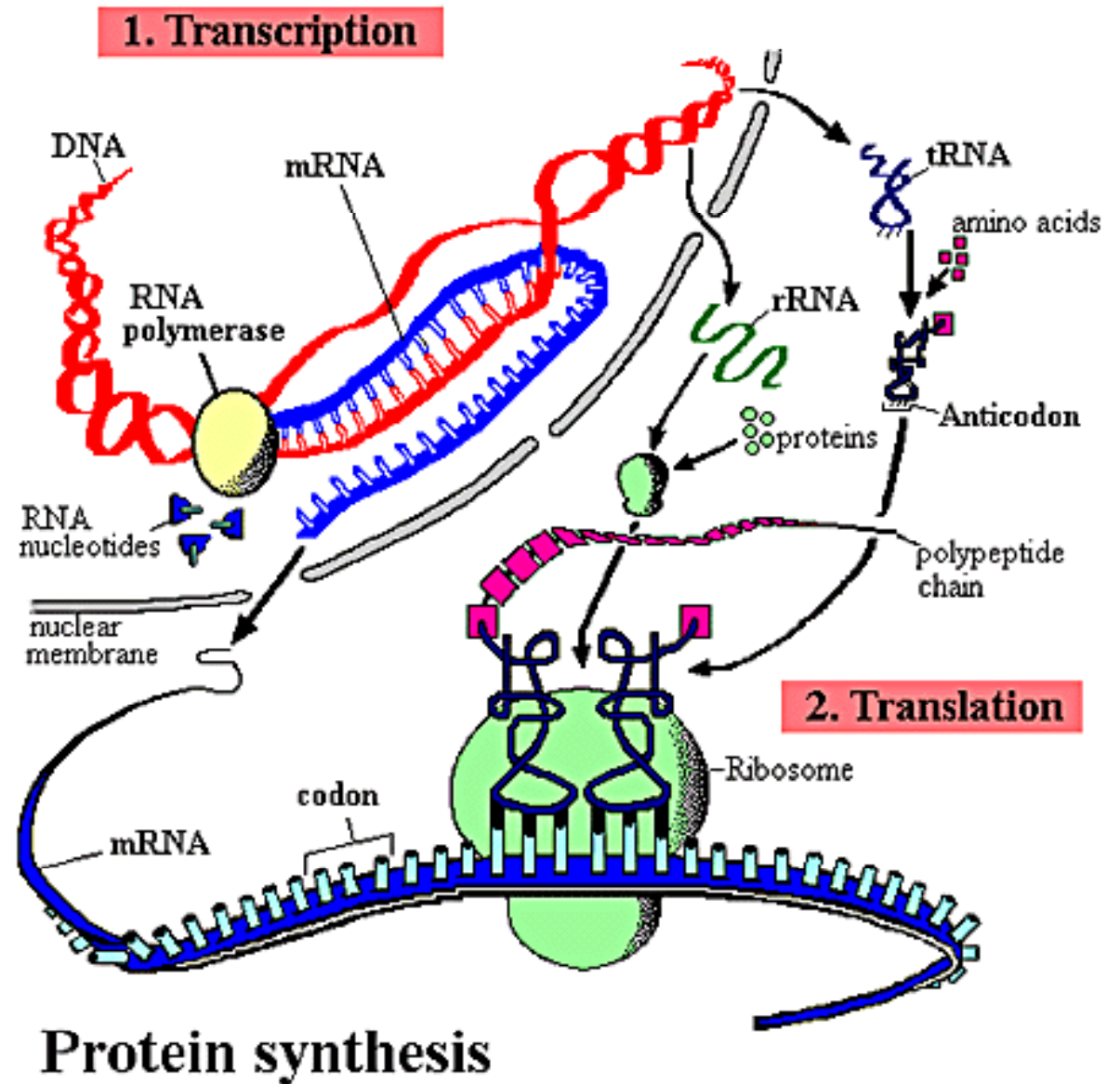
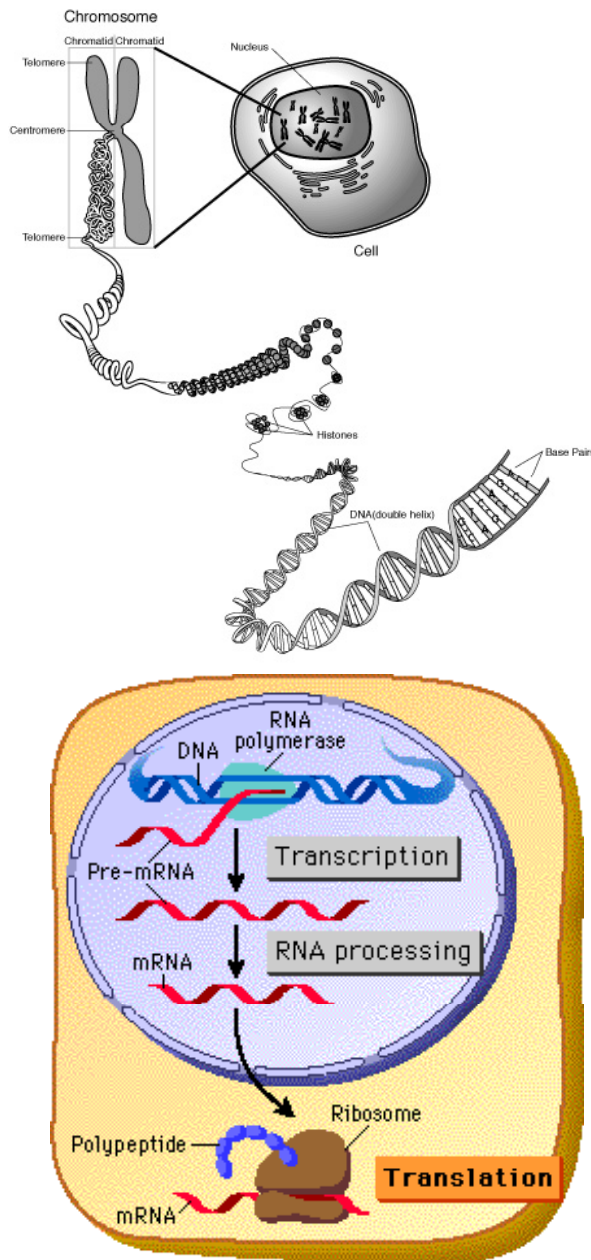
→ Ribosome 에서
만들어짐



DNA의 복제, 전사, 번역이 일어나는 위치



DNA 복제(Replication)와 전사(Transcription) → 세포의 핵 속에서 일어나는 과정
DNA 번역(Translation) → 세포질 속에서 일어나는 과정



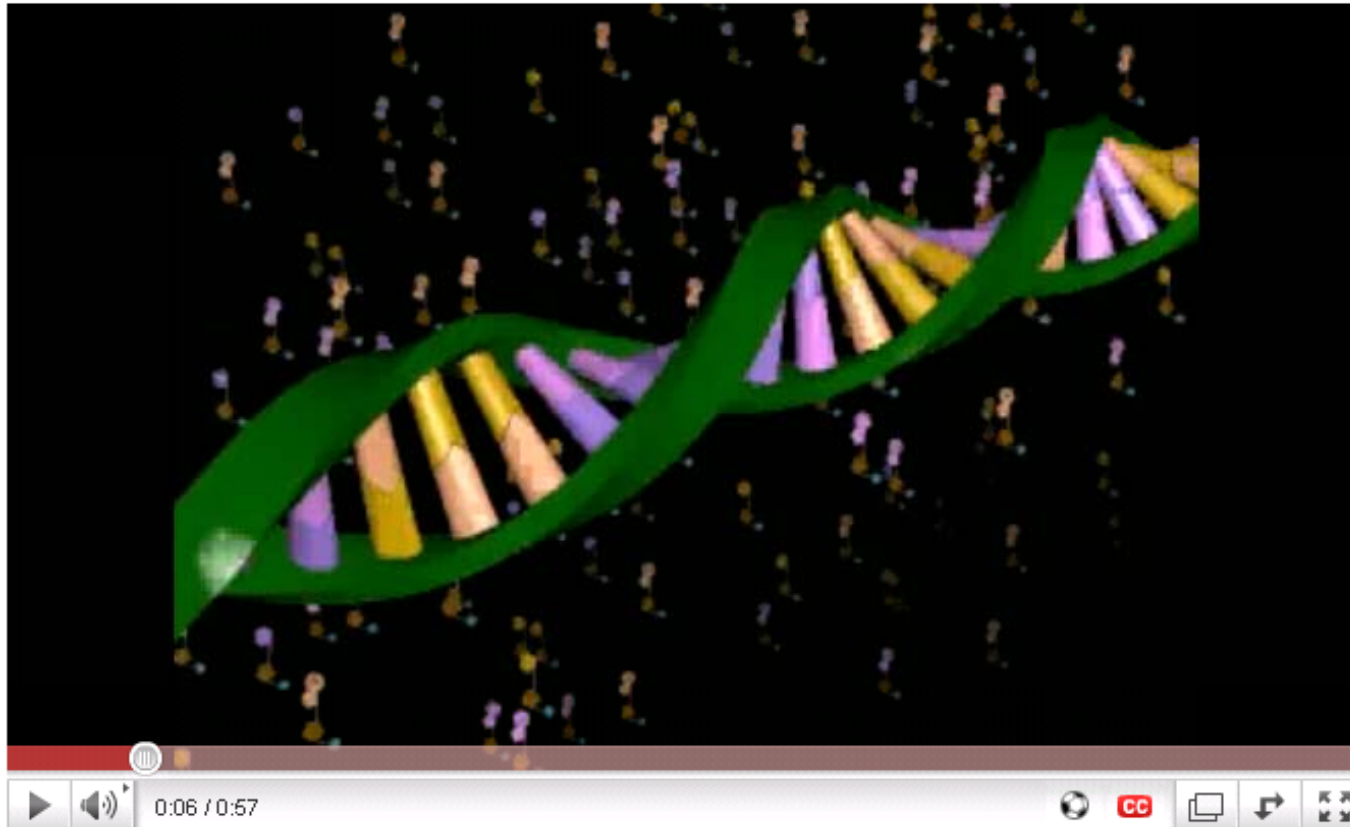
이제까지 설명한 전사(Transcription)와 번역(Translation)의 과정을 동영상 통해 감상해 보도록 하겠습니다.

DNA Transcription

pseowsy

동영상 4개

구독하기



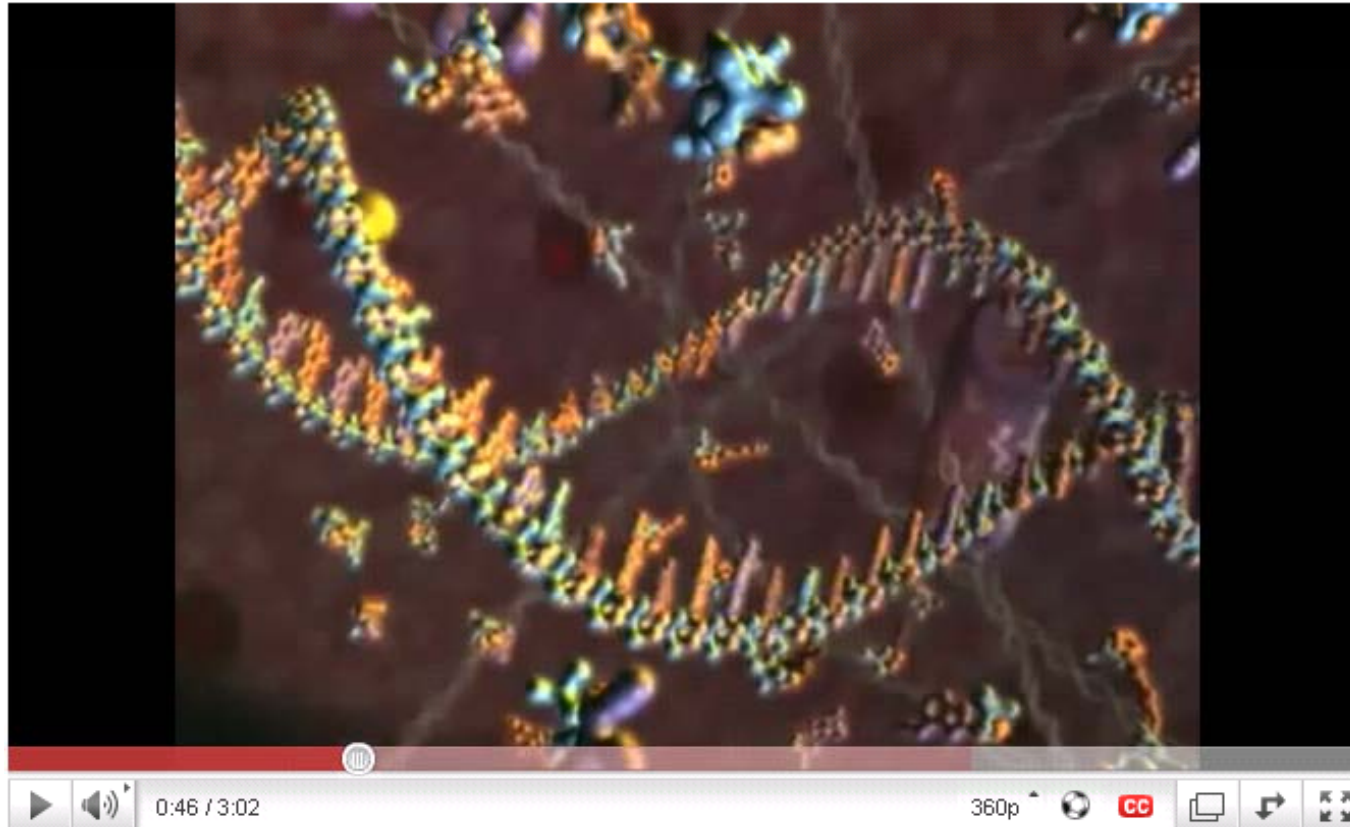
```
<object width="1024" height="768"><param name="movie"
value="http://www.youtube.com/v/vJSmZ3DsntU&hl=ko_KR&fs=1"></param><param name="allowFullScreen"
value="true"></param><param name="allowscriptaccess" value="always"></param><embed
src="http://www.youtube.com/v/vJSmZ3DsntU&hl=ko_KR&fs=1" type="application/x-shockwave-flash"
allowscriptaccess="always" allowfullscreen="true" width="1024" height="768"></embed></object>
```

DNA Transcription and Protein Assembly

redandbrownpaperbag

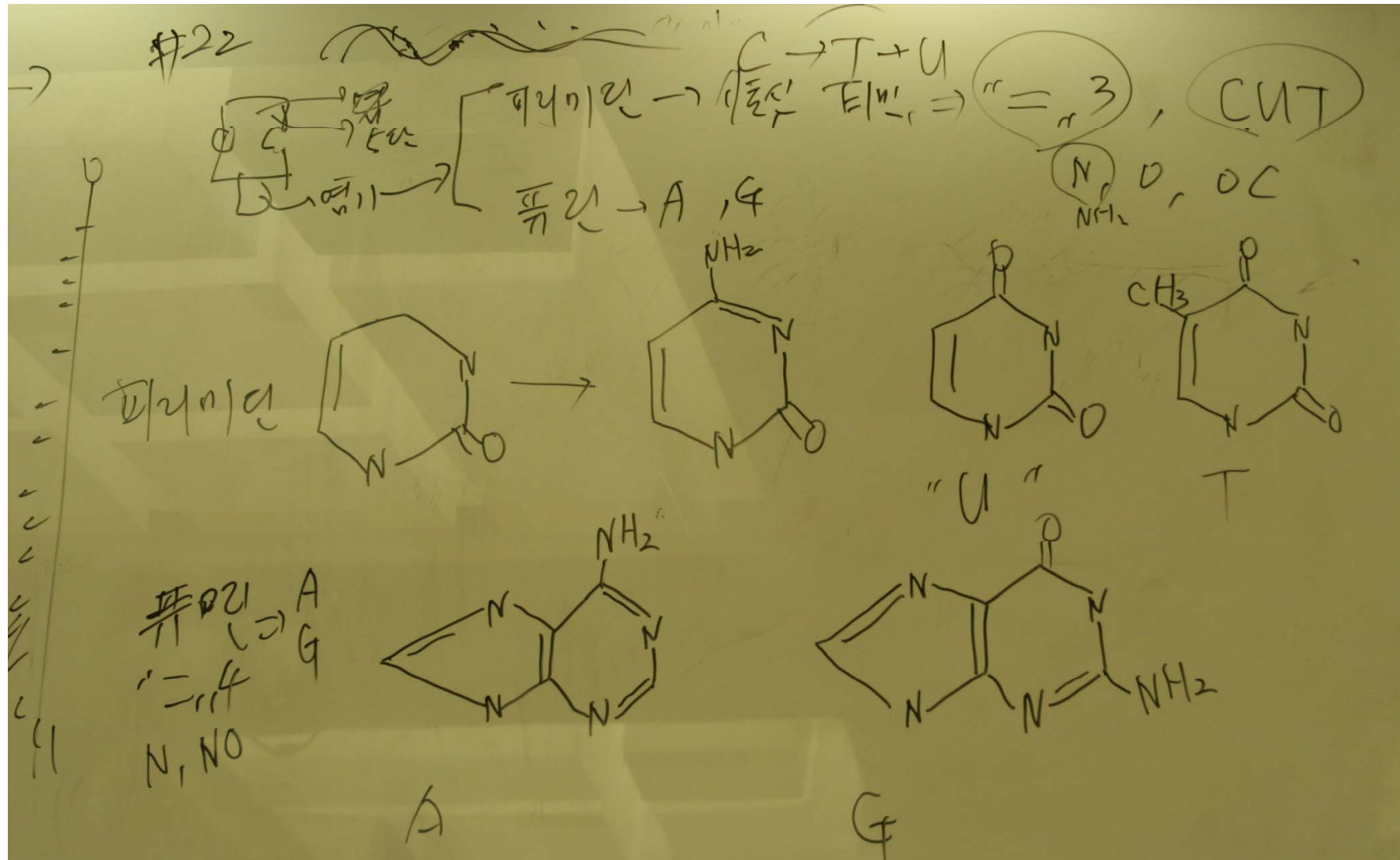
동영상 8개

구독하기



```
<object width="1024" height="768"><param name="movie"
value="http://www.youtube.com/v/983lhh20rGY&hl=ko_KR&fs=1"></param><param name="allowFullScreen"
value="true"></param><param name="allowscriptaccess" value="always"></param><embed
src="http://www.youtube.com/v/983lhh20rGY&hl=ko_KR&fs=1" type="application/x-shockwave-flash"
allowscriptaccess="always" allowfullscreen="true" width="1024" height="768"></embed></object>
```

핵심기억-#21 : DNA의 구조



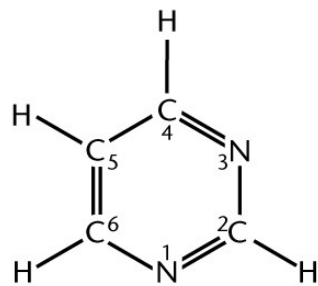
DNA는 나선구조를 이루는 뼈대(Backbone chain)와 염기(Nucleobase)로 구성됩니다. 뼈대는 단당류인 디옥시리보오스(Deoxyribose)에 인산기(Phosphate)가 결합되어 긴 사슬과 같은 형태를 띄고 있는데, 염기는 퓨린(purine), 피리미딘(pyrimidine) 두 종류가 있습니다.

퓨린에는 아데닌(Adenine)과 구아닌(Guanine)이 있고, 피리미딘에는 시토신(Cytosine), 티민(Thymine), 우라실(Uracil)이 있는데 이 중 우라실은 DNA 에는 존재하지 않으며, RNA 에만 존재하는 염기이다. 이들 염기의 구조는 필수적으로 암기해야 할 지식으로서 빠른 암기를 위해 아래의 속성정리를 활용하시면 도움이 됩니다.

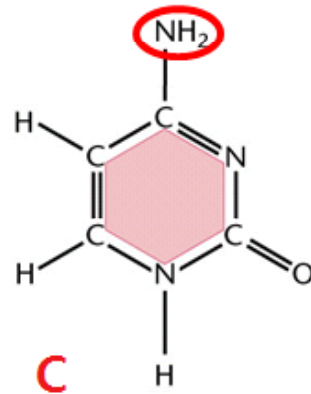
Pyrimidines

“ = “ x 3, CUT, N/O/OC

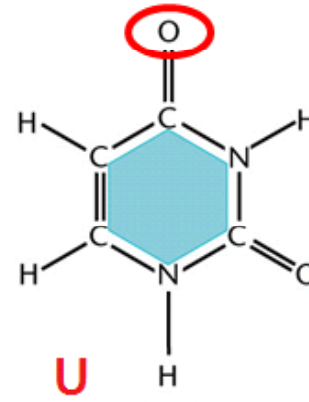
각각 이중결합이 3개씩이고, C에 NH₂, U에 O, T에 O와 CH₃가 붙음



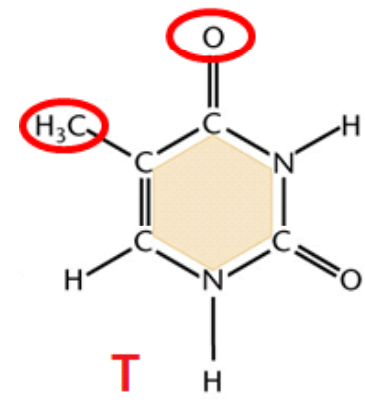
Pyrimidine ring



Cytosine



Uracil

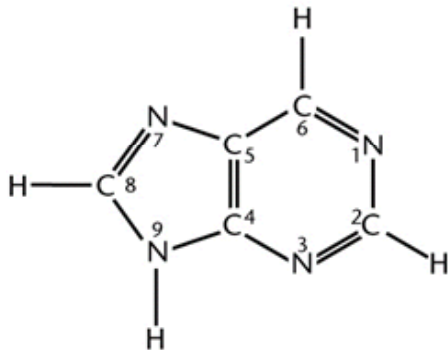


Thymine

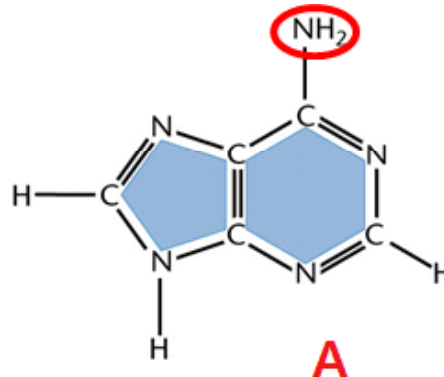
Purines

“ = “ x 4, AG, N/NO

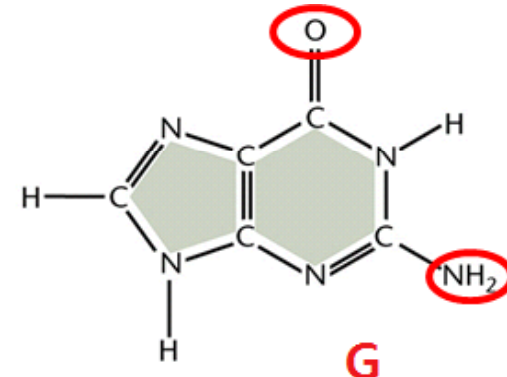
각각 이중결합이 4개씩이고, A에 NH₂, G에 O와 NH₂가 붙음



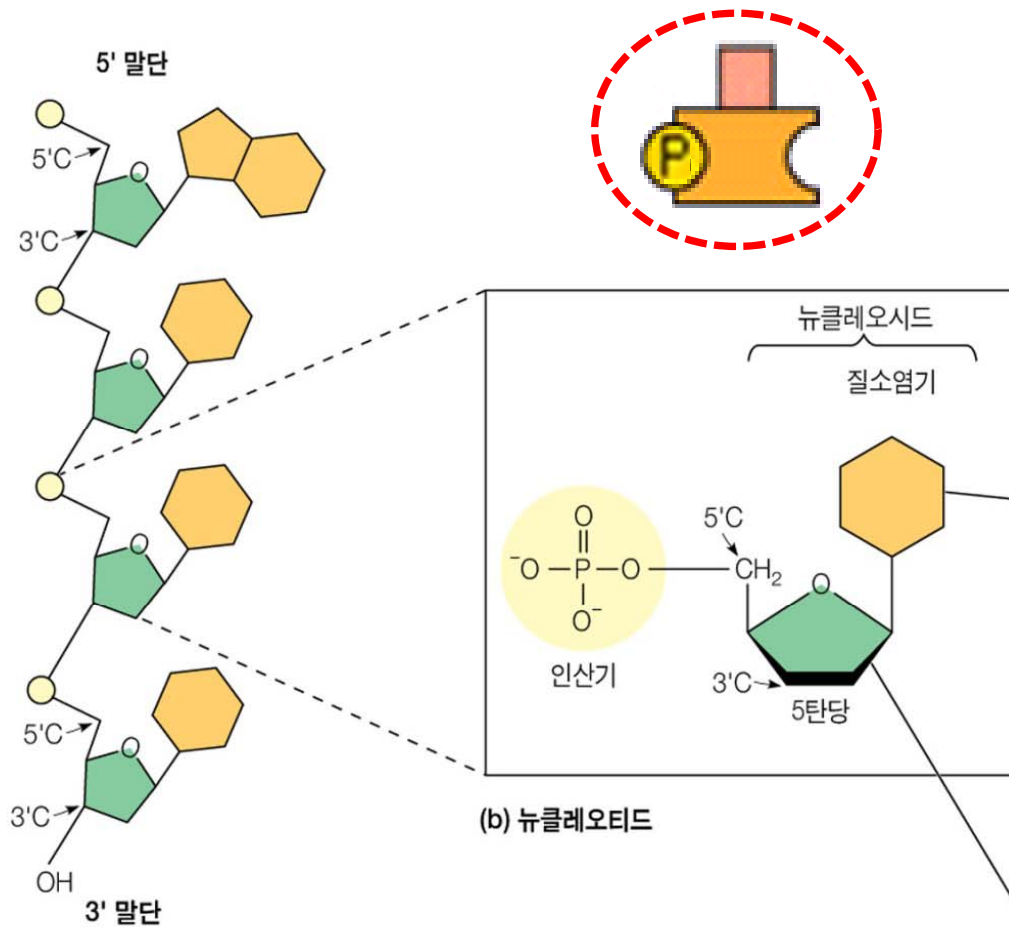
Purine ring



Adenine

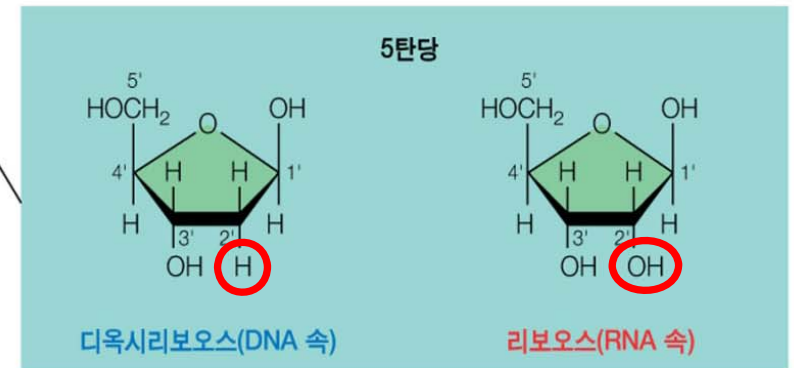
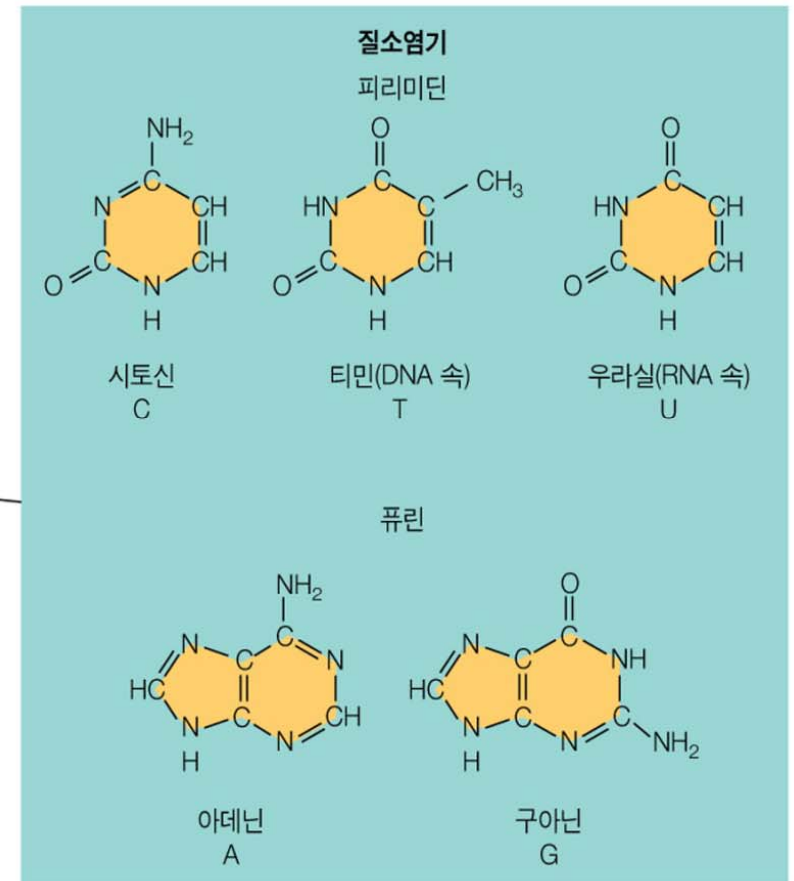


Guanine



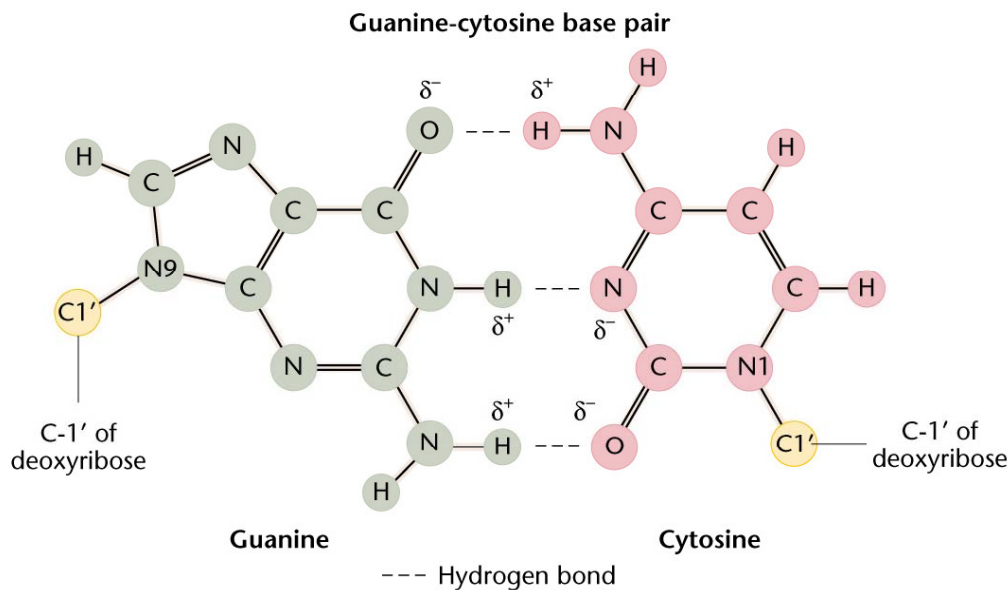
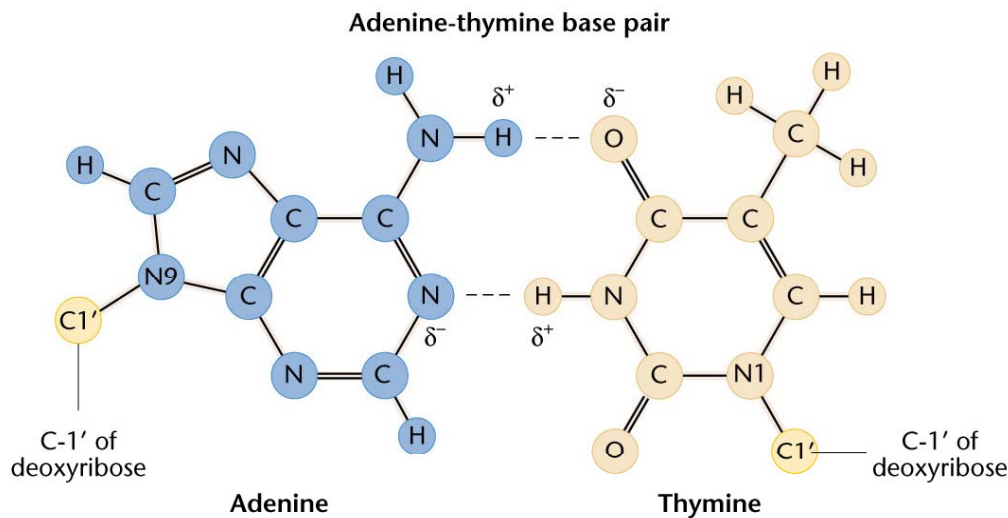
(a) 폴리뉴클레오타이드 또는 핵산

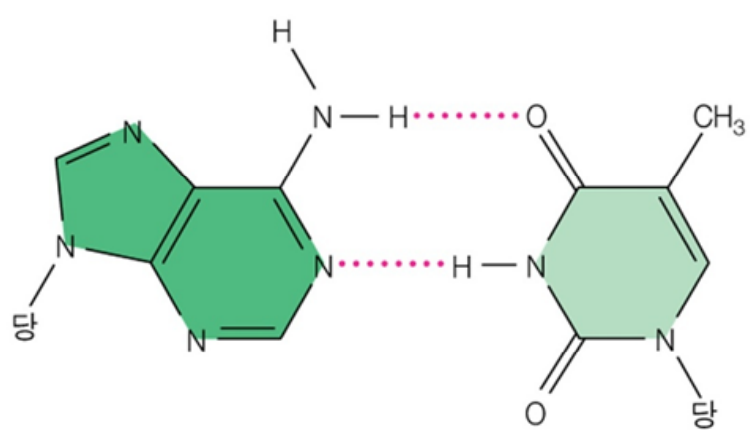
뉴클레오타이드는 5탄당에 인산기와 염기가 결합된 구조로 되어 있으며, 수산기(OH)를 가진 리보오스가 붙으면 RNA, 수소(H)를 가진 디옥시리보오스가 붙으면 DNA가 됩니다.



(c) 뉴클레오타이드 구성성분

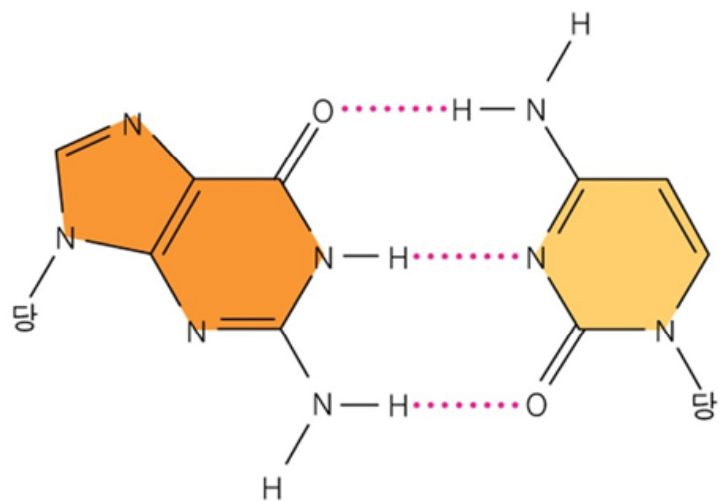
DNA가 이중나선을 이루고 있을 때, 각각의 퓨린은 하나의 피리미딘과 수소 결합을 통해 결합합니다. 즉, A와 T, G와 C가 항상 짝을 이루어 존재하게 되는데 이러한 수소 결합은 DNA의 이중 나선구조를 안정하게 만들어 주는 힘입니다. 이 때, G와 C의 결합 사이에는 3개의 수소결합이, A와 T의 결합에는 2개의 수소결합이 존재하며, 따라서 G와 C사이의 결합이 더 강하게 됩니다. 이러한 염기쌍끼리의 결합을 DNA의 상보성이라고 부르며, 이 상보성이 DNA의 정보 저장, 복제, 전사 등에 기여를 하는 요소입니다.





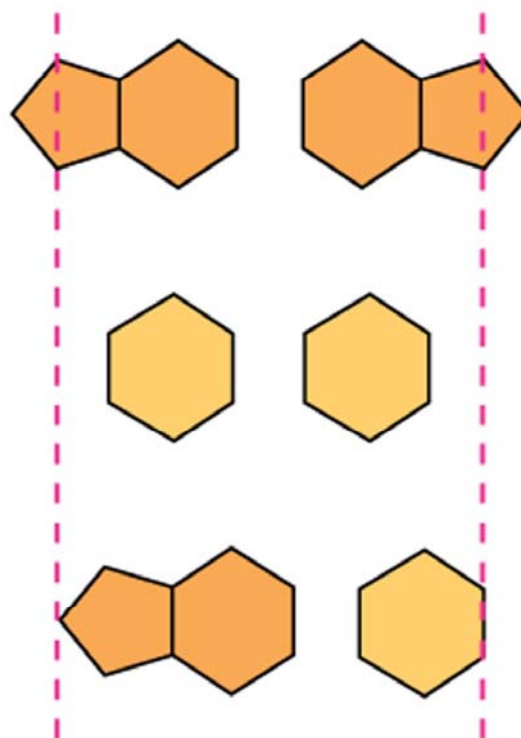
아데닌(A)

티민(T)



구아닌(G)

시토신(C)

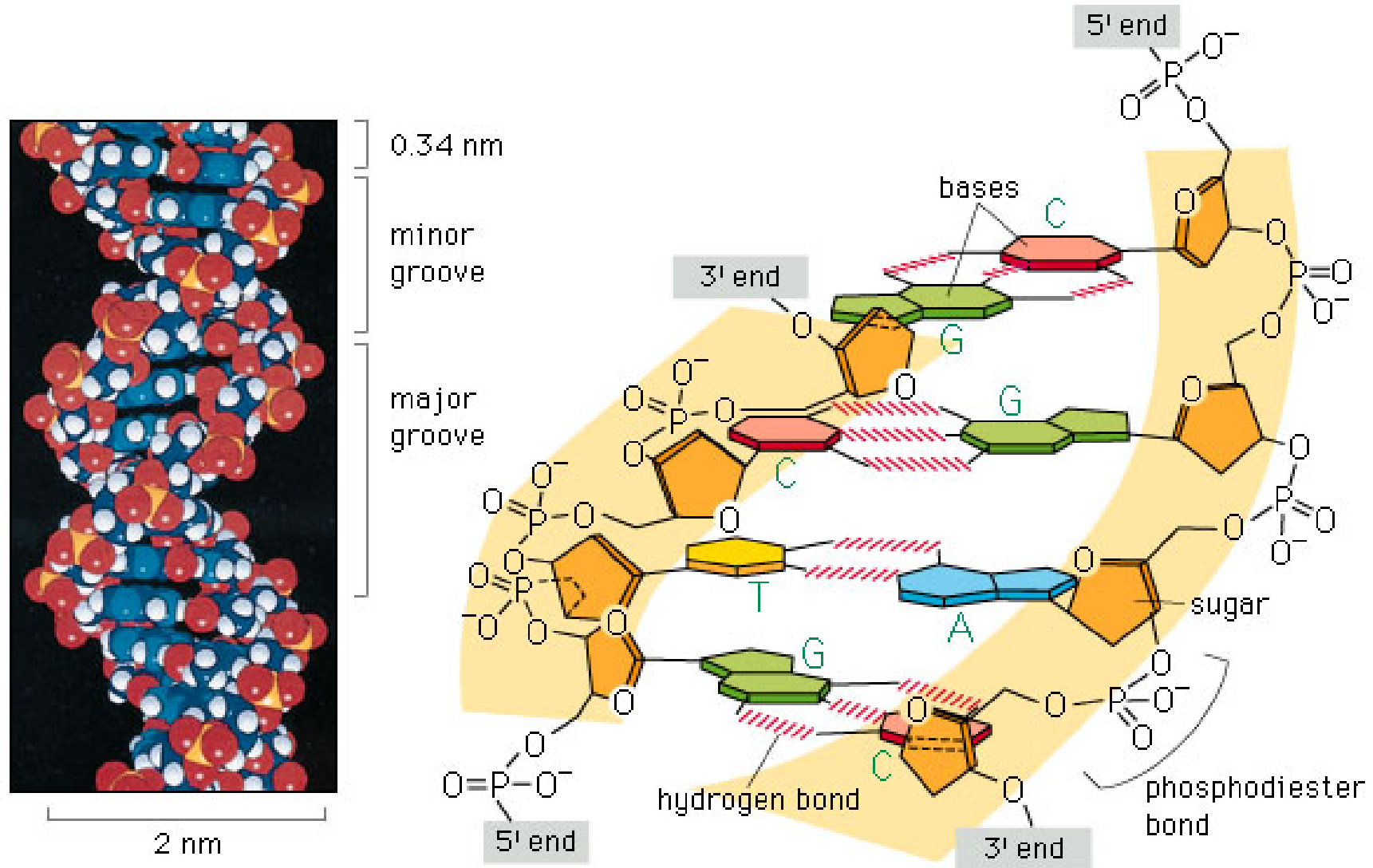


퓨린 + 퓨린: 너무 넓음

피리미딘 + 피리미딘: 너무 좁음

퓨린 + 피리미딘: X-선 자료와
부합하는 넓이

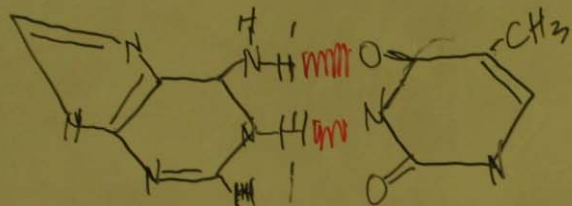
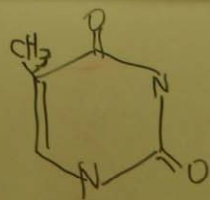
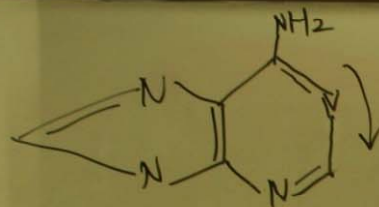
DNA의 이중나선 구조의 두 가닥은 염기쌍에 의해 연결되는데, 그림에서 보면 4개의 염기쌍이 당의 3' 수산기와 인접한 당의 5' 인산기 사이에 형성된 인산디에스테르결합에 의해 공유결합되고 따라서 각 사슬은 화학적 극성을 갖게 됩니다. 즉, 3' 말단은 당의 3' 위치에 수산기를 갖고 있고 5' 말단은 당의 5' 위치에 인산기를 갖는 것입니다.



(A)

(B)

A = T

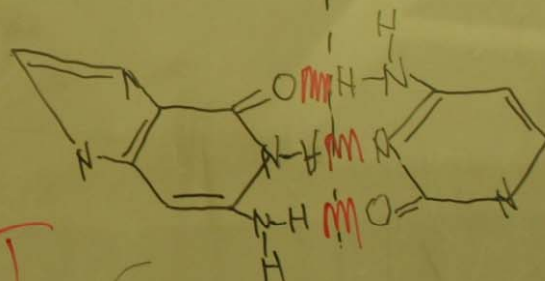
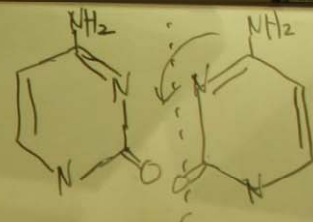
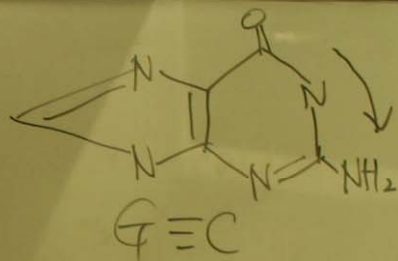


A

T

0.27 nm

A = T



G = C

