

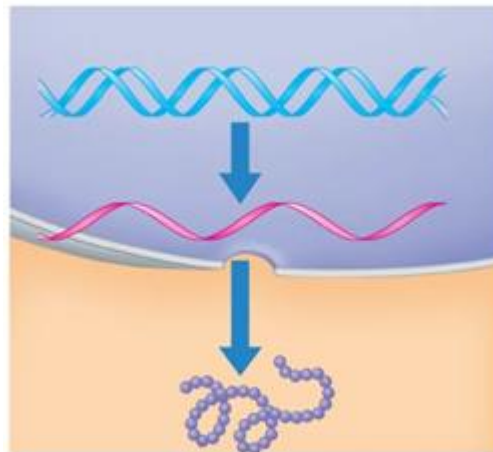
10-1장 유전자의 분자생물학



유전물질의 구조



DNA 복제



DNA에서 RNA로 그리고
단백질로 전달되는 유전정보

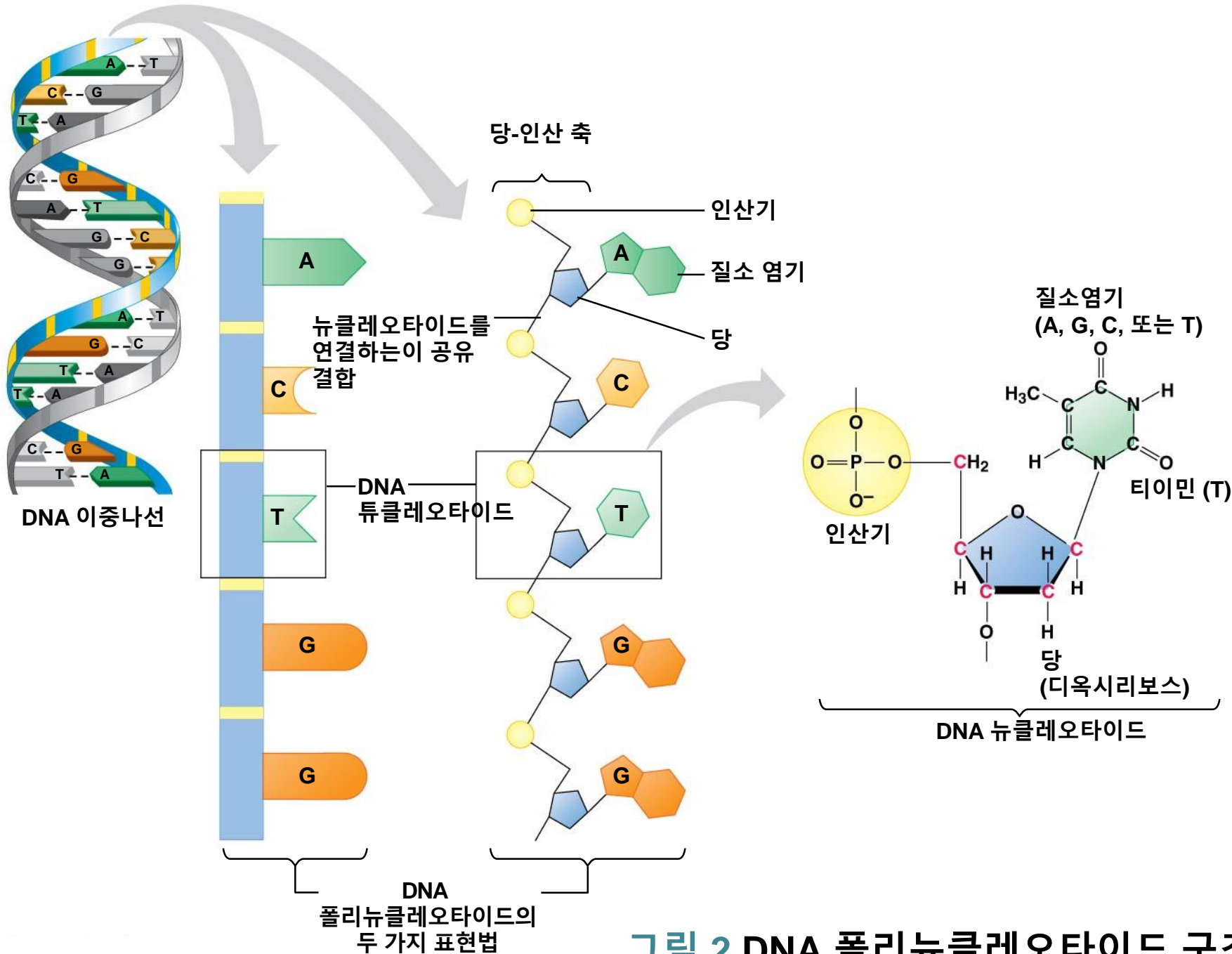
유전물질의 구조

1. 실험을 통해 DNA가 유전물질이라는 사실을 알았다

- 20세기 초만 하더라도 유전과 관련된 분자가 무엇인지를 알아내는 것은 매우 어려운 과제였다.
- 1928년,그리피스는 죽은 병원성 균주 박테리아를 살아 있는 비병원성 균주 박테리아와 섞었더니,
 - 살아있는 박테리아 중 일부가 병원성으로 변화되었고
 - 새롭게 획득한 질병 생성능력은 형질전환된 개체의 모든 자손에게 유전되었다.

2. DNA와 RNA는 뉴클레오타이드의 중합체다

- 뉴클레오타이드
 - 질소 함유 염기, 5탄당, 인산기
 - 뉴클레오타이드는 **당-인산 축**으로 공유결합하여 연결
- DNA 뉴클레오타이드에는 4가지 질소염기가 있다: 아데닌 (A), 사이토신 (C), 타이민 (T), 구아닌 (G).
- DNA: 디옥시리보핵산 (deoxyribonucleic acid)
 - 디옥시는 당의 형태를 말하고,
 - 핵산은 핵에 있는 산성분자를 의미
- RNA (ribonucleic acid)와 DNA의 차이점
 - 당이 리보스이다 (DNA는 디옥시리보오스).
 - RNA 에는 질소염기 타이민(T) 대신 **유라실 (U)**

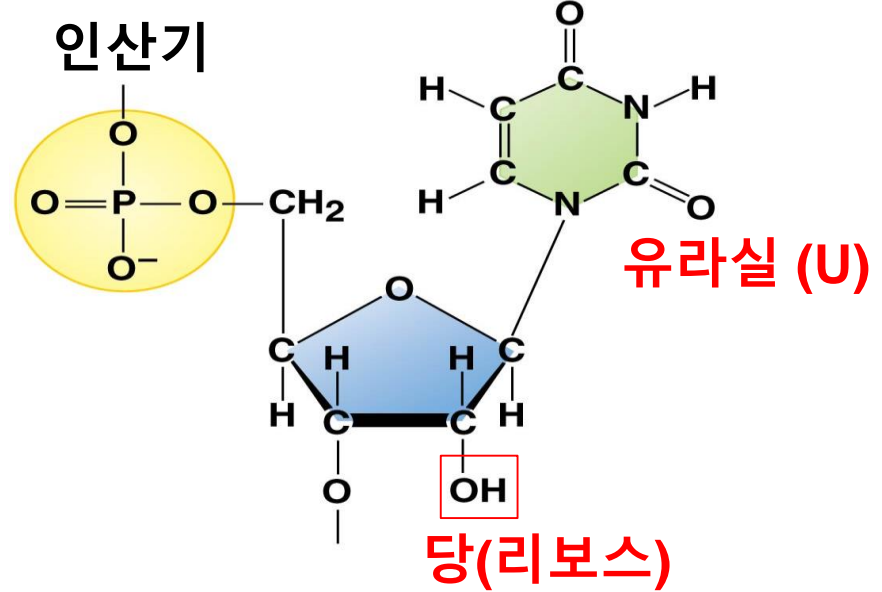
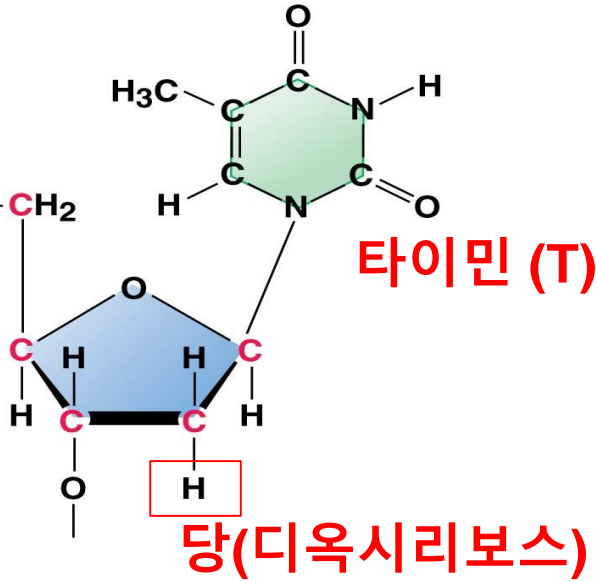


질소 염기
(A, G, C, 또는 T)

질소 염기
(A, G, C, 또는 U)

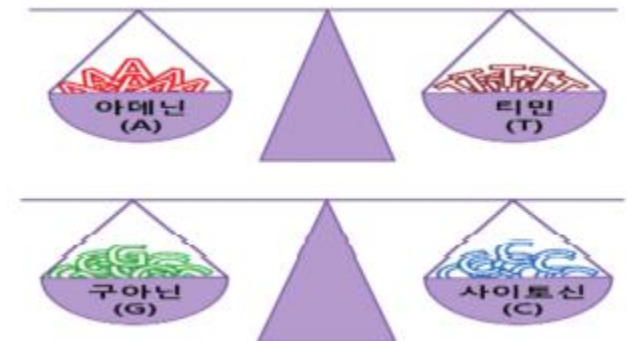
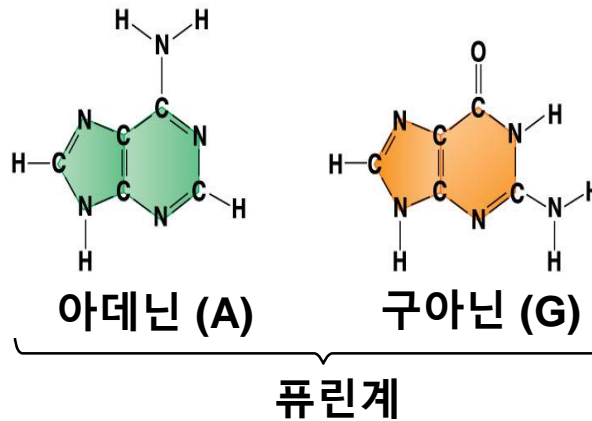
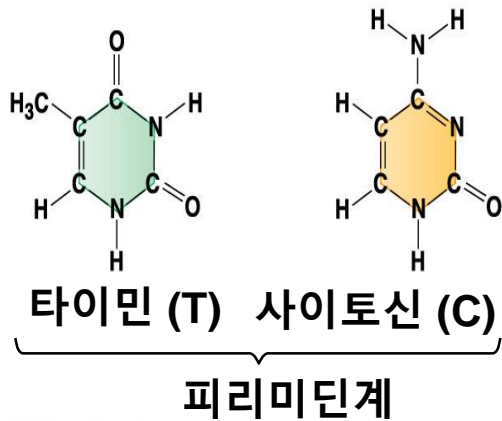
인산기

인산기



DNA 뉴클레오타이드

RNA 뉴클레오타이드



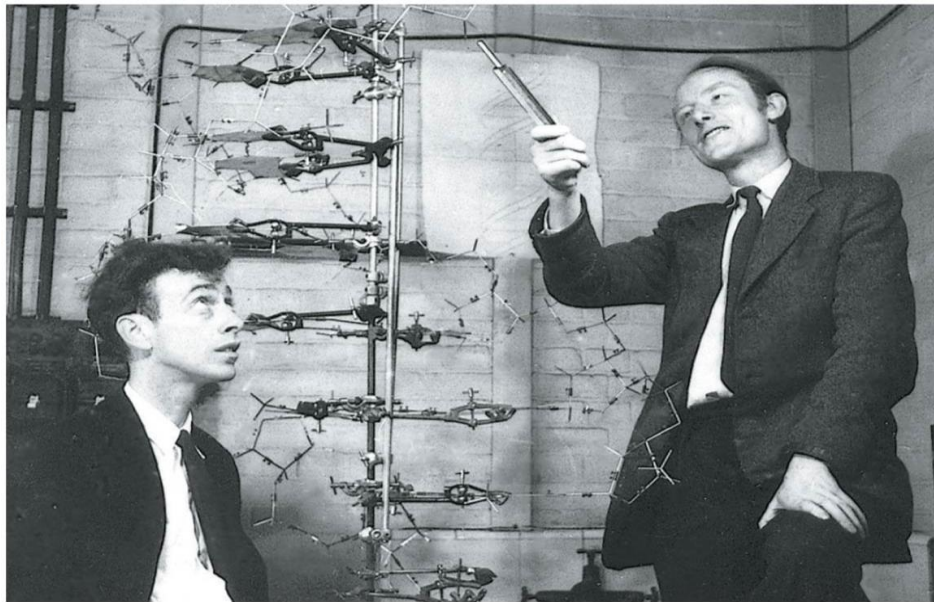
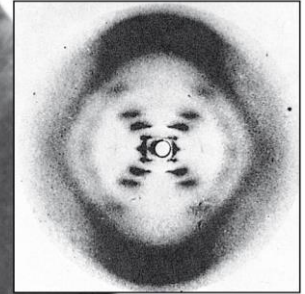
3. DNA는 이중나선 구조이다

- 1952년 허시와 체이스의 실험: DNA가 유전정보를 보관하는 물질
- DNA의 3차원 구조를 밝히기 위한 연구가 집중
- 왓슨과 크릭: DNA의 3차원 구조 확인
 - 2개의 폴리뉴클레오타이드 가닥이 서로를 휘감아 이중나선을 이룬다.
 - 상대편 가닥의 염기들 사이의 수소결합이 두 가닥을 이중나선 형태로 유지
 - 각각의 염기 A는 T와 G는 C와 상보적인 짝

- 1962년 왓슨, 크릭, 윌킨스는 노벨상을 받았다.
- 로잘린 플랭클린이 1958년 암으로 사망하지 않았다면 함께 노벨상을 받았을 것이다. 노벨상은 사후에 수여되지 않는다.

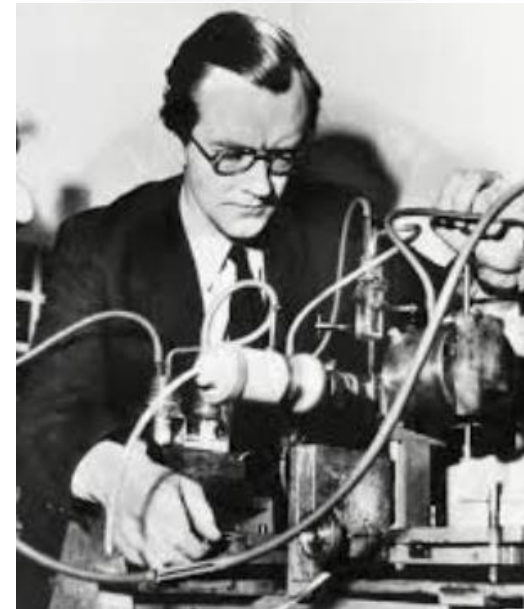


프랭클린



왓슨

크릭



윌킨스

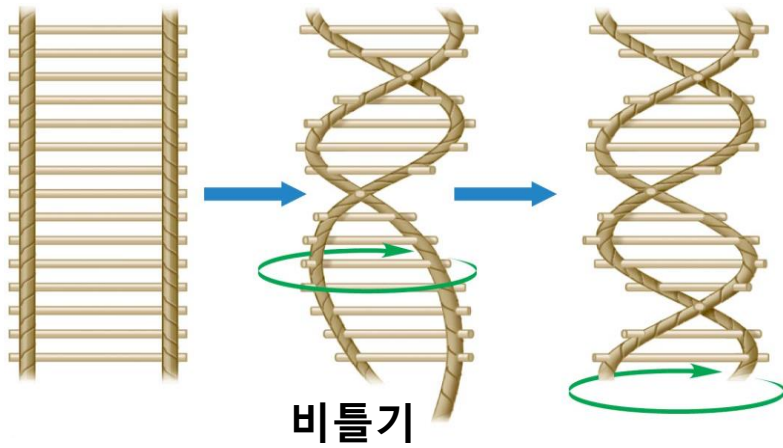
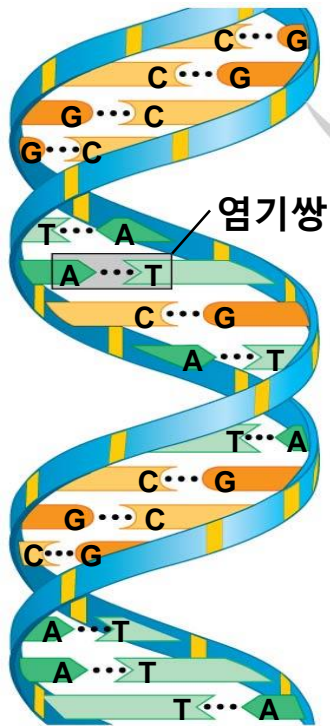
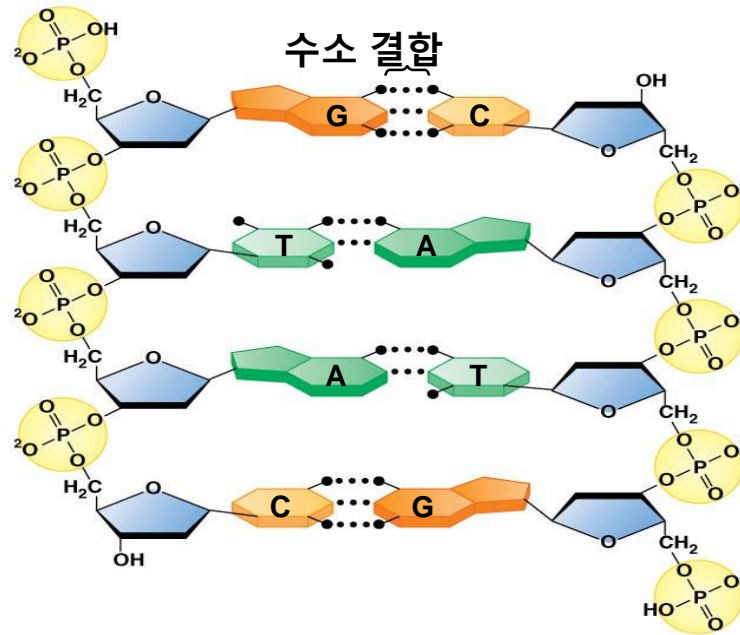


그림 3 줄사다리 모양의 DNA 이중나선 모형



리본 모형



부분적인 화학 구조

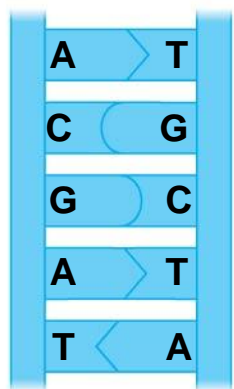


컴퓨터 모형

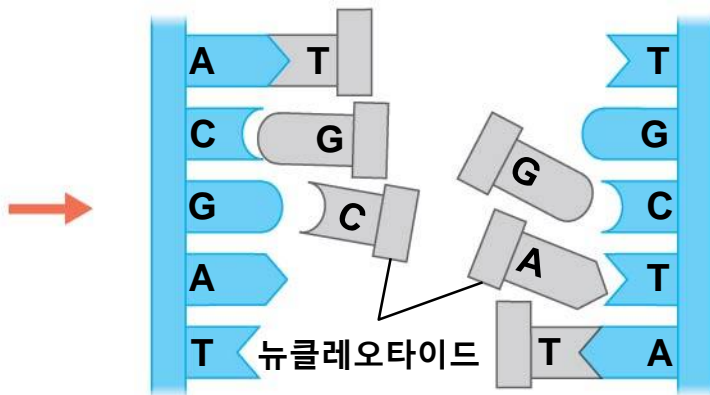
DNA 복제

4. 특수한 염기쌍이 형성되면서 DNA가 복제된다

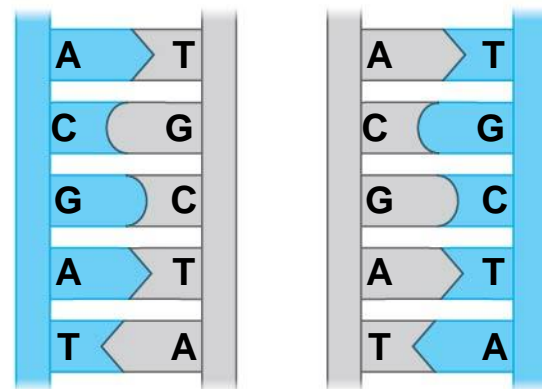
- DNA 복제는 DNA 이중나선이 떨어져 나가면서 시작
- DNA 중합효소는 각각의 가닥을 주형으로 사용하여 새로운 뉴클레오타이드를 연결시킴으로써 상보적인 가닥을 합성
- 이중나선이 복제 될 때 두 딸 분자는 부모 분자의 일부였던 하나의 기존가닥(주형)과 새로 생성된 하나의 가닥을 가질 것으로 예측
- 딸 DNA에 부모 DNA의 반이 유지 = 반보전모델



부모 DNA 분자



부모 DNA 분자가 분리되고 각 가닥이 주형으로 작용



2개의 똑같은 딸 DNA 분자

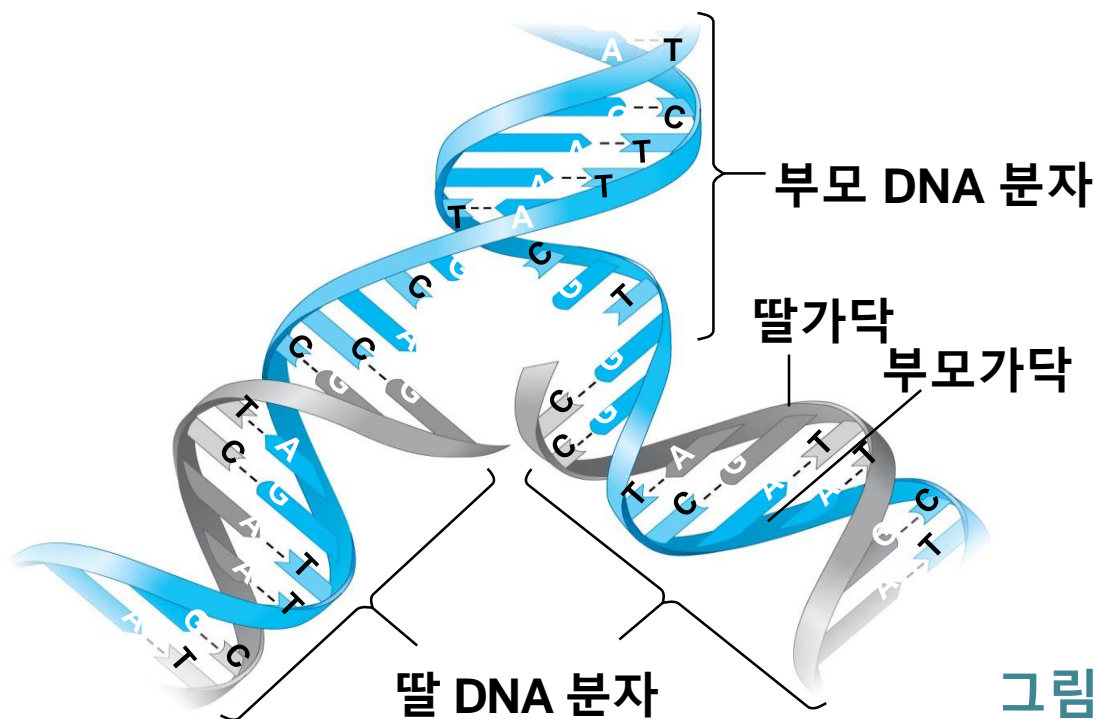


그림 4 DNA 복제(반보전모델)

5. DNA 복제는 여러 지점에서 동시에 양방향으로 진행한다

- DNA 중합효소(DNA polymerase)를 사용해서 세포는 계속 이어진 딸가닥 하나를 합성
- 또 다른 가닥은 짧은 조각으로 끊어진 형태로 합성한 다음 DNA 연결효소(DNA ligase)로 이어준다.

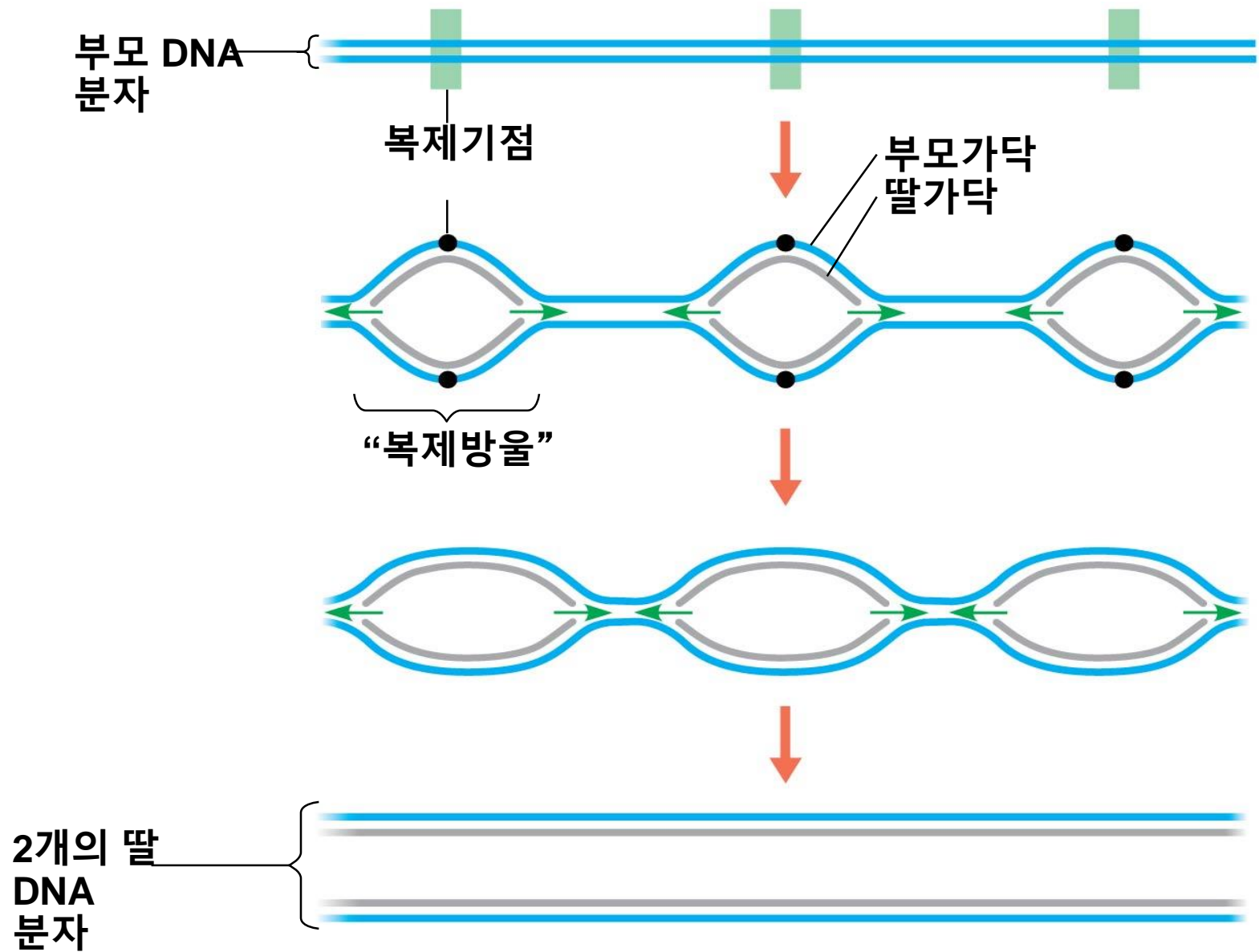


그림 5 복제중인 DNA에 있는 여러 개의 복제방울

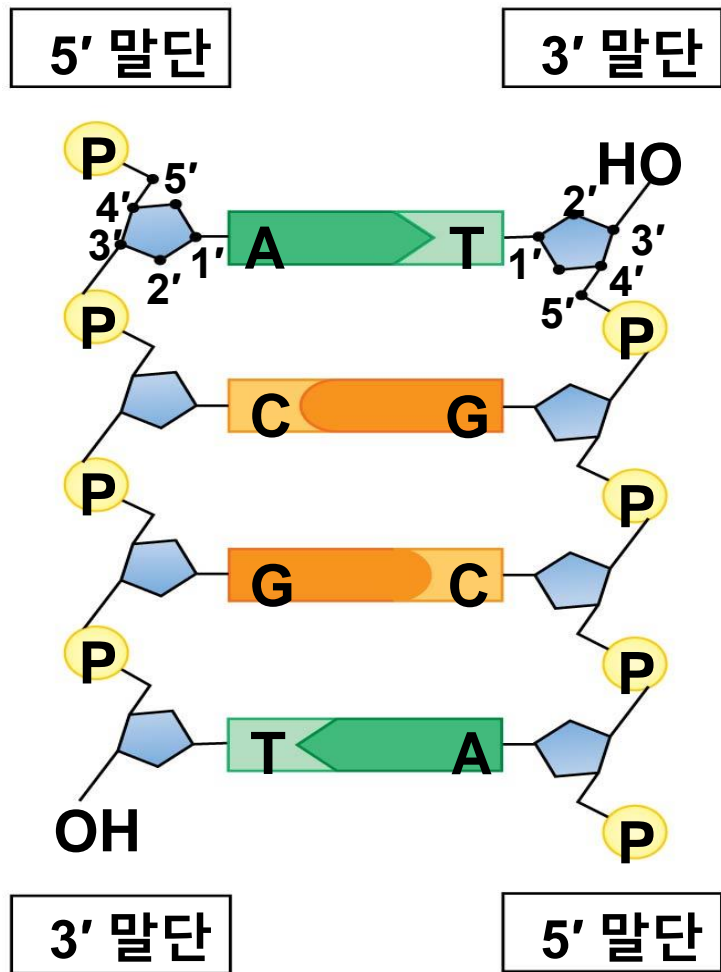


그림 6-1 역행중인 DNA 가닥

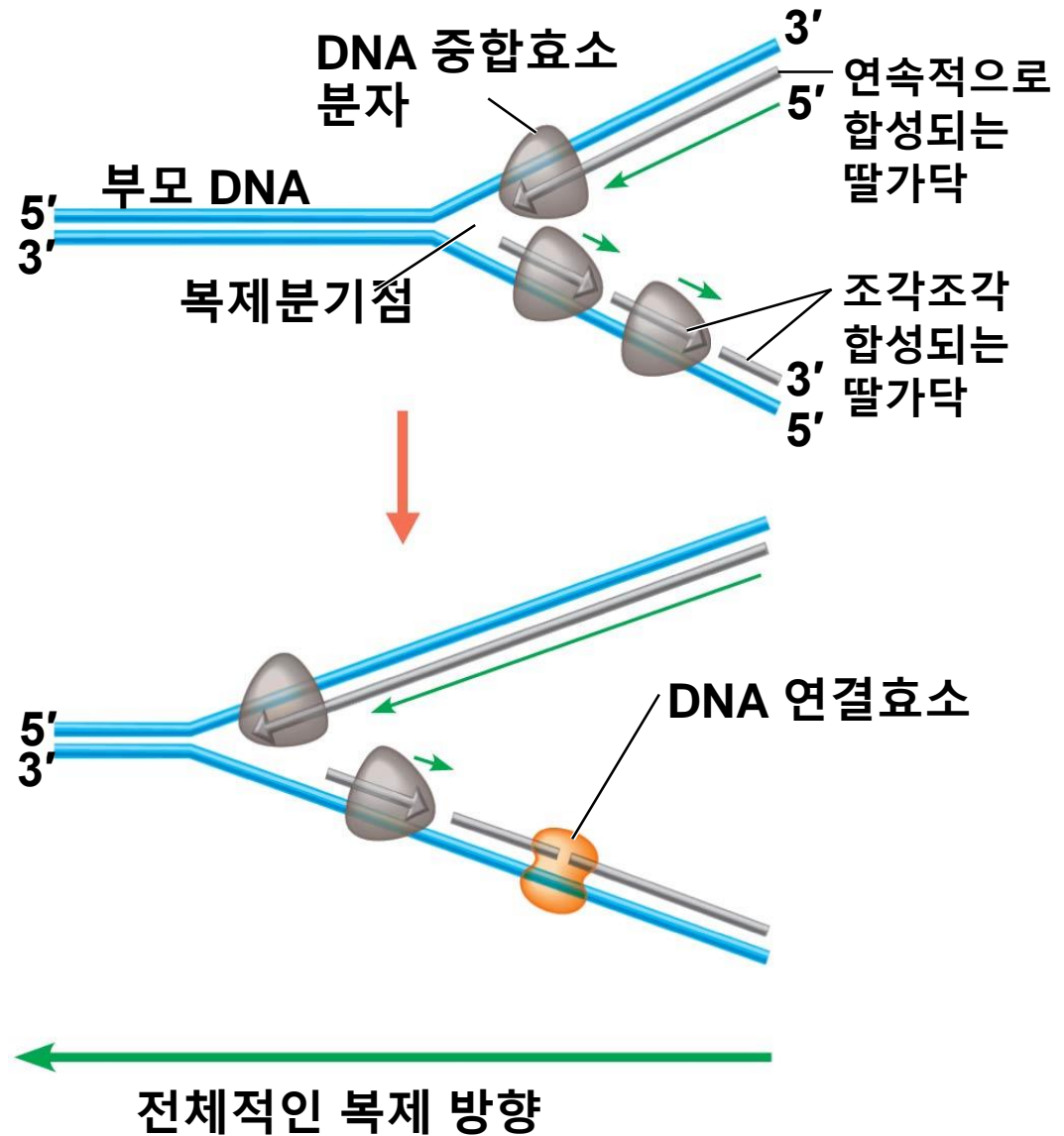


그림 6-2 딸 DNA 가닥의 합성가닥

**DNA에서 RNA로 그리고 단백질로
전달되는 유전정보**

6. DNA 유전자형은 단백질로 발현되며 이 단백질이 표현형의 분자적 기초를 제공한다

- 수많은 뉴클레오타이드가 일렬로 연결되어 유전자를 이루는 **DNA**의 정보는 **RNA**로 전사되고 이것이 다시 폴리펩타이드 합성에 사용된다.
- **전사(Transcription):** DNA 유전정보를 RNA로 바꾸는 과정.
- **번역(Translation):** RNA 정보를 단백질로 전화시키는 과정.
- **유전자:** 기능을 가지는 폴리펩타이드 또는 RNA 생성물을 발현시킬 수 있는 **DNA** 부위라고 정의 내릴 수 있다.

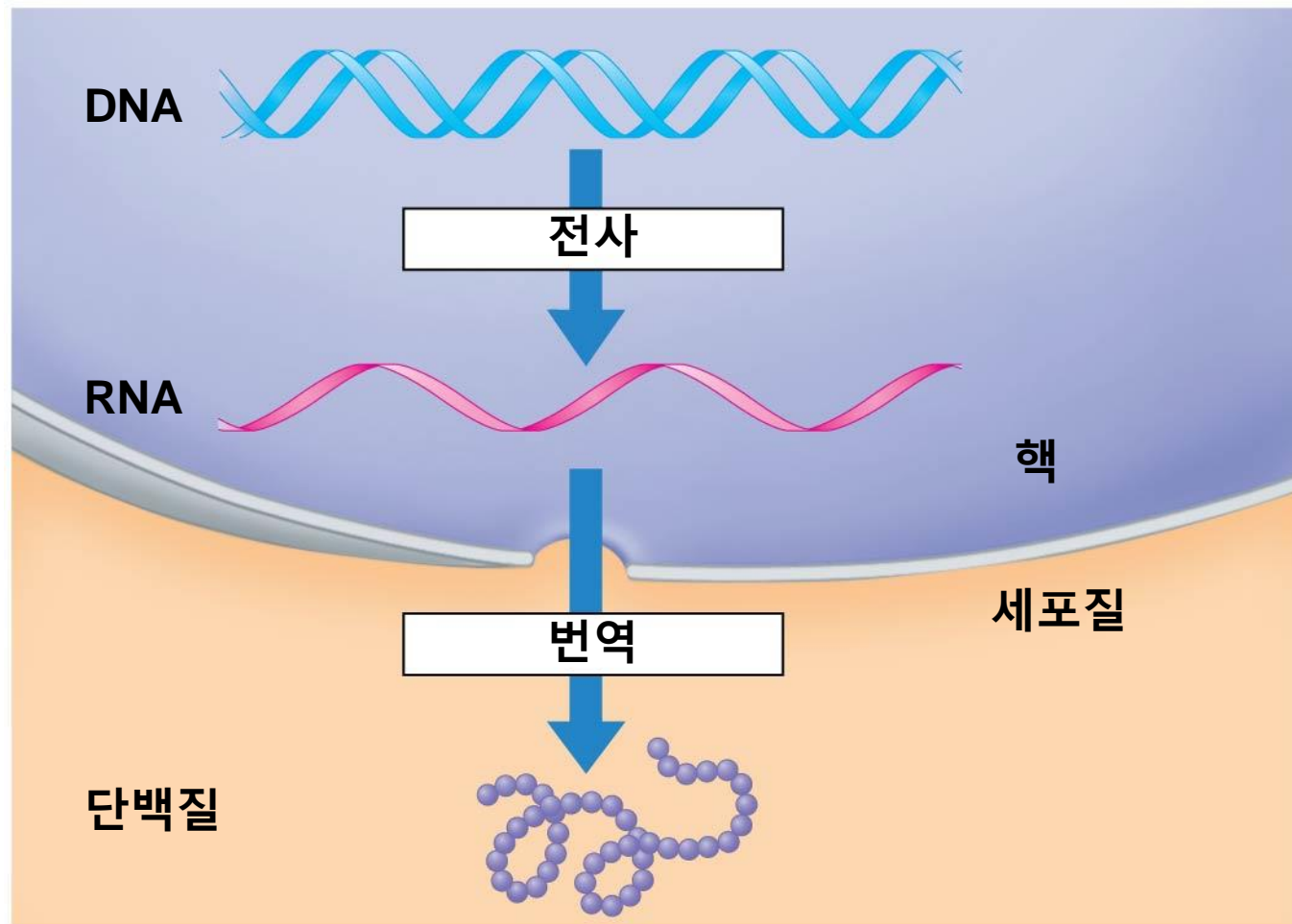
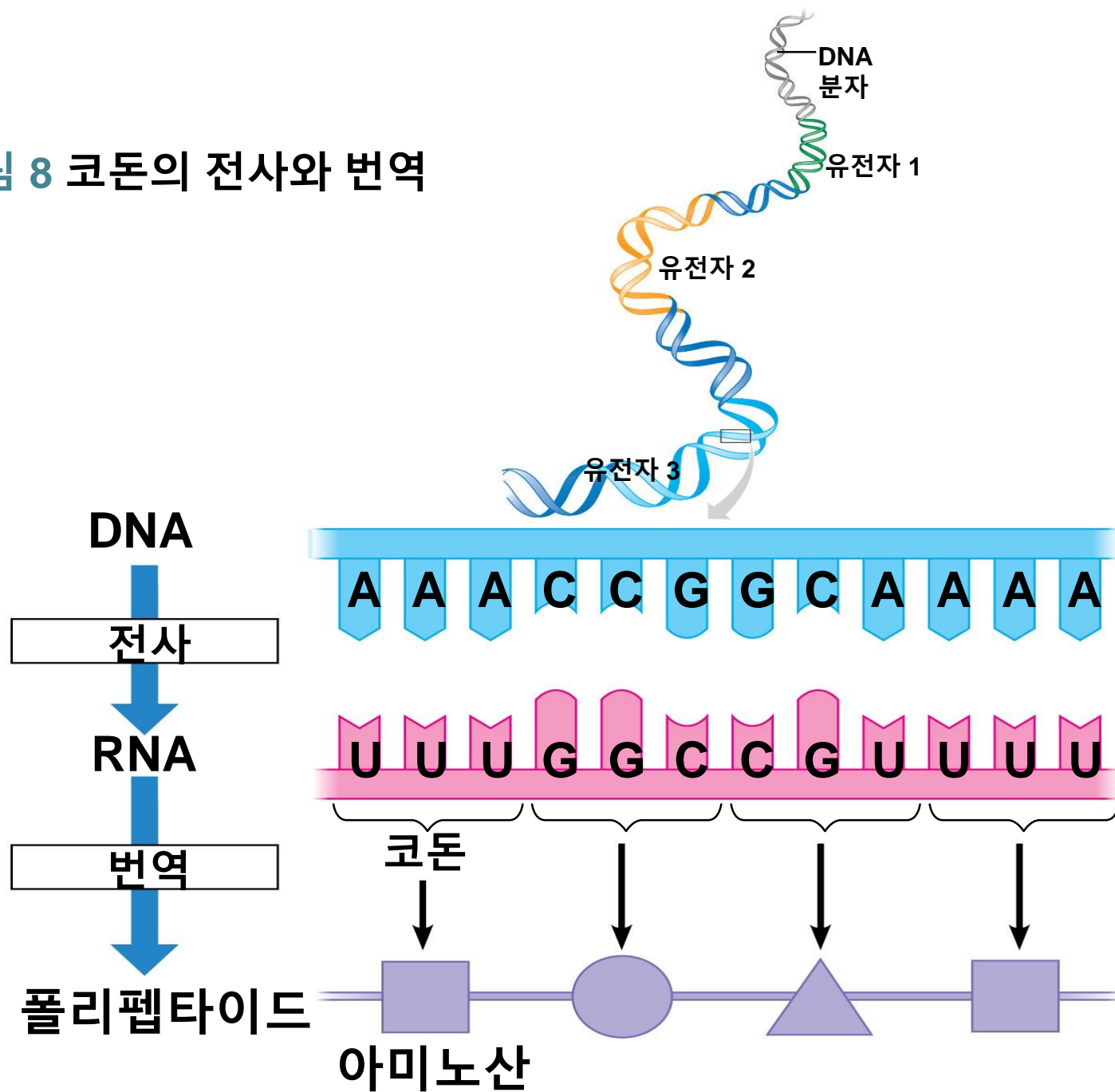


그림 7 진핵세포에서의 유전정보 흐름

7. 코돈의 형태로 담겨 있는 유전정보는 아미노산 서열로 번역된다

- 유전자는 특정한 단백질을 만들기 위한 정보를 제공
- RNA는 DNA의 유전정보를 전달하는 메신저 역할
- 번역과정에 의해 RNA의 뉴클레오타이드 서열로 되어 있던 언어가 폴리펩타이드의 아미노산 서열로 전환
- 유전자로부터 단백질로의 정보 전달이 **3염기 조합(triplet code)**에 의해 이루어진다는 것은 실험을 통해서도 입증되었다. 단백질을 이루는 폴리펩타이드 사슬 내의 아미노산 서열에 대한 유전정보는 DNA와 RNA 상의 **코돈(codon)**으로 불리는 중첩되지 않은 3개의 염기 ‘단어’로 쓰여 있다.

그림 8 코돈의 전사와 번역



8. 유전암호는 코돈이 어떻게 아미노산으로 번역되는지 결정한다

- 유전암호(genetic code)는 정교한 일련의 실험을 수행하여 RNA속 코돈과 아미노산 사이의 대응 규칙이다.
- 거의 모든 생명체는 동일한 방식으로 DNA에서 전사된 mRNA 코돈을 폴리펩타이드의 아미노산 서열로 전환한다.

표 6-2 유전암호(mRNA 코돈)

두 번째 염기

		U		C		A		G		
첫 번째 염기	U	UUU	페닐알라닌(Phe) F	UCU	세린(Ser)	UAU	티로신(Tyr) Y	UGU	시스테인(Cys)	U
		UUC	페닐알라닌	UCC	세린 S	UAC	티로신	UGC	시스테인 C	C
		UUA	루신(Leu)	UCA	세린	UAA	종결(정지)	UGA	종결(정지)	A
		UUG	루신	UCG	세린	UAG	종결(정지)	UGG	트립토판 (Trp) W	G
	C	CUU	루신 L	CCU	프롤린(Pro)	CAU	히스티딘(His) H	CGU	아르기닌(Arg)	U
		CUC	루신	CCC	프롤린 P	CAC	히스티딘 Q	CGC	아르기닌 R	C
		CUA	루신	CCA	프롤린	CAA	글루타민(Gln)	CGA	아르기닌	A
		CUG	루신	CCG	프롤린	CAG	글루타민	CGG	아르기닌	G
	A	AUU	이소루신(Ile)	ACU	트레오닌(Thr)	AAU	아스파라긴(Asp)	AGU	세린(Ser)	U
		AUC	이소루신 I	ACC	트레오닌 T	AAC	아스파라긴 N	AGC	세린	C
		AUA	이소루신	ACA	트레오닌	AAA	리신(Lys) K	AGA	아르기닌(Arg)	A
		AUG	메티오닌(Met) 개시(시작) M	ACG	트레오닌	AAG	리신	AGG	아르기닌	G
	G	GUU	발린(Val)	GCU	알라닌(Ala)	GAU	아스파르트산(Asp)	GGU	글리신(Gly)	U
		GUC	발린 V	GCC	알라닌 A	GAC	아스파르트산 D	GGC	글리신	C
		GUA	발린	GCA	알라닌	GAA	글루탐산(Glu)	GGA	글리신 G	A
		GUG	발린	GCG	알라닌	GAG	글루탐산 E	GGG	글리신	G

세 번째 염기

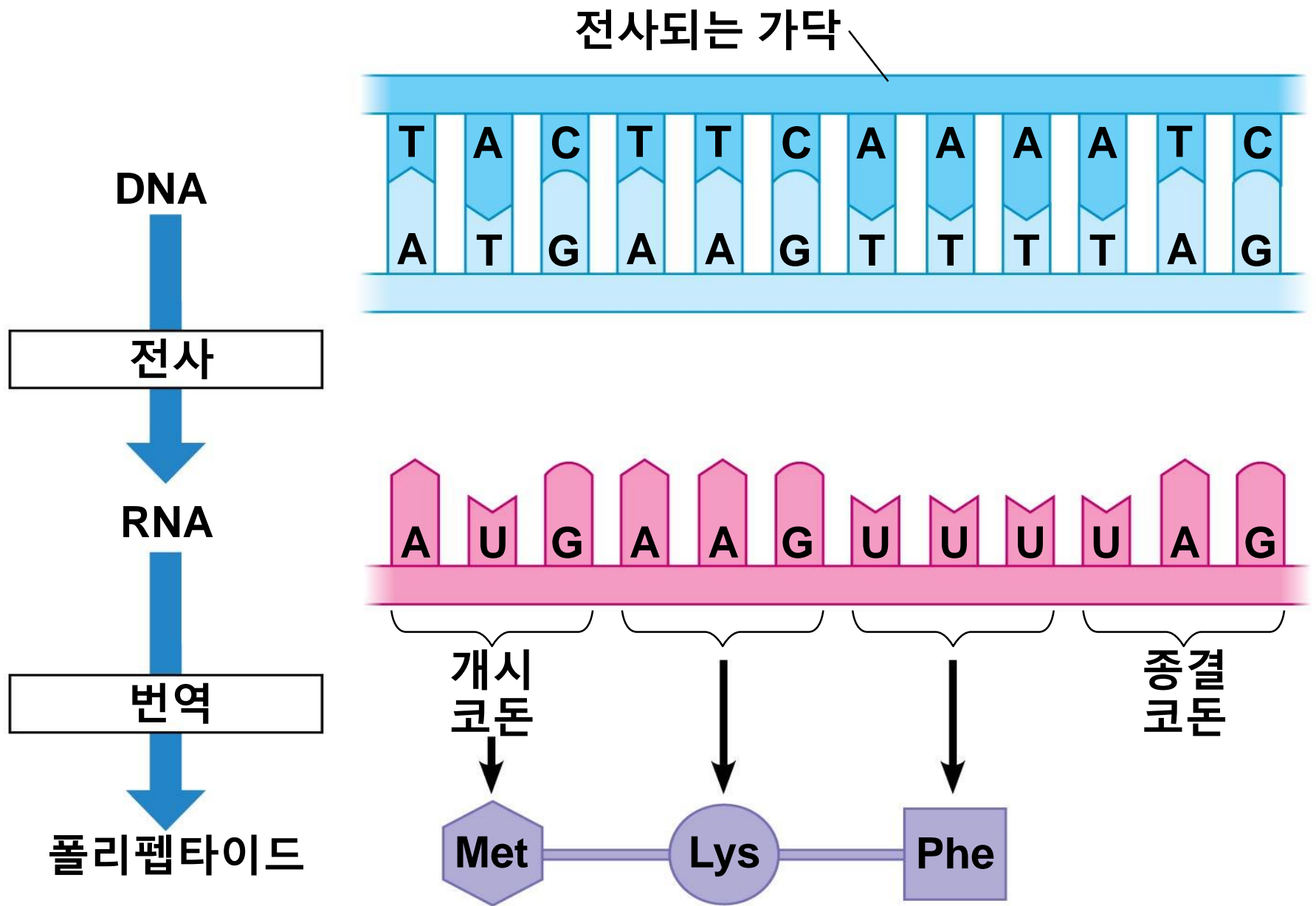
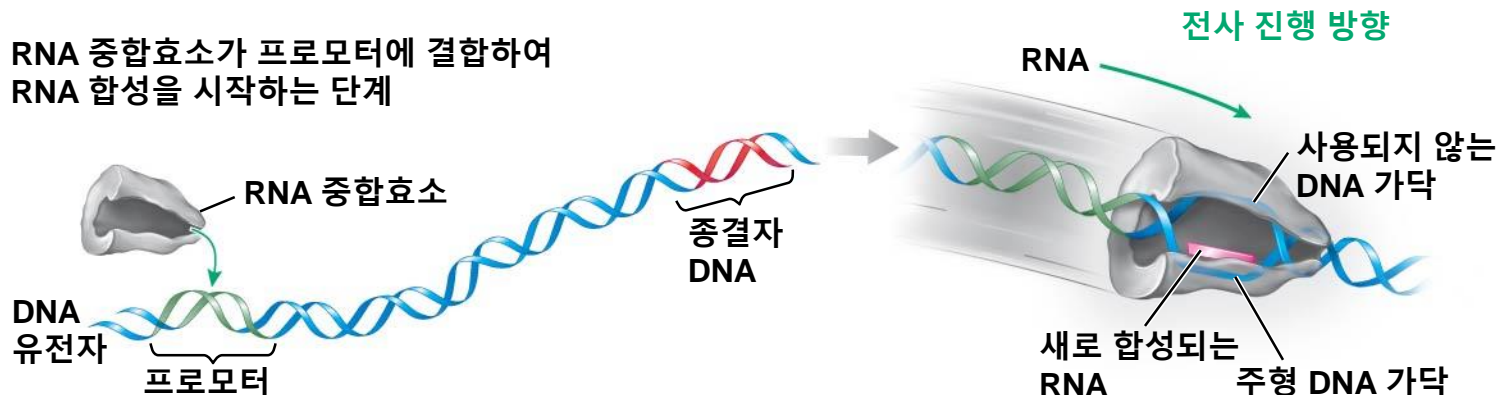


그림 9 코돈의 전사와 번역

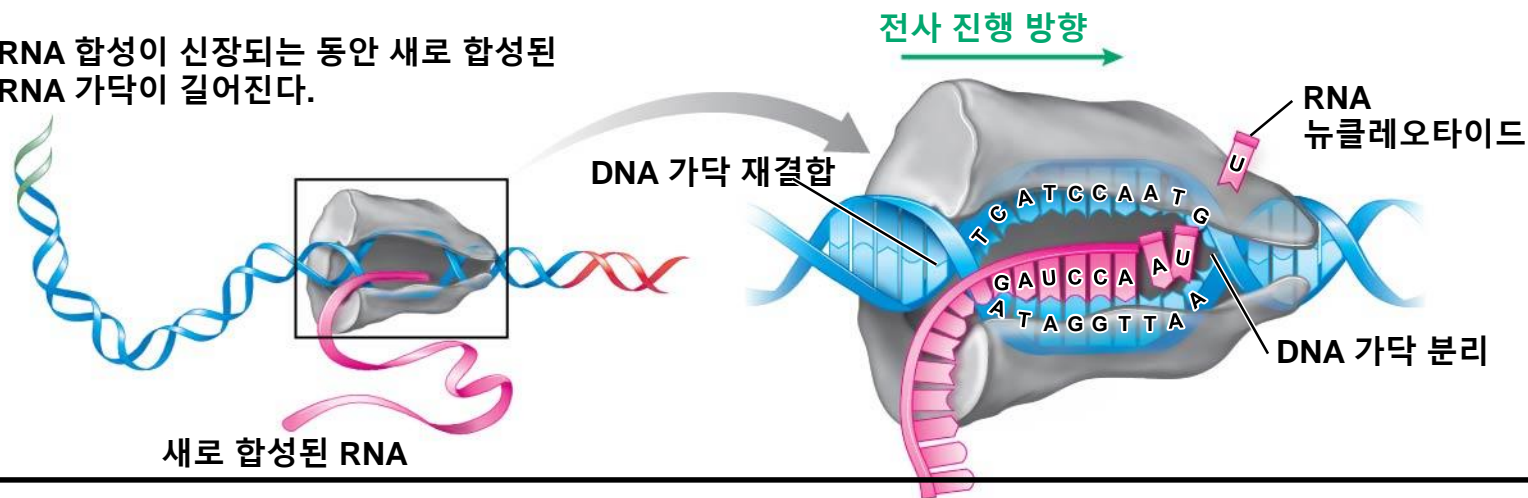
9. 전사는 유전정보를 RNA로 옮기는 과정이다

- 핵에서 DNA 나선이 풀리면 RNA 중합효소가 RNA 뉴클레오타이드를 DNA 주형에 상보적인 서열로 연결시킨다.
 - 프로모터(promoter)라 불리는 특정한 뉴클레오타이드 서열은 RNA 중합효소가 결합하는 지점으로 작용하고 전사가 시작되는 곳을 결정한다.
 - RNA 중합효소는 종결자(terminator)라 불리는 DNA 서열에 도달할 때까지 전사를 계속한다. 종결자는 전사의 종결을 알리는 신호서열이다.

개시 RNA 중합효소가 프로모터에 결합하여 RNA 합성을 시작하는 단계



신장 RNA 합성이 신장되는 동안 새로 합성된 RNA 가닥이 길어진다.



종결

RNA 중합효소가 유전자의 끝을 알리는 종결자 DNA에 도달하면, 중합효소 분자가 새로 합성된 RNA와 유전자에서 떨어져 나온다.



그림 10 유전자의 전사

10. 진핵세포 RNA는 핵에서 mRNA로 나오기 전에 가공과정을 거친다

- 아미노산 서열을 암호화하는 RNA를 전령 RNA (mRNA)
 - 이 RNA가 DNA에 있는 유전정보를 세포 내 번역 기관에 전달
- RNA 가 핵을 떠나기 전
 - mRNA 가닥에서 **인트론(introns**: 단백질을 암호화하지 않는 부분)은 제거되고,
 - **엑손(exons** :유전자에서 발현되는 부위)은 서로 연결되어 연속적인 암호화 서열을 가지는 mRNA가 만들어진다. (캡과 꼬리의 바로 안쪽에 짧은 번역되지 않는 부위는 첫 번째와 마지막 엑손의 일부로 취급)
 - 이와 같이 RNA의 일부가 잘리고 다시 이어 붙여지는 과정 = **RNA스플라이싱**

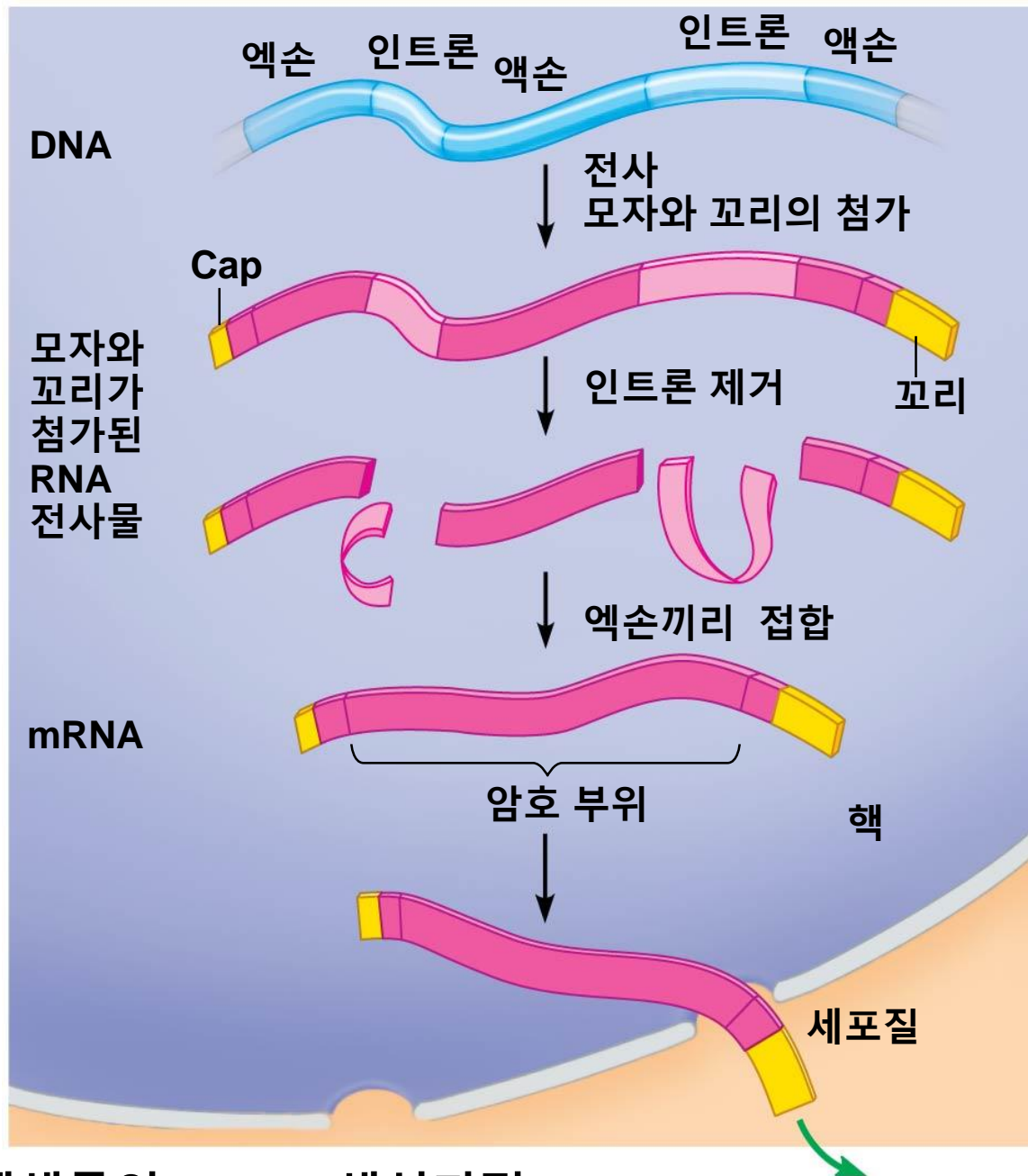


그림 11 진핵생물의 mRNA 생성과정

11. 운반 RNA 분자는 번역과정에서 통역사로 작용하다

- 번역은 세포질에서 진행된다.
 - 리보솜은 mRNA에 부착한 다음 tRNA의 도움을 받아 특정한 아미노산 서열로 이루어진 폴리펩타이드로 번역
 - 각각의 tRNA는 안티코돈(anticodon)이라 불리는 3개의 뉴클레오타이드를 한쪽 끝에, 그리고 다른 쪽 끝에는 특정한 아미노산을 부착시킬수 있는 부위를 가지고 있다.

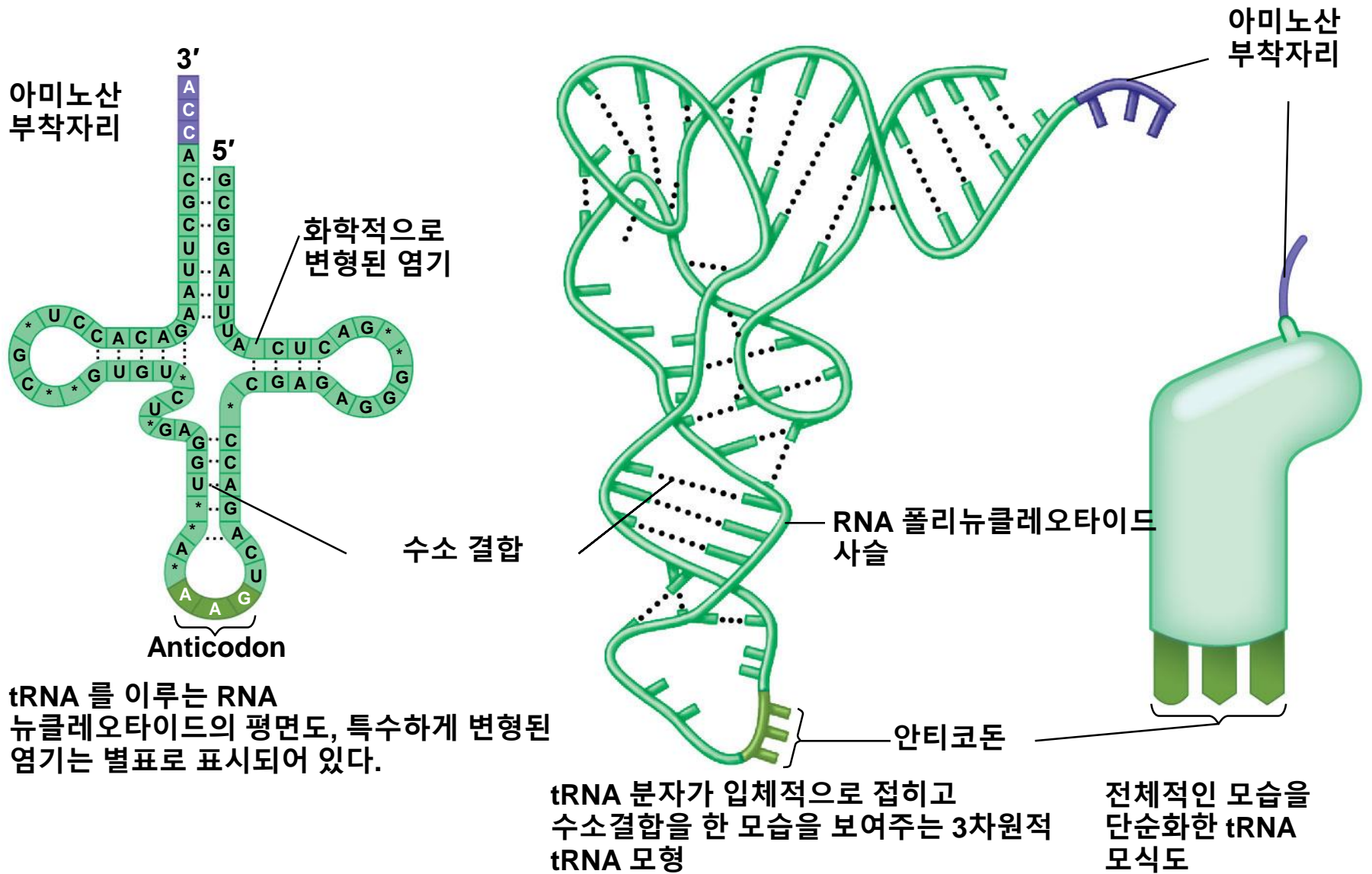
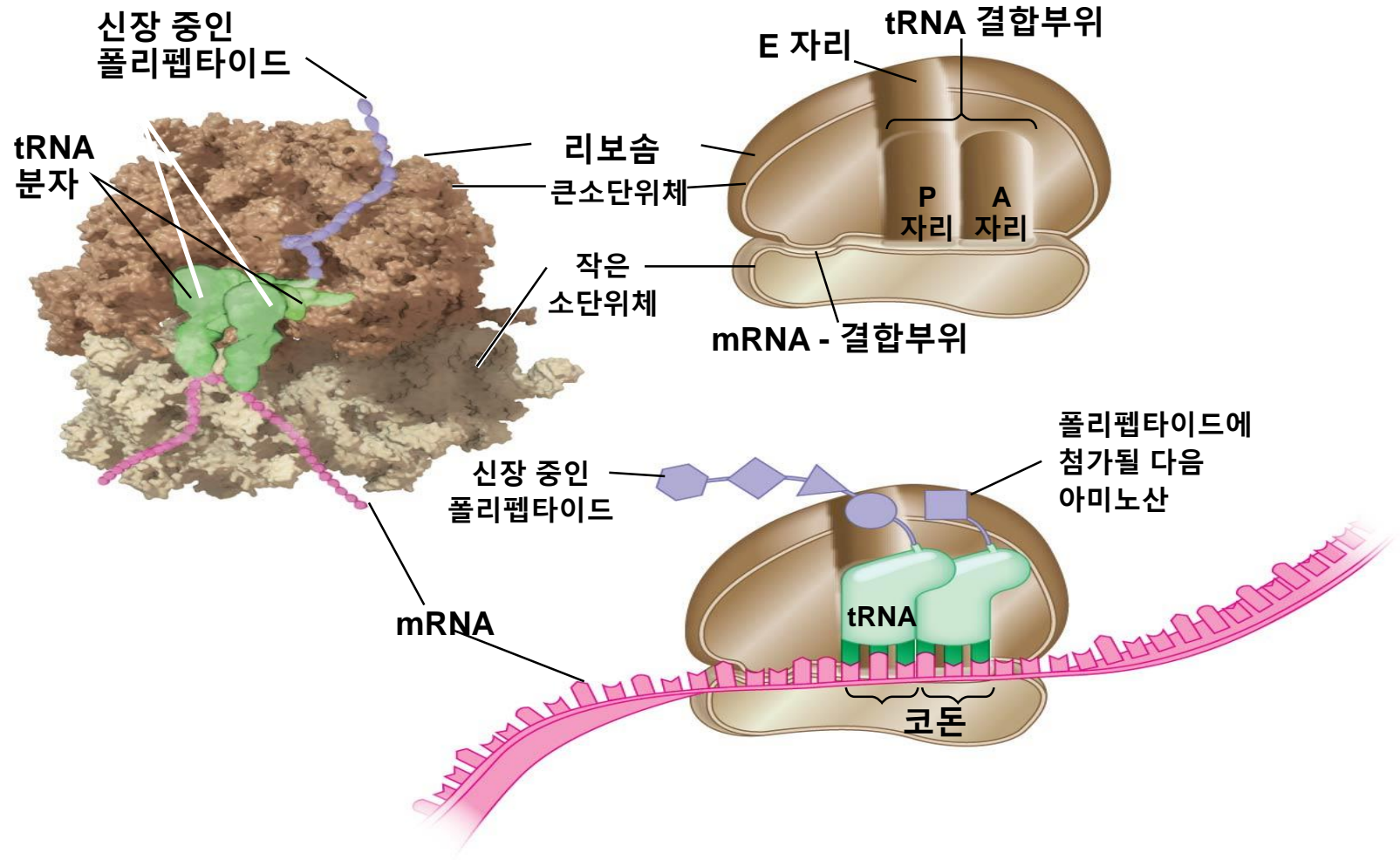


그림 12 3종류의 tRNA 모형

12. 리보솜에서 폴리펩타이드가 합성된다

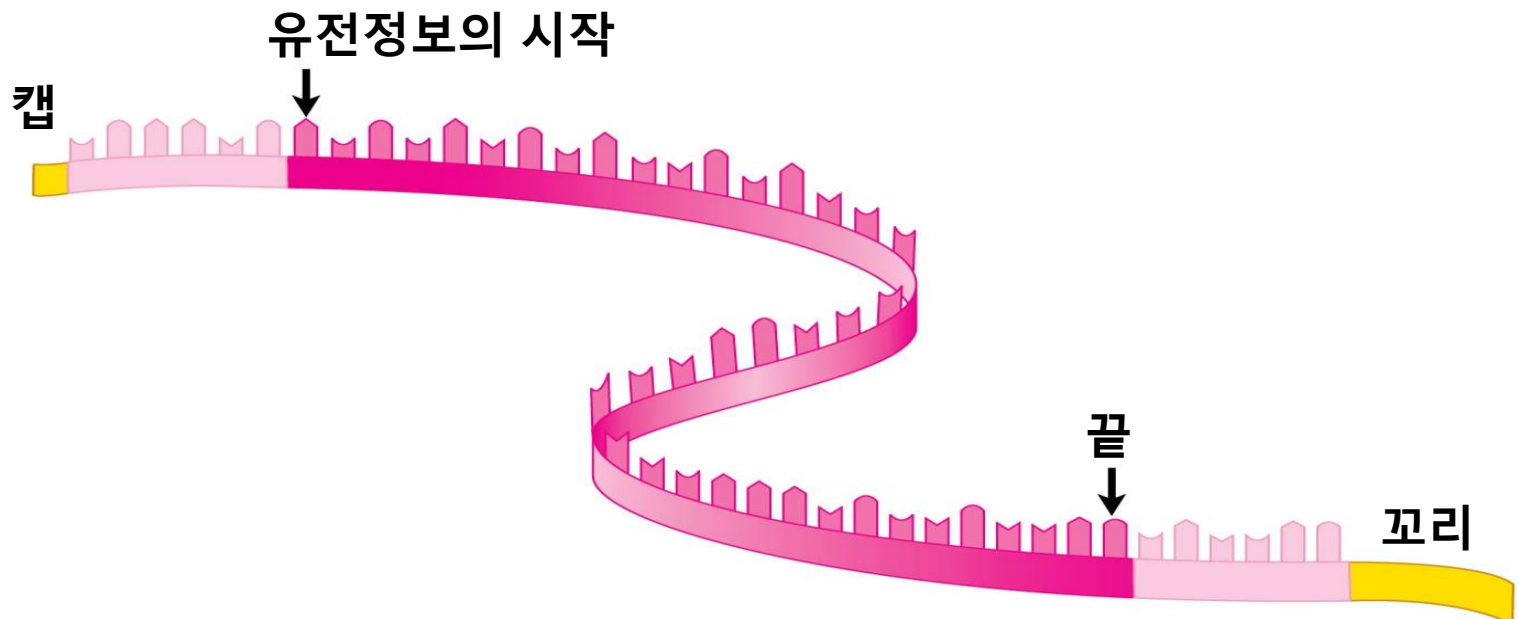
- 리보솜은

- rRNA와 단백질로 이루어져 있다.
- tRNA와 mRNA 결합자리가 있다.



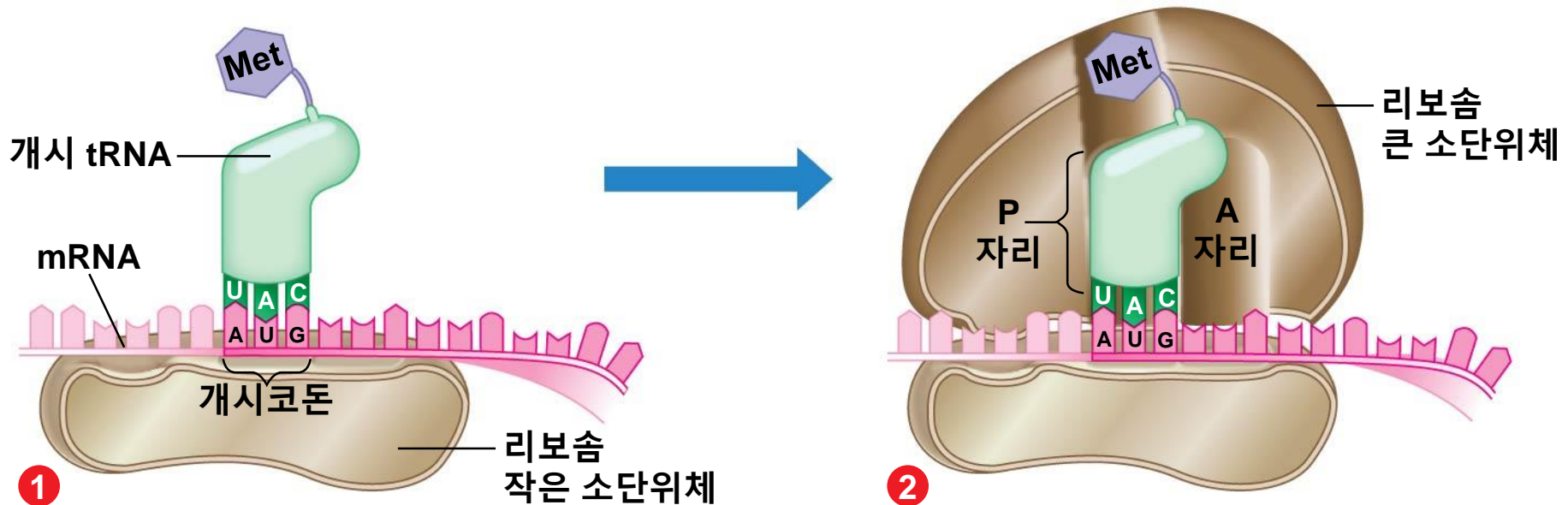
13. 개시코돈은 mRNA 정보의 시작점을 지시한다

- 번역과정 또한 전사과정과 마찬가지로 세 과정으로 나눈다.
 1. 개시
 2. 신장
 3. 종결



13 개시코돈은 mRNA 정보의 시작점을 지시한다.

- 번역은
 - mRNA와 아미노산이 결합된 tRNA
 - 2개의 리보솜 소단위가 합쳐지면서 시작된다.
- 개시는 두 단계로 이루어진다.



14. 종결코돈에 의해 번역이 종료될 때까지 폴리펩타이드 사슬에 아미노산이 첨가된다

- mRNA가 한 번에 한 코돈씩 리보솜에서 이동할 때마다, 아미노산과 결합한 새로운 tRNA가 다음 코돈을 인식하여 결합한다.
- 리보솜 내부에서 새로운 아미노산이 신장 중인 폴리펩타이드에 더해지는 방식으로 폴리펩타이드가 합성된다.
- 신장은 리보솜의 A 자리에 **종결코돈(stop codon)**이 나타날 때까지 계속된다.

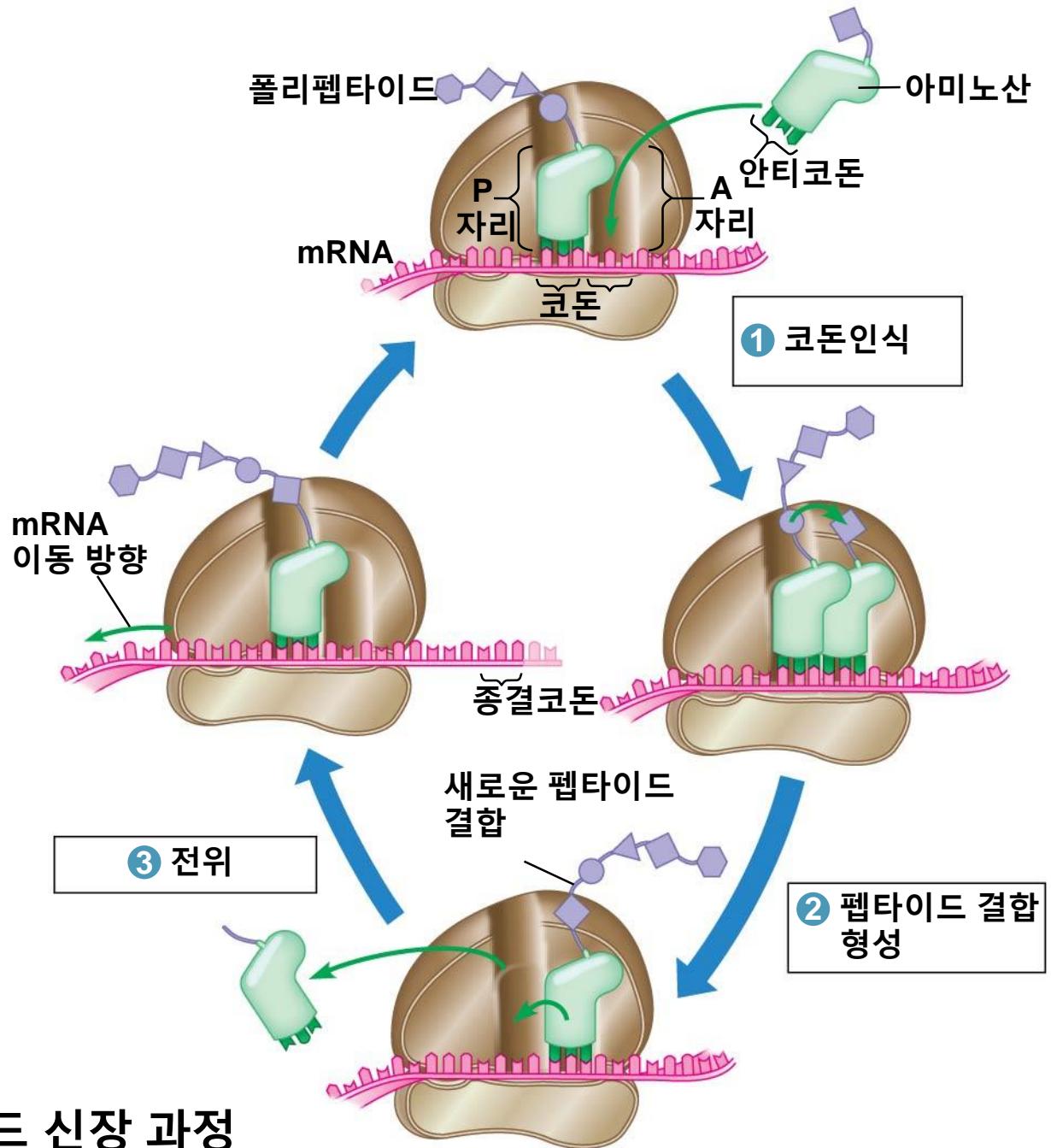
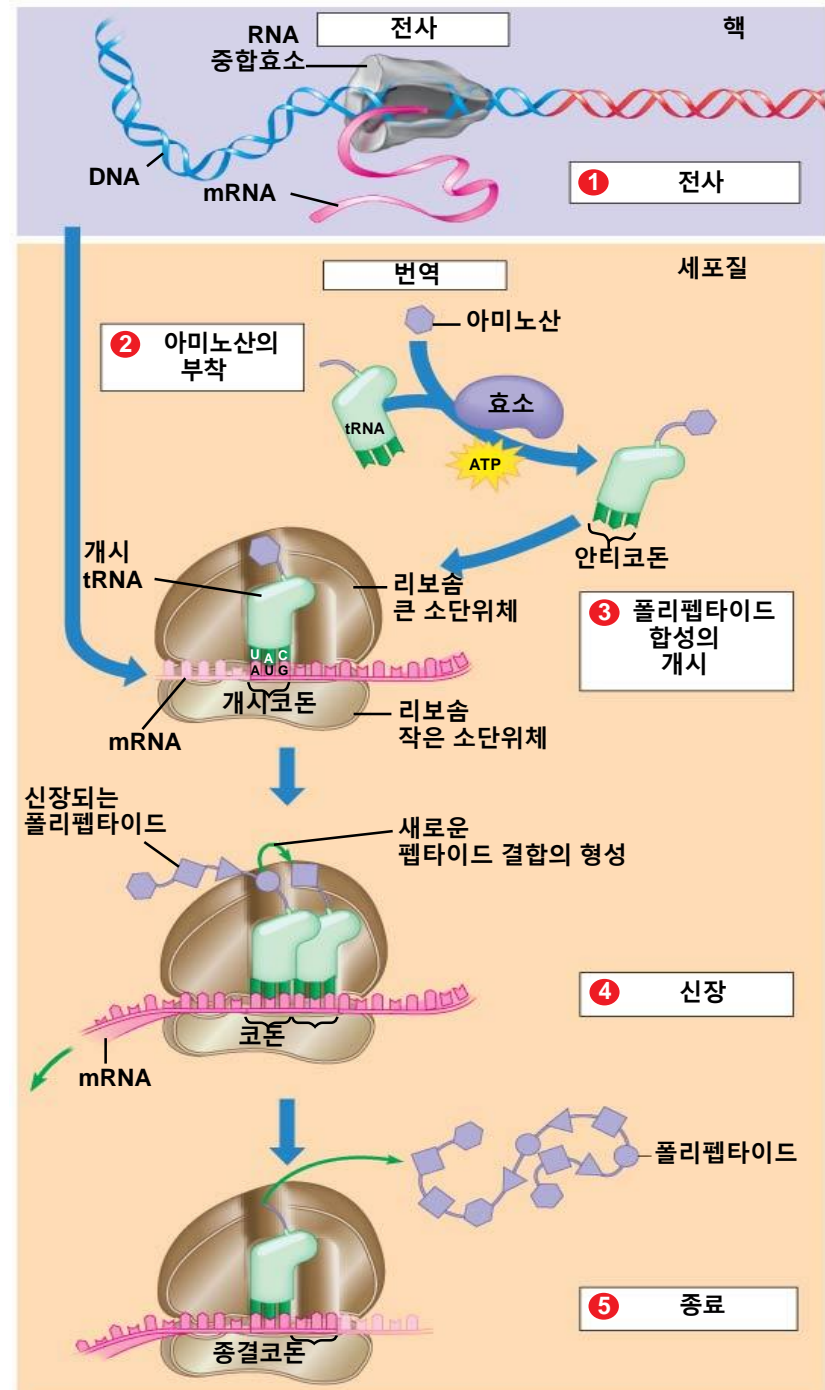


그림 13 폴리펩타이드 신장 과정

15. 복습: 세포 내의 유전정보는 DNA → RNA → 단백질로 전달된다

- DNA에서 코돈의 서열은 mRNA의 코돈 서열을 통해 폴리펩타이드의 1차구조(아미노산 서열)로 번역된다.



세포 내의 유전정보는 **DNA → RNA → 단백질**로 전달된다.

- [From DNA to protein - 3D - YouTube](#)

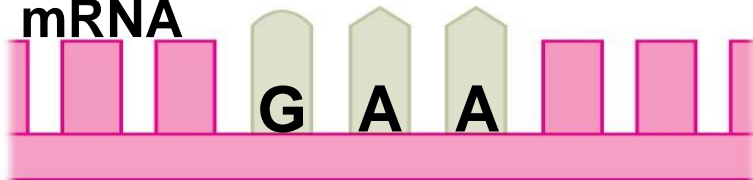
16. 돌연변이에 의해 유전자가 달라질 수 있다

- 돌연변이는 세포나 바이러스의 유전정보를 바꾼다.
 - 돌연변이는 **DNA** 복제 또는 재조합과정이 잘못
 - 돌연변이 유발물질에 의해 발생
- 뉴클레오타이드의 치환, 삽입, 결실은 유전자를 바꾸어 다양한 영향을 미친다.

정상적인 헤모글로빈 DNA



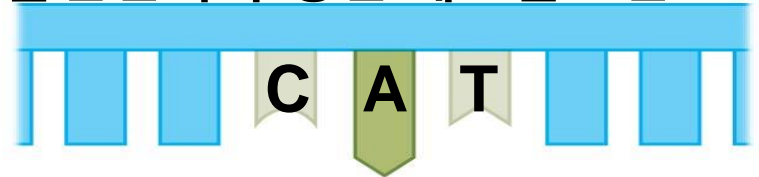
mRNA



정상적인 헤모글로빈



돌연변이가 생긴 헤모글로빈 DNA



mRNA

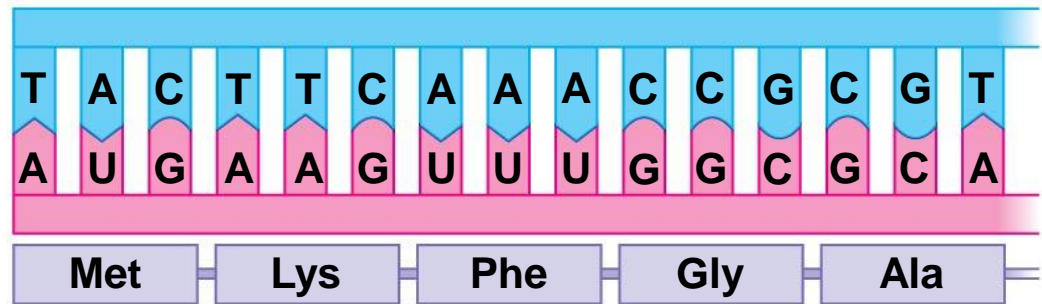


낮모양적혈구의 헤모글로빈

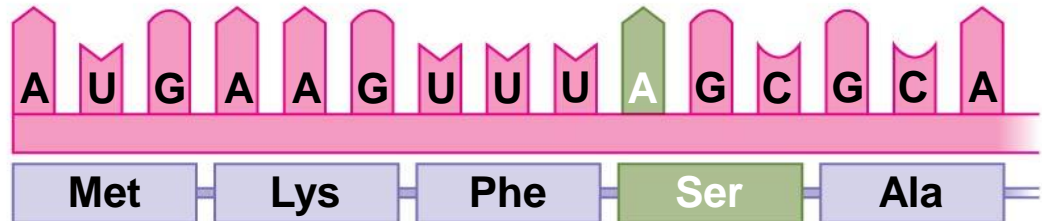


정상적인
유전자

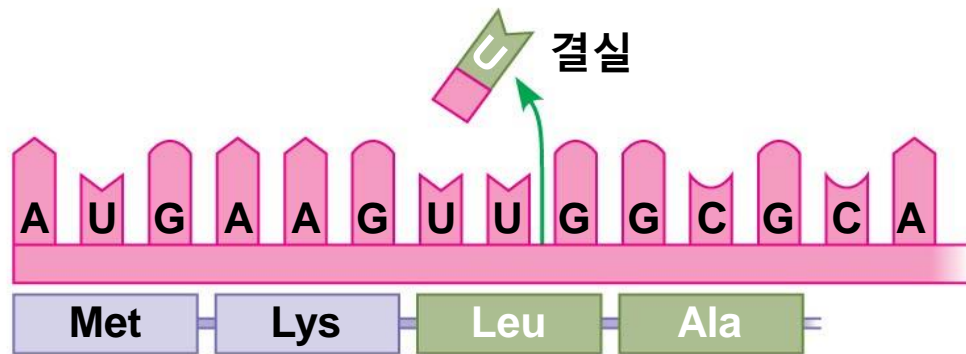
mRNA
단백질



뉴클레오타이드
치환



뉴클레오타이드
결실



뉴클레오타이드
삽입

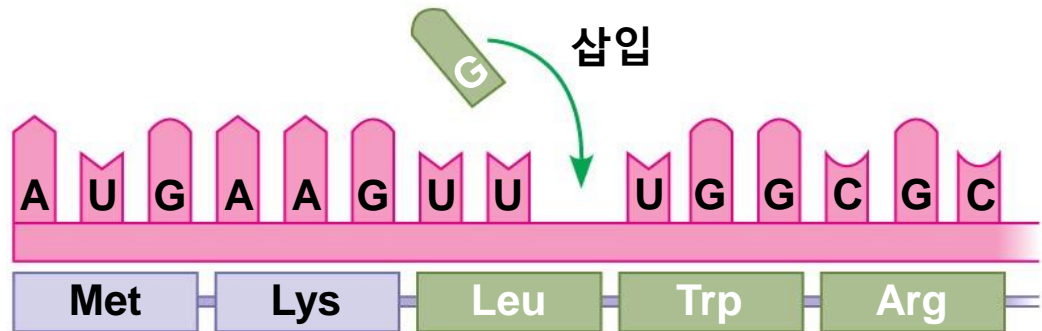


그림 14 돌연변이의 종류의 효과