

2

유전자발현 조절

01 전사에서의 유전자발현 조절

02 발생에서의 유전자발현 조절

03 유전자발현 조절 및 발생 연구와 인류 복지

사람은 성장기에 성장을 촉진하는 유전자가 발현되어 키가 자란다.

들어다보기 성장기가 지나면 키가 거의 자라지 않는 까닭은 무엇일까?

생각해 보기 성장기와 성장기 이후에 성장에 관여하는 유전자발현에는 어떤 차이가 있을까?



학습할 내용을 알아보고,
스스로 학습 계획을 세워 봅시다.

이전
학습 내용

알고 있는 단어에 ✓ 표 해 보자.

☐ 유전자 ☐ 전사 ☐ 번역

이 단원의
학습 내용

지식·이해

- 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서의 유전자발현 조절 과정을 설명할 수 있다.
- 생물의 발생 과정에서 일어나는 세포분화를 유전자발현 조절 과정으로 설명할 수 있다.

과정·기능

- 원핵생물과 진핵생물의 유전자발현 조절 과정을 비교하기 위한 설명 자료를 만들 수 있다.
- 생물의 발생 초기 단계의 유전자발현 조절 과정을 추론할 수 있다.

가치·태도

- 유전자발현 조절이 생물의 발생 및 생명활동에 중요함을 느낄 수 있다.
- 생물의 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 유용함을 인식할 수 있다.

나의
학습 계획

나는 이 단원에서 _____ 을/를 알고 싶다.

01

전사에서의 유전자발현 조절

| 학습 목표 |

- ☐ 원핵생물의 전사 조절 과정을 설명할 수 있다.
- ☐ 진핵생물의 전사 조절 과정을 원핵생물과 비교하여 설명할 수 있다.

밥을 먹으면 이자에서
인슐린 유전자가 많이 발현된다.
인슐린 유전자의 발현 정도가
어떻게 달라진 것일까?



한 개체를 이루는 세포는 모두 같은 유전자를 갖지만, 특정 유전자의 발현 여부나 발현 정도에 따라 세포의 구조와 기능이 달라진다. 따라서 다양한 종류의 세포로 이루어진 개체는 환경의 변화에 알맞게 반응할 수 있다. 유전자발현 조절은 여러 단계에서 일어날 수 있으며, 그중 전사 단계에서의 조절이 가장 중요하다.

전사에서의 유전자발현 조절은 '통합과학1'의 '시스템과 상호작용' 단원과 연계된다.

원핵생물의 전사 조절

원핵생물에서는 기능적으로 연관된 여러 유전자의 전사가 하나의 프로모터와 작동부위에 의해 한꺼번에 조절된다. 이때 전사되는 여러 유전자를 구조유전자라고 한다. 프로모터, 작동부위, 구조유전자로 구성된 집단을 **오페론**이라고 한다.

대장균에는 다양한 오페론이 있으며, 그중 젓당의 유무에 따라 전사가 조절되는 **젓당오페론**이 있다. 젓당오페론은 그림 II-9와 같이 프로모터, 억제단백질이 결합하는 작동부위, 젓당을 이용하는 데 필요한 효소들을 암호화하는 구조유전자로 구성된다. 젓당오페론의 앞부분에 억제단백질을 암호화하는 조절유전자가 있으며, 이 조절유전자가 발현되어 합성된 억제단백질에 의해 젓당오페론이 조절된다.

자코브
(Jacob, F., 1920~2013),
모노
(Monod, J. L., 1910~1976)
프랑스의 과학자. 대장균을 연구하면서 젓당오페론에서 억제단백질에 의해 구조유전자의 발현이 조절된다는 사실을 알아냈다.

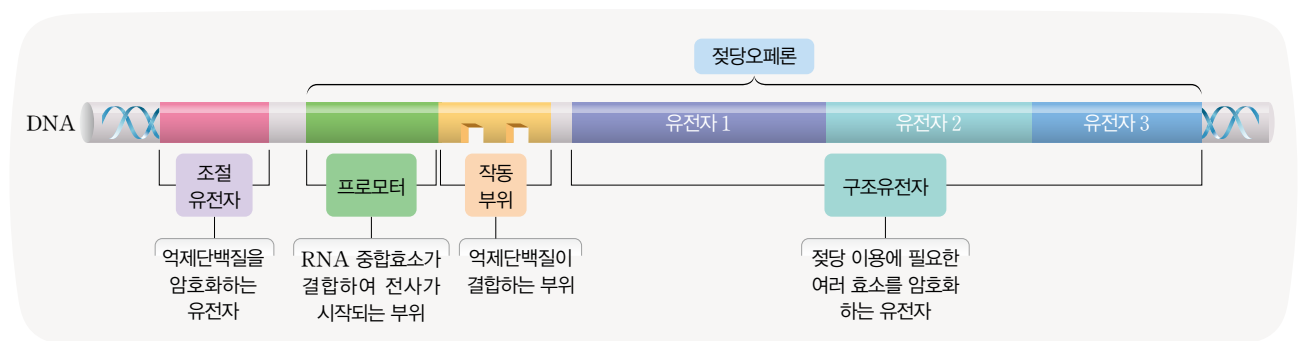


그림 II-9 젓당오페론의 구조와 조절유전자

오개념 바로잡기

오페론은 모두 억제단백질에 의해 조절될까?

젓당오페론에서와 같이 전사를 억제하는 단백질이 구조유전자의 발현을 조절하기도 하고, 전사를 촉진하는 단백질이 구조유전자의 발현을 조절하기도 한다.

젓당 유도체의 특징

젓당은 특정 효소에 의해 젓당 유도체로 전환된다. 억제단백질은 젓당 유도체와 결합한다.

대장균은 젓당을 이용하는 데 필요한 효소를 젓당이 없으면 합성하지 않고, 젓당이 있으면 합성해 불필요한 물질이 생산되고 에너지가 낭비되는 것을 막는다.

대장균에서 젓당이 없을 때에는 억제단백질이 작동부위에 결합하여 RNA 중합효소가 프로모터에 결합하지 못하므로 구조유전자의 전사가 일어나지 않는다. 반면 젓당이 있을 때에는 억제단백질이 젓당 유도체와 결합하여 억제단백질의 구조가 변형되므로 작동부위에 결합하지 못한다. 이로 인해 RNA 중합효소가 프로모터에 결합해 구조유전자의 전사가 일어난다. 전사로 합성된 mRNA가 번역되면 젓당분해 효소처럼 젓당을 이용하는 데 필요한 효소가 합성된다.

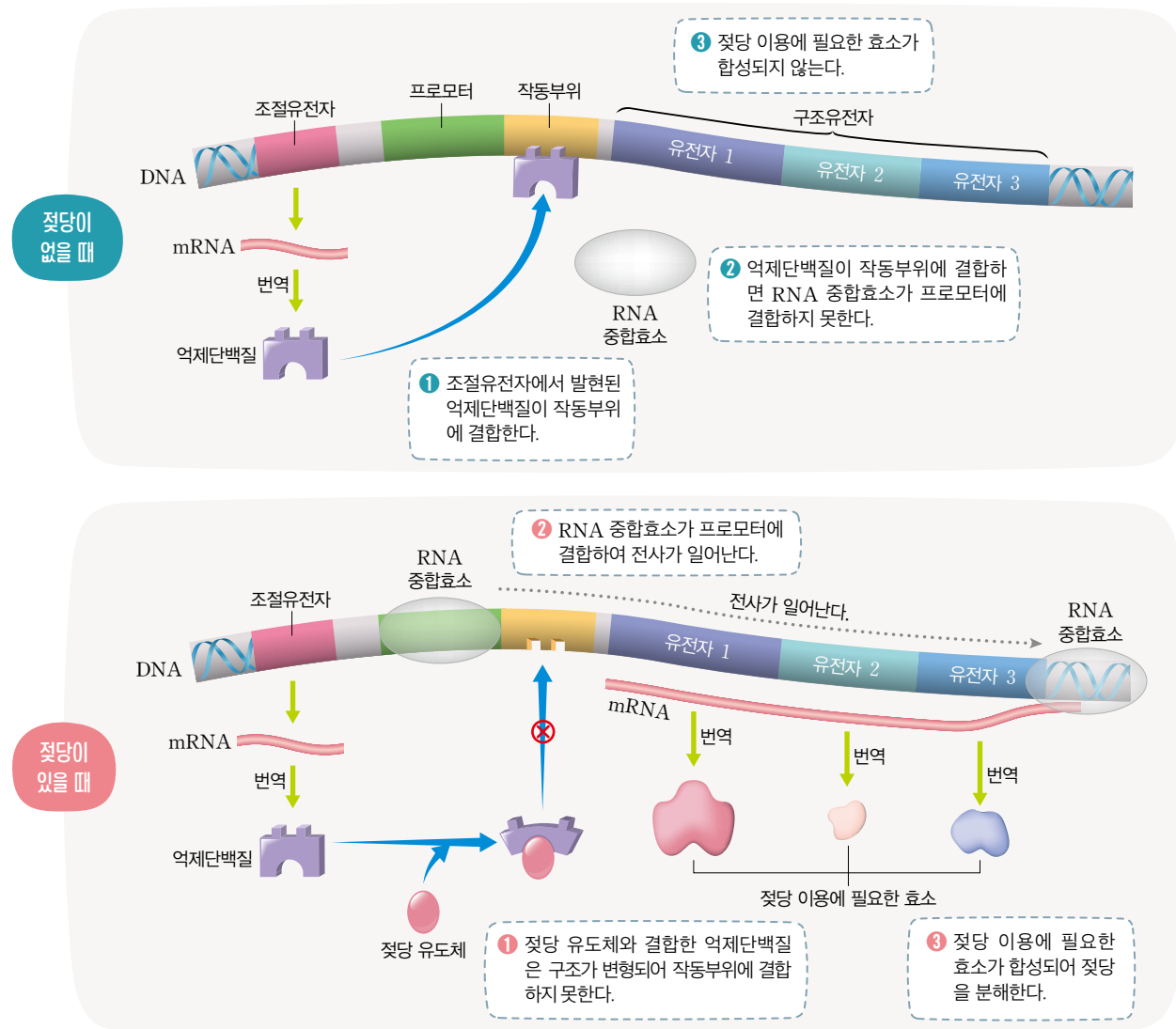


그림 II-10 젓당오페론의 조절

참의 사고 젓당오페론은 하나의 프로모터와 작동부위로 여러 유전자의 전사를 조절한다. 이와 같이 일상생활에서 하나의 도구로 여러 장치를 조절하는 예를 찾아보자.



진핵생물의 전사 조절

진핵생물의 핵 속에서 DNA는 여러 개의 히스톤 단백질을 감아 뉴클레오솜을 형성하고, 수많은 뉴클레오솜이 염색질을 이루고 있다. 염색질이 응축되어 있으면 RNA 중합효소 및 전사에 관여하는 인자가 DNA에 결합하지 못해 전사가 일어나기 어렵다. 그러므로 전사가 일어나려면 응축된 염색질이 풀어야 한다.

진핵생물에서는 유전자 하나의 전사가 하나의 프로모터에 의해 정교하게 조절된다. 진핵생물에서 RNA 중합효소가 프로모터에 결합하여 전사가 일어나려면 전사를 조절하는 단백질인 여러 전사인자가 필요하다. 전사인자가 결합하는 DNA 부위를 조절부위라고 하며, 조절부위에는 프로모터 가까이 있는 근거리 조절부위와 프로모터에서 멀리 떨어져 있는 원거리 조절부위가 있다. 전사인자 중 일부 전사인자가 조절부위에 결합한 뒤 나머지 전사인자가 RNA 중합효소와 결합하여 전사개시복합체를 형성하면 전사가 시작된다.

염색질의 특징

DNA가 히스톤 단백질 등과 결합한 구조이다. 염색질은 세포주기 중 간기에는 풀어진 형태이고, 분열기에는 응축된 형태이다.

? 진핵생물과 원핵생물에서 RNA 중합효소가 프로모터와 결합하는 방식은 어떻게 다를까?

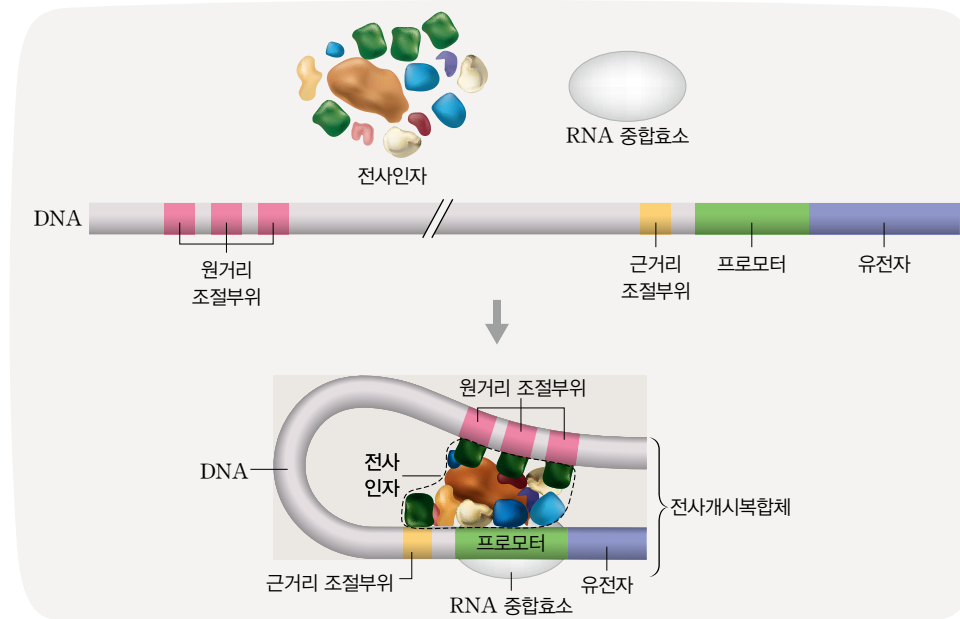


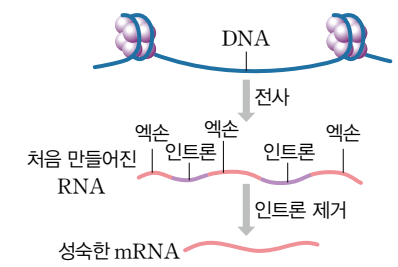
그림 II-11 진핵생물에서 전사개시복합체 형성

전사개시복합체는 여러 전사인자와 RNA 중합효소로 구성돼.

자료실 진핵생물의 전사 조절 과정에서의 인트론 제거

진핵생물의 유전자에는 엑손과 인트론이 있으므로 처음 만들어진 RNA에도 엑손과 인트론이 있다. 따라서 단백질을 암호화하는 성숙한 mRNA를 만들려면 처음 만들어진 RNA에서 인트론이 제거되고 엑손이 조합되는 과정이 필요하다. 엑손이 조합될 때 모든 엑손이 조합되는 것이 아니라 일부 엑손만 조합되기도 하는데, 이런 경우에는 하나의 유전자에서 여러 종류의 단백질이 합성될 수 있다.

전사 조절 과정에서 인트론 제거 ▶



다음 탐구에서 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서 일어나는 유전자발현 조절 과정을 비교하는 설명 자료를 만들어 보자.

탐구

- 자료 분석, 결론 도출

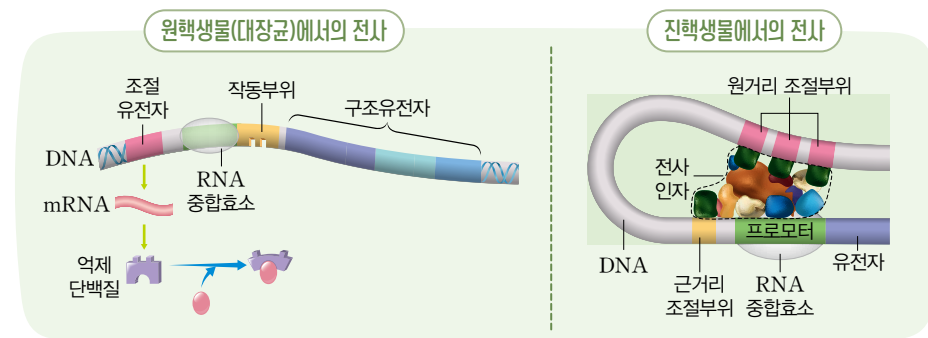
문제 해결 능력 | 의사 결정 능력

원핵생물과 진핵생물의 유전자발현 조절 비교하기

목표 원핵생물과 진핵생물의 유전자발현 조절 차이를 설명하는 자료를 만들어 발표할 수 있다.

과정 및 결과

그림은 원핵생물과 진핵생물의 세포에서 전사가 시작되는 모습을 나타낸 것이다.



- 다음을 참고하여 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서 일어나는 유전자발현 조절 과정을 토의해 보자.

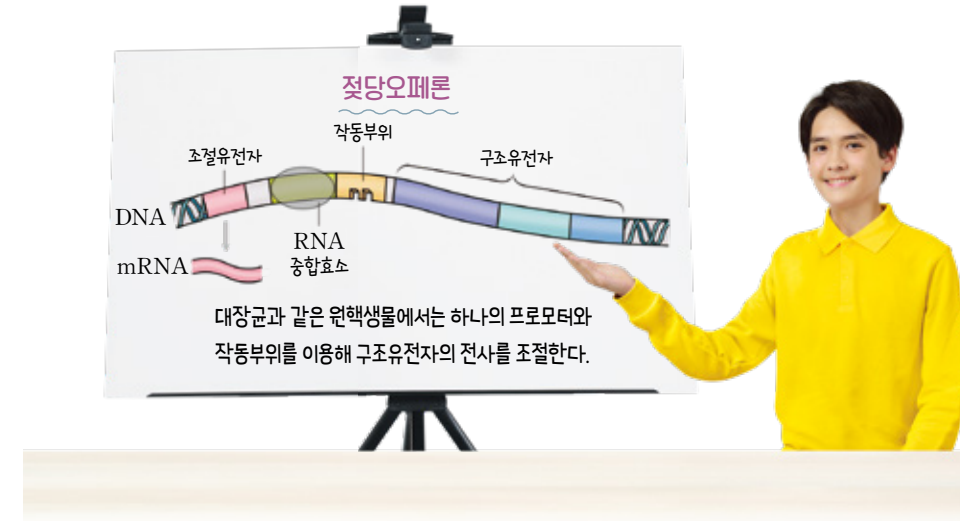
- 하나의 프로모터가 전사를 조절할 수 있는 유전자는 몇 개일까?
- 전사를 조절하는 데 여러 가지 단백질이 관여할까?
- 전사를 조절하는 단백질은 DNA의 어느 부위에 결합할까?

대장균은 적당을 이용하는 데 필요한 여러 유전자를 한꺼번에 조절한다.

사람은 적당을 이용하는 데 필요한 여러 유전자를 개별적으로 조절한다.



- 토의한 내용을 바탕으로 하여 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서 일어나는 유전자발현 조절 과정을 비교하기 위한 설명 자료를 만들어 보자.
- 설명 자료를 발표해 보자.



설명 자료는 온라인 카드 뉴스, 정보 그림, 과학 포스터, 슬라이드 자료 등 다양한 방법으로 만들 수 있어.



스스로 평가하기

| 지식·이해 | 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서의 유전자 발현 조절 과정을 비교했는가? ☆☆☆

| 과정·기능 | 전사 조절을 비교하기 위한 설명 자료를 적절한 매체를 활용하여 만들었는가? ☆☆☆

| 가치·태도 | 토의할 때 다른 사람의 의견을 주의 깊게 들었는가? ☆☆☆

정리

- 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서의 유전자발현 조절 과정의 공통점과 차이점을 비교하여 정리해 보자.

일반적으로 원핵생물에서는 기능적으로 연관된 여러 유전자가 하나의 프로모터에 연결되어 있다. 그리고 전사 조절에 관여하는 조절 단백질의 종류가 적으며, 억제단백질과 같은 조절 단백질이 작동부위에 결합한다.

반면 진핵생물에서는 유전자마다 프로모터가 따로 있다. 그리고 전사 조절에 관여하는 조절 단백질의 종류가 많으며, 전사 조절 단백질인 전사인자가 조절부위에 결합하고, 전사개시복합체를 형성한다.

스스로 확인하기

- 젖당오페론에서 억제단백질이 결합하는 부위를 무엇이라고 하는지 써 보자.
- 진핵생물에서 조절부위에 결합해 전사 조절에 관여하는 단백질을 ()이라고 한다.
- | 과학 역량 기르기 |** 조절유전자가 결실된 돌연변이형 대장균과 야생형 대장균을 젖당이 없는 배지에서 배양했다. 그 결과 두 대장균에서 나타나는 차이를 구조유전자의 발현과 관련지어 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 71 쪽 학습 목표에 ✓ 표 하여 스스로 점검해 보자.

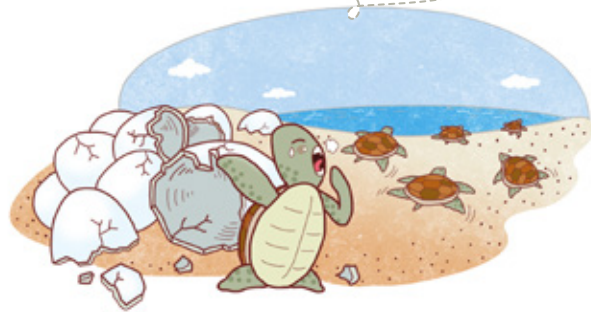
02

발생에서의 유전자발현 조절

| 학습 목표 |

- 생물의 발생 과정에서 세포분화가 유전자발현 조절 과정을 통해 일어남을 설명할 수 있다.
- 생물의 발생 초기 단계의 유전자발현 조절 과정을 설명할 수 있다.

어미 바다거북이 낳은 알은 2 개월 정도 지나면 부화한다. 2 개월 동안 바다거북의 알 속에서 어떤 일이 일어나는 것일까?



세포분화와 유전자발현 조절

사람과 같은 다세포생물은 하나의 수정란이 체세포분열을 거듭하여 조직과 기관을 형성하면서 개체가 되는 발생을 하며, 이 과정에서 특정한 형태와 기능을 갖게 되는 **세포분화**가 일어난다. 그 결과 개체는 여러 종류의 세포로 이루어져 다양한 생명활동을 할 수 있다.

하나의 수정란에서 체세포분열 결과 형성된 세포는 모두 같은 DNA를 가지지만, **그림 II-12**와 같이 모든 세포에서 *피루브산 탈수소효소 유전자처럼 공통으로 발현되는 것도 있고, 모근세포에서 케라틴 유전자가 발현되는 것이나 근육세포에서 마이오신 유전자가 발현되는 것처럼 세포마다 특이적으로 발현되는 것도 있다. 이와 같이 세포에 따라 발현되는 유전자의 차이로 세포가 갖는 단백질의 종류와 양이 달라져 세포의 형태와 기능이 구별된다.

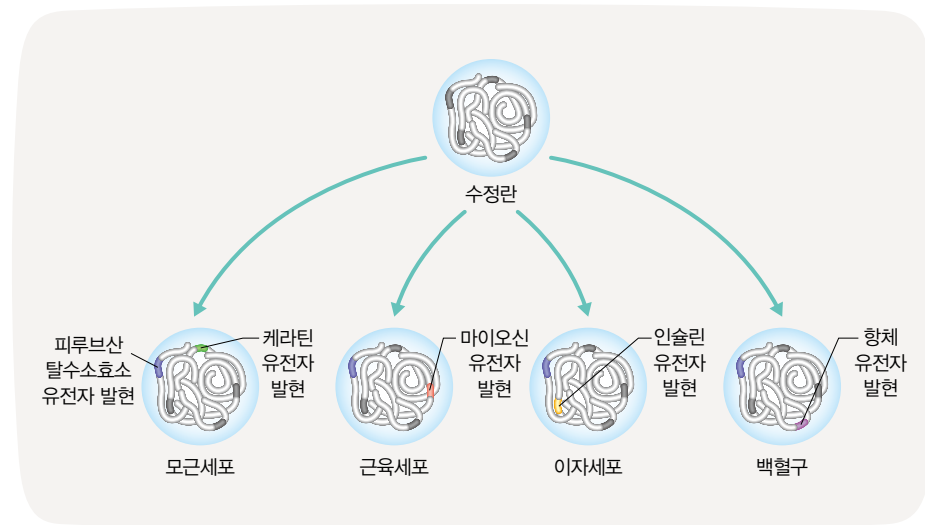


그림 II-12 수정란에서 세포분화로 만들어진 다양한 세포

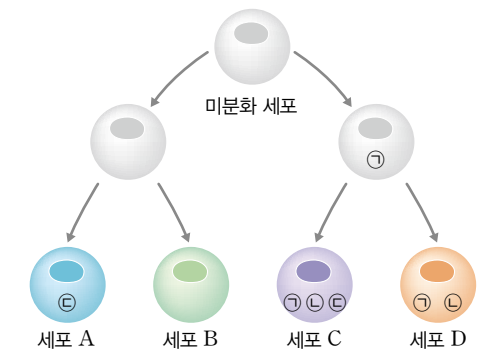
다음 해 보기에서 생물의 발생 과정에서 세포가 분화되는 과정을 알아보자.

해보기

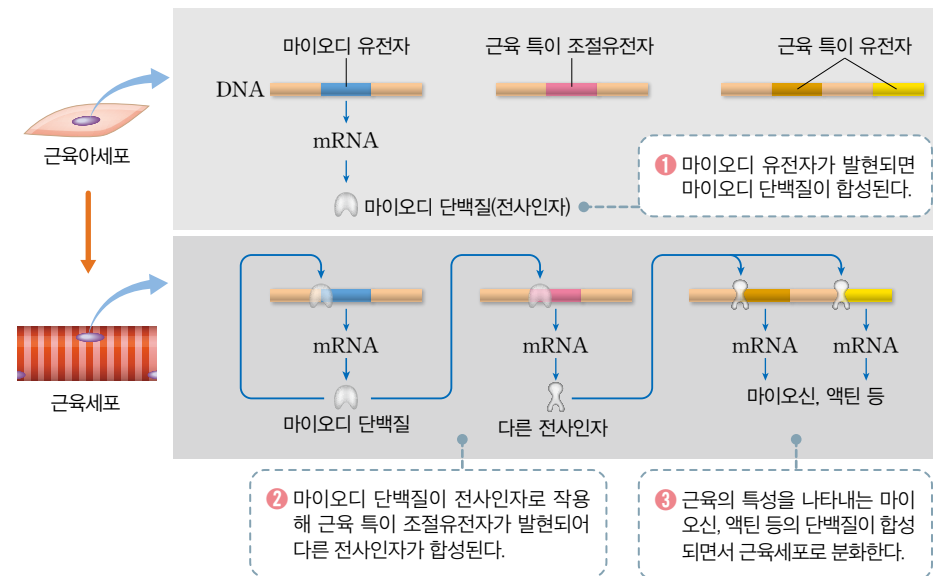
세포분화와 유전자발현의 관계 알아보기

그림은 어떤 동물의 발생에서 세포 A~D가 분화되는 과정과 각 세포에서 세포분화에 중요한 역할을 하는 전사인자 ㉠~㉢의 유무를 나타낸 것이다.

1. ㉠을 암호화하는 유전자와 ㉢을 암호화하는 유전자 중 ㉡이 있어야만 발현되는 유전자를 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.
2. ㉢을 암호화하는 유전자가 결실되면 A~D 중 형성되지 못할 세포가 무엇인지 있는 대로 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 전사인자와 관련지어 설명해 보자.



DNA에는 여러 가지 전사인자를 암호화하는 유전자가 있으며, 이 중 특정 전사인자 유전자가 발현되어 특정 세포는 고유한 전사인자 조합을 가진다. 전사인자의 조합에 따라 유전자발현이 조절되면서 미분화 세포는 여러 종류의 세포로 분화할 수 있다. 전사인자를 암호화하는 유전자를 조절유전자라고 하며, 조절유전자가 발현되어 전사인자가 합성되면 이 전사인자가 또 다른 조절유전자의 발현을 조절할 수 있다. 이러한 조절유전자 중 세포의 운명을 결정하는 가장 상위의 조절유전자를 **핵심조절유전자**라고 한다. 대표적인 핵심조절유전자에는 **그림 II-13**과 같이 근육세포의 분화를 최초로 결정하는 마이오디 유전자가 있다.



핵심조절유전자인 마이오디 유전자가 발현되면 마이오신, 액틴 등 근육세포에 필요한 단백질이 합성돼.

그림 II-13 근육세포의 분화 과정

발생에서의 유전자발현 조절은 중학교 『과학』의 '생식과 유전' 단원과 연계된다.

디지털 탐색

세포분화, 생물의 발생, 발생 연구를 검색하여 세포분화와 발생 과정을 설명하는 동영상 시청해 보자.

* 피루브산 탈수소효소

세포호흡에서 피루브산을 아세틸 조효소 A로 전환하는 데 관여하는 효소

호미오유전자를 검색하여 호미오유전자의 특징을 찾아보자.

발생 과정에서의 기관 형성과 유전자발현 조절

사람의 발생 과정에서 귀는 머리의 특정 위치에서, 다리는 몸통 아랫부분에서만 형성된다. 초파리의 발생 과정에서 더듬이는 머리의 특정 위치에서, 다리는 가슴에서만 형성된다. 이처럼 동물의 발생 과정에서 몸의 각 기관이 정확한 위치에서 형성되어야 하는데, 이 과정에 관여하는 핵심조절유전자를 호미오유전자라고 한다.

초파리에는 그림 II-14와 같이 하나의 염색체에 호미오유전자가 배열되어 있다. 호미오유전자로부터 합성된 전사인자에 의해 특정 유전자의 발현이 조절되고, 그 결과 몸의 정확한 위치에 적절한 기관이 형성된다.

체절의 특징

동물의 머리에서 꼬리 방향으로 반복해서 형성되는 마디를 체절이라고 한다. 초파리의 경우 눈은 머리 체절에서, 날개와 다리는 가슴 체절에서 형성된다.

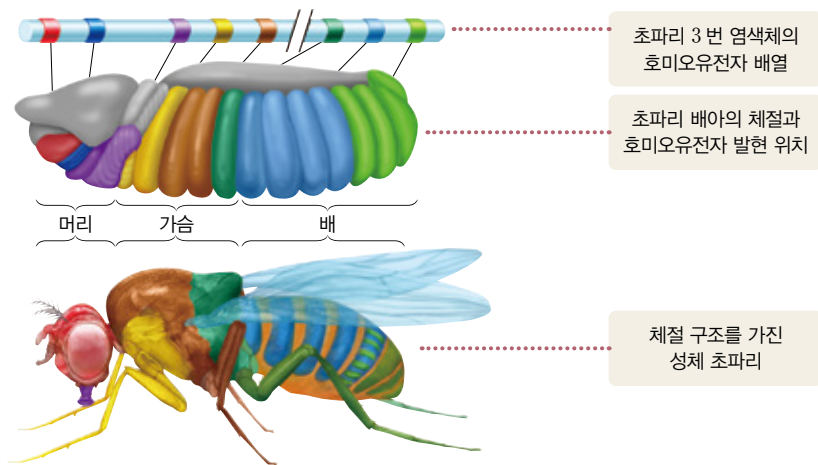


그림 II-14 초파리 호미오유전자의 발현 초파리의 몸 구조는 발현되는 호미오유전자의 종류에 따라 결정된다.

호미오유전자가 동물의 발생 과정에서 어떤 조절을 하는지는 호미오유전자의 돌연변이를 통해 밝혀졌다. 초파리의 경우 가슴에서 발현되는 특정 호미오유전자는 다리가 형성되는 것에 관여한다. 이 호미오유전자에 돌연변이가 일어나면 머리에서 그림 II-15와 같이 더듬이가 형성되어야 할 부분에 다리가 형성된다.



그림 II-15 초파리의 비정상적인 다리 형성 야생형 초파리는 머리에서 더듬이가 형성되지만, 돌연변이형 초파리는 머리에서 더듬이 대신 다리가 형성된다.

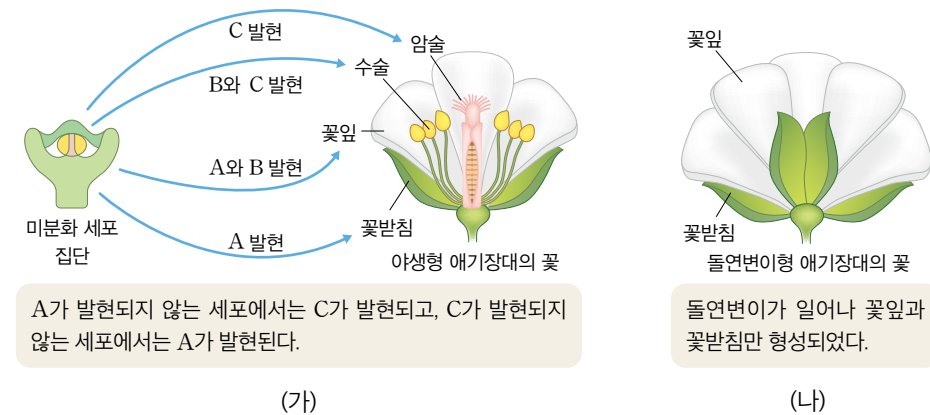
식물에도 기관의 형성에 관여하는 핵심조절유전자가 있다. 다음 해 보기에서 식물에서의 유전자발현 조절을 통해 꽃이 형성되는 과정을 알아보자.

해보기

탐구 능력 | 문제 해결 능력

식물의 기관 형성과 유전자발현 조절 알아보기

애기장대의 꽃 구조 형성에 관여하는 핵심조절유전자 A~C 중 어느 유전자가 발현되는지에 따라 암술, 수술, 꽃잎, 꽃받침이 형성된다. 그림 (가)는 A~C의 발현 여부와 야생형 애기장대의 꽃을, (나)는 돌연변이형 애기장대의 꽃을 나타낸 것이다.



1. 꽃받침으로 분화될 예정인 세포에서 발현되는 유전자가 무엇인지 써 보자.
2. (나)는 A~C 중 유전자 하나가 결실되어 수술 자리에 꽃잎이, 암술 자리에 꽃받침이 형성되었다. 그 까닭을 결실된 유전자와 관련지어 설명해 보자.

동물, 식물 같은 다세포생물에서 기관의 형성에 관여하는 핵심조절유전자가 정확한 시기에 정확한 위치에서 발현되면 각 기관은 정해진 위치에서만 형성된다. 다세포생물의 발생 과정에서 유전자발현의 조절에 의해 기관이 형성되므로 유전자 발현 조절은 발생을 포함한 여러 생명활동에 중요한 역할을 한다.

스스로 확인하기

- 1 하나의 수정란으로부터 만들어진 세포가 특정한 형태와 기능을 갖게 되는 것을 () (이)라고 한다.
- 2 세포의 운명을 결정하는 가장 상위의 조절유전자를 무엇이라고 하는지 써 보자.
- 3 | 과학 역량 기르기 | 1 쌍의 날개를 갖는 야생형 초파리에서 어떤 호미오유전자의 발현을 억제했더니 2 쌍의 날개가 형성되었다. 이 호미오유전자의 역할을 설명해 보자.

단원을 마치기 전에
학습 목표를 달성했는지
76 쪽 학습 목표에 ✓ 표
하여 스스로 점검해 보자.

03

유전자발현 조절 및 발생 연구와 인류 복지

| 학습 목표 |

- 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여했음을 사례를 들어 설명할 수 있다.

심한 화상을 입어 피부 이식이 필요한 경우 자신의 미분화 세포를 배양하여 얻은 피부조직을 이식하기도 한다. 어떻게 미분화 세포로부터 피부조직을 얻을 수 있을까?



유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구의 성과는 의료 등 여러 분야에 활용되면서 인류가 건강하게 살아가는 데 기여했다. 대표적인 사례에는 암의 진단과 치료,

*줄기세포와 유전자편집기술을 활용하는 재생 의학 등이 있다.

유전자발현 조절에 대한 연구 과정에서 발견된 TP53 유전자는 암의 발생과 관련이 있을 것이라고 예상했다. TP53 유전자가 발현되지 못한 세포는 TP53 유전자가 발현된 세포보다 암세포가 될 가능성이 높다는 것을 알아냈고, 이를 통해 TP53 유전자가 암의 발생을 억제하는 유전자라는 것이 밝혀졌다. 이 연구의 성과를 활용해 TP53 유전자의 기능을 회복하는 항암제를 개발하고 있다.

* 줄기세포

세포분열을 통해 증식하고 뉴런, 근육세포 등 여러 종류의 세포로 분화할 수 있는 미분화 세포

TP53

암(tumor) 영문의 t, 단백질(protein) 영문의 p를 따서 TP라고 이름을 붙였다. 53은 이 유전자의 산물인 TP53 단백질의 분자량이 53000이어서 붙여진 것이다.

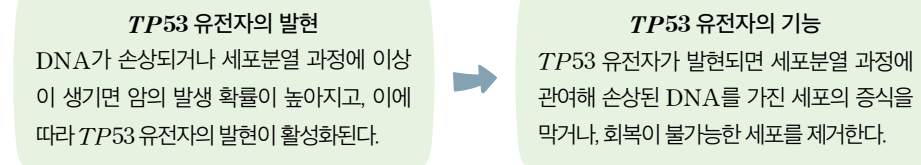


그림 II-16 암의 발생을 억제하는 TP53 유전자

발생에 대한 연구를 통해 세포분화, 기관의 형성 등에 관여하는 유전자 및 줄기세포가 발견되었으며, 다양한 유전자를 교정할 수 있는 유전자편집기술이 개발되었다. 이 성과는 줄기세포를 이용해 인공 각막을 만들어 각막이 손상된 환자에게 이식하거나, 인공 이자를 만들어 인슐린이 잘 분비되지 않는 환자에게 이식하는 재생 의학 분야에 활용하고 있다.

그림 II-17 줄기세포를 이용해 만든 인공 각막

다음 탐구에서 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 우리 생활에 어떻게 기여했는지 알아보자.

탐구

유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여한 사례 조사하기

조사, 협력적 소통

목표 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여한 사례를 조사하여 토의할 수 있다.

과정 및 결과

1. 모둠별로 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여한 여러 가지 사례를 조사해 보자.
2. 조사한 사례 중 하나를 골라 보자.
3. 고른 사례와 관련된 최신 연구, 인공지능(AI)의 활용에 대해 조사해 보자.
4. 조사한 내용을 바탕으로 하여 어떤 발표 자료를 만들지 토의해 보자.
5. 발표 자료를 만들어 발표해 보자.

브라카 유전자를 이용한 암 발생 가능성 진단

- 유전자발현 조절에 대한 연구로 암의 발생을 억제하는 브라카 유전자가 발견되었다.
- 브라카 유전자에 이상이 있는 사람은 정상인보다 유방암, 난소암, 전립선암 등의 발병률이 높다.
- 인공지능(AI)을 활용한 브라카 유전자 검사를 통해 유전자의 이상 여부를 발견하여 암의 발생 가능성을 진단한다.

준비물

- ☒ 스마트 기기
- ☒ 유전자발현 조절 및 발생과 관련된 책

스스로 평가하기

[지식·이해] 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 어떻게 기여했는지 설명했는가? ☆☆☆

[과정·기능] 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여한 사례를 조사하는 과정에서 협력적으로 소통했는가? ☆☆☆

[가치·태도] 인류의 건강하고 풍요로운 삶에 과학이 유용함을 인식했는가? ☆☆☆

정리

- 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구에서 새롭게 알게 된 사실을 정리해 보자.

최근 인공지능(AI)을 활용하면서 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구의 효율성이 높아져 더 많은 성과를 내고 있다. 따라서 앞으로 많은 유전자가 발견되고 이 유전자를 교정할 수 있는 기술이 발달한다면 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구는 인류의 건강하고 풍요로운 삶에 크게 기여할 것이다.

스스로 확인하기

- 1 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 기여한 사례를 한 가지만 써 보자.
- 2 | 과학 역량 기르기 | 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 더 많이 이루어진다면 인류의 건강과 복지에 어떻게 기여할 수 있을지 설명해 보자.

단원을 마치기 전에 학습 목표를 달성했는지 80 쪽 학습 목표에 ☒ 표하여 스스로 점검해 보자.

유전공학연구원

유전자의 구조 및 유전자발현 조절에 대한 연구가 활발해지면서 세포에서 유전자가 발현되는 과정 등을 연구하는 유전공학연구원이 주목 받고 있다. 유전공학을 연구하고 활용하는 유전공학연구원 덕분에 의약품, 농작물 등을 쉽게 이용할 수 있게 되었다.

유전공학연구원은 어떤 일을 하나요?

유전공학연구원은 다양한 생물에게서 우리가 활용할 수 있는 유전자를 찾고, 여러 유전자를 재조합하여 유익한 물질을 대량 생산할 수 있는 방법 및 이와 관련된 생물을 개발합니다. 또 암, 치매, 유전병 같은 질병을 일으키는 원인을 연구합니다. 유전공학연구원은 정부 기관, 생명공학 관련 기업, 의약품 제조 회사 등에서 일할 수 있습니다.



토의·토론

내가 유전공학연구원이라면 인류의 건강과 복지를 위해 어떤 연구를 하고 싶은지 이야기해 보자.



의사 결정 능력

유전공학연구원이 되려면 어떻게 준비하나요?

유전공학연구원이 되려면 생명과학, 유전공학, 의학, 약학 등을 전공해야 합니다. 생물의 생명 활동이 일어나는 원리를 알고, 생물의 유전 방식을 연구해야 하므로 논리적으로 문제를 해결할 수 있는 분석력과 판단력을 길러야 합니다. 전자현미경과 같은 최첨단 실험 도구와 다양한 컴퓨터 프로그램을 활용할 수 있는 능력도 필요합니다.



디지털 탐색

워크넷(www.work.go.kr)

유전공학연구원과 관련된 정보를 찾아보자.



종단원 마무리

2. 유전자발현 조절

01 전사에서의 유전자발현 조절

71 쪽~75 쪽

1. 원핵생물의 전사 조절

- ① : 프로모터, 작동부위, 구조유전자로 구성된 집단이다.
- 젓당오페론: 프로모터, 억제단백질이 결합하는 작동부위, 젓당을 이용하는 데 필요한 효소들을 암호화하는 구조유전자로 구성된다. 젓당오페론의 앞부분에 억제단백질을 암호화하는 조절유전자가 있다.



▲ 젓당오페론의 구조와 조절유전자

2. 진핵생물의 전사 조절

- ② : RNA 중합효소가 프로모터에 결합하고 전사가 일어나는 것을 조절하는 데 관여하는 여러 가지 단백질이다.
- 전사인자 중 일부 전사인자가 조절부위에 결합한 뒤 나머지 전사인자가 RNA 중합효소와 결합하여 전사개시 복합체를 형성하면 전사가 시작된다.

2. 진핵생물의 전사 조절

- ② : RNA 중합효소가 프로모터에 결합하고 전사가 일어나는 것을 조절하는 데 관여하는 여러 가지 단백질이다.
- 전사인자 중 일부 전사인자가 조절부위에 결합한 뒤 나머지 전사인자가 RNA 중합효소와 결합하여 전사개시 복합체를 형성하면 전사가 시작된다.

스스로 평가하기

이 단원에서 학습한 내용을 확인하고 스스로 평가해 봅시다.

- | | | | | |
|--------------|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 지식·이해 | 원핵생물과 진핵생물의 전사 단계에서의 유전자발현 조절 과정을 설명했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 생물의 발생 과정에서 일어나는 세포분화를 유전자발현 조절 과정으로 설명했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 과정·기능 | 원핵생물과 진핵생물의 유전자발현 조절 과정을 비교하기 위한 설명 자료를 만들었는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 생물의 발생 초기 단계의 유전자발현 조절 과정을 추론했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| 가치·태도 | 유전자발현 조절이 생물의 발생 및 생명활동에 중요함을 느꼈는가? | ☐ | ☐ | ☐ |
| | 생물의 유전자발현 조절 및 발생에 대한 연구가 인류 복지에 유용함을 인식했는가? | ☐ | ☐ | ☐ |

우수 보통 미흡

평가 결과가 아쉽다면 '2. 유전자발현 조절'을 다시 한번 학습해 봅시다.

3. 원핵생물과 진핵생물의 유전자발현 조절 비교

원핵 생물	- 기능적으로 연관된 여러 유전자가 하나의 프로모터에 연결되어 있다. - 억제단백질 같은 조절 단백질이 작동부위에 결합한다.
진핵 생물	- 유전자마다 프로모터가 따로 있다. - 전사 조절 단백질인 전사인자가 조절부위에 결합한다.

02 발생에서의 유전자발현 조절

76 쪽~79 쪽

1. 세포분화와 유전자발현 조절

- ③ : 하나의 수정란으로부터 만들어진 세포가 특정한 형태와 기능을 갖게 되는 것이다.
- 분화된 세포는 모두 같은 DNA를 가지지만, 세포에 따라 발현되는 유전자의 차이로 세포가 갖는 단백질의 종류와 양이 달라져 세포의 형태와 기능이 구별된다.
- ④ : 유전자발현 조절 과정에서 세포의 운명을 결정하는 가장 상위의 조절유전자이다.

2. 발생 과정에서의 기관 형성과 유전자발현 조절

- ⑤ : 동물의 발생 과정에서 몸의 각 기관이 정확한 위치에 형성되게 결정하는 핵심조절유전자이다.
- 다세포생물의 발생 과정에서 핵심조절유전자의 조절을 받아 기관이 형성된다.

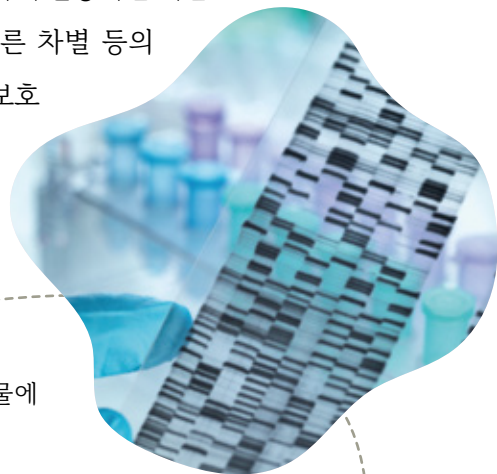
03 유전자발현 조절 및 발생 연구와 인류 복지

80 쪽~81 쪽

- 유전자발현 조절 및 발생 연구로 인류 복지에 기여한 사례에는 암의 진단과 치료, 재생 의학 등이 있다.

유전체 정보의 보호와 올바른 활용 홍보하기

유전체 정보는 생명과학뿐 아니라 다른 학문 분야에서도 유용한 자료로 쓰일 수 있다. 유전체 정보가 무분별하게 활용되면 개인 정보가 노출되거나 유전체 정보에 따른 차별 등의 문제가 발생할 수 있다. 유전체 정보를 보호하고 올바르게 활용하기 위한 홍보물을 만들어 홍보 활동을 해 보자.



1. 고안하기

- 모둠별로 유전체 정보의 보호와 올바른 활용을 알리는 홍보물에 들어갈 내용과 홍보물의 형태를 정해 보자.
- 홍보물을 이용하여 홍보 활동을 할 대상, 장소, 시간 등을 정해 보자.
- 홍보물 제작을 위해 모둠원의 역할을 나누어 보자.

2. 수행하기

- 다음을 참고하여 유전체 정보의 활용 사례 및 이와 관련된 정책과 법을 조사해 보자.

- 유전체 정보가 사회적으로 유용하게 활용된 사례
- 유전체 정보가 노출되어 개인이 피해를 본 사례
- 유전체 정보의 보호 및 활용과 관련된 정책과 법

- 조사한 내용을 바탕으로 하여 유전체 정보의 보호와 올바른 활용을 알리는 홍보물을 만들어 보자.

3. 실행하기

- 홍보물을 이용하여 홍보 활동을 해 보자.
- 다음 표를 활용하여 우리 모둠과 다른 모둠의 활동을 평가해 보자.

평가 내용	우수	보통	미흡
지식·이해 유전체 정보의 보호와 올바른 활용에 대해 설명했는가?			
과정·기능 유전체 정보의 보호와 올바른 활용에 대한 홍보물을 만들고, 홍보 활동을 했는가?			
가치·태도 유전체 정보를 보호하고 올바르게 활용할 수 있다는 마음가짐으로 홍보 활동에 참여했는가?			

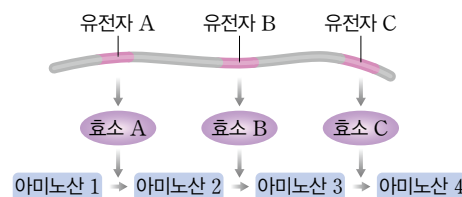
대단원 마무리

II. 유전자의 발현

133 쪽에서 정답을 확인할 수 있어요.

1. 유전자발현 과정 56 쪽

- 그림은 야생형 생물 (가)에서 아미노산 1로부터 아미노산 4를 만드는 데 관여하는 효소와 유전자를 나타낸 것이다. 돌연변이형 생물 (나)는 유전자 A에 돌연변이가 일어나 효소 A가 합성되지 않는다. 아미노산 4는 생물 (가)와 (나)의 성장에 필수적인 아미노산이다.

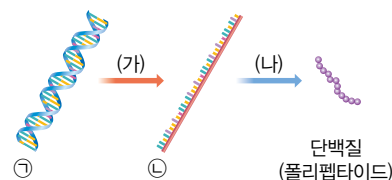


이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 골라 보자.

- [보기]
- 유전자 A에는 효소 A에 대한 유전정보가 저장되어 있다.
 - (가)는 최소배지에 아미노산 1을 첨가한 배지에서 성장할 수 있다.
 - (나)는 아미노산 1이 있는 배지에 아미노산 3을 첨가하면 성장할 수 있다.

1. 유전자발현 과정 56 쪽

- 그림은 유전자발현 과정을 나타낸 것이다. ㉠과 ㉡은 mRNA와 DNA를 순서 없이 나타낸 것이며, (가)와 (나)는 번역과 전사를 순서 없이 나타낸 것이다.



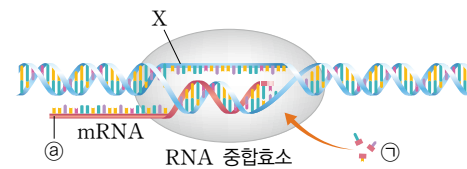
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- ㉠은 DNA이다.
 - (가)는 전사이다.
 - ㉡은 라이보솜을 구성한다.

- ㉠
- ㉡
- ㉠, ㉡
- ㉠, ㉡
- ㉠, ㉡, ㉢

1. 유전자발현 과정 56 쪽

- 그림은 효모에서 일어나는 전사 과정을 나타낸 것이다. X는 이중 가닥 DNA를 구성하는 단일 가닥 DNA이며, ㉢는 mRNA의 5' 말단과 3' 말단 중 하나이고, ㉣는 뉴클레오타이드이다.



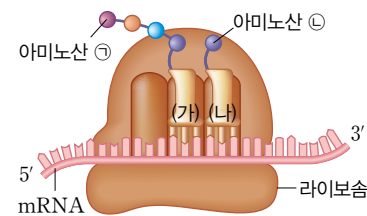
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- [보기]
- X는 mRNA와 상보적인 염기서열을 가진다.
 - ㉢는 5' 말단이다.
 - ㉣에 디옥시라이보스가 있다.

- ㉠
- ㉡
- ㉢
- ㉠, ㉡
- ㉠, ㉡

1. 유전자발현 과정 56 쪽

- 그림은 번역이 일어나는 과정의 일부를 나타낸 것이다. (가)와 (나)는 tRNA이며, ㉠과 ㉡ 중 하나는 개시코돈이 암호화하는 아미노산이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

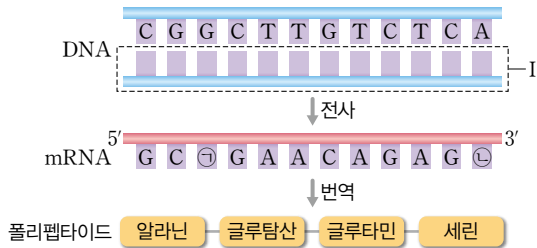
- [보기]
- ㉠은 개시코돈이 암호화하는 아미노산이다.
 - (가)는 라이보솜 대단위체의 P 자리에, (나)는 A 자리에 위치한다.
 - (가)는 (나)보다 먼저 라이보솜에서 방출된다.

- ㉠
- ㉡
- ㉠, ㉡
- ㉠, ㉡
- ㉠, ㉡, ㉢

과학 역량 기르기

1. 유전자발현 과정 56 쪽

05 그림은 어느 생물에서 전사와 번역을 통해 4 개의 아미노산으로 이루어진 폴리펩타이드가 합성되는 과정을 나타낸 것이다. I은 이중 가닥 DNA를 구성하는 단일 가닥 DNA이며, ㉠과 ㉡은 mRNA의 염기이다.



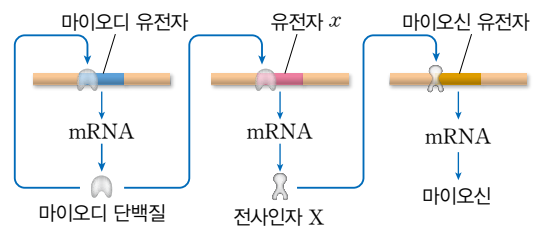
이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. I은 전사에서 주형 가닥으로 사용된다.
 - ㄴ. ㉠과 ㉡은 염기의 종류가 서로 다르다.
 - ㄷ. 세린을 암호화하는 코돈에는 AGU가 있다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄴ ⑤ ㄴ, ㄷ

2. 유전자발현 조절 70 쪽

06 그림은 생쥐에서 근육세포의 분화에 관여하는 유전자 발현 과정과 유전자발현으로 합성된 단백질의 작용을 나타낸 것이다.



이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은?

- 보기
- ㄱ. 마이오디 단백질은 전사인자이다.
 - ㄴ. 이 과정에서 핵심조절유전자는 마이오신 유전자이다.
 - ㄷ. 세포 내 X의 농도가 증가하면 마이오신의 농도도 증가한다.

① ㄱ ② ㄴ ③ ㄷ ④ ㄱ, ㄷ ⑤ ㄴ, ㄷ

1. 유전자발현 과정 56 쪽

07 그림은 붉은빵곰팡이에서 아르지닌이 합성되는 과정을, 표는 붉은빵곰팡이의 야생형, 돌연변이 I, 돌연변이 II를 오르니틴을 첨가한 최소배지와 시트룰린을 첨가한 최소배지에서 배양했을 때 성장 여부를 나타낸 것이다. I과 II는 각각 유전자 A~C 중 하나에 돌연변이가 일어났으며, ㉠과 ㉡은 시트룰린과 오르니틴을 순서 없이 나타낸 것이다.

유전자	전구 물질	구분	최소배지 + 오르니틴	최소배지 + 시트룰린
유전자 A → 효소 A →	㉠	야생형	성장함.	성장함.
유전자 B → 효소 B →	㉡	I	성장함.	성장함.
유전자 C → 효소 C →	아르지닌	II	성장 못함.	성장함.

- (1) ㉠과 ㉡이 무엇인지 각각 써 보자.
- (2) I과 II는 각각 A~C 중 어느 유전자에 돌연변이가 일어났는지 그렇게 판단한 까닭과 함께 설명해 보자.

1. 유전자발현 과정 56 쪽

08 표 (가)는 유전자 I과 II의 주형 가닥 염기서열과 합성되는 폴리펩타이드를, (나)는 유전부호 표의 일부를 나타낸 것이다.

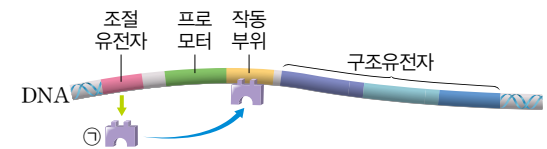
유전자	주형 가닥 염기서열	폴리펩타이드
(가) I	3'-TACATGCGGACCATT-5'	X
II	3'-TACATGCGGACTATT-5'	Y

코돈	아미노산	코돈	아미노산	코돈	아미노산
(나) AUG	메싸이오닌	UAC	타이로신	UAA, UGA	종결코돈
UGG	트립토판	GCC	알라닌		

- (1) X와 Y에 공통으로 있는 아미노산은 무엇인지 써 보자.
- (2) X와 Y 중 아미노산의 개수가 더 많은 폴리펩타이드는 무엇인지 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

2. 유전자발현 조절 70 쪽

09 그림은 젓당오페론의 조절 과정 중 일부를 나타낸 것이다.

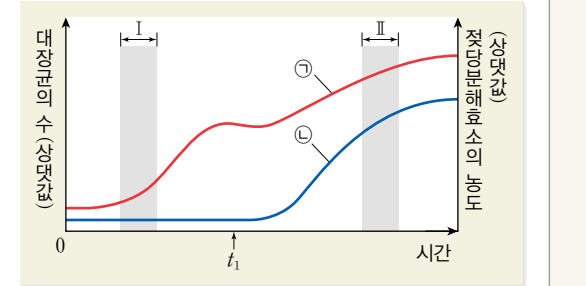


- (1) ㉠이 무엇인지 써 보자.
- (2) ㉠이 작동부위에 결합했을 때 구조유전자의 발현에 어떤 영향을 미치는지 설명해 보자.

과학 글쓰기

[11~12] 다음은 대장균을 이용하여 실험한 자료이다. 물음에 답해 보자.

- 대장균이 증식하려면 포도당이나 젓당 같은 양분이 필요하다.
- 포도당만 포함된 배지에 대장균을 넣고 배양하다가 t_1 일 때 젓당을 첨가했다.
- 시간에 따른 대장균의 수와 대장균에서 합성되는 젓당분해효소의 농도는 그림과 같았다. ㉠과 ㉡은 대장균의 수와 젓당분해효소의 농도를 순서 없이 나타낸 것이다.



11 ㉠과 ㉡이 무엇인지 각각 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

.....

.....

.....

.....

12 구간 I과 II 중 대장균에서 억제단백질이 작동부위에 결합하고 있는 비율이 높은 구간을 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명해 보자.

.....

.....

.....

.....

이 단원의 활동 결과물을 모아 나만의 포트폴리오를 완성해 보자.