



# 정답친해

정확한 답과 친절하 해설

생명과학 I

## 생명 과학의 이해

### 1 생명 과학의 이해

#### 1 생물의 특성

14쪽

**완자샘** Q1 물질대사  
**비법 특강** Q2 ㉠ 동화, ㉡ 이화

**Q1** 실험 (가), (나), (다)는 '생물은 물질대사를 한다.'라는 생물의 특성을 전제로 화성 토양에 생명체가 존재하는지의 여부를 확인하기 위해 설계된 것이다.

**Q2** 실험 (가)는 광합성(동화 작용), 실험 (나)와 (다)는 호흡(이화 작용)을 하는 생물이 있는지 알아보기 위한 것이다.

#### 개념 확인 문제

15쪽

① 세포 ② 동화 작용 ③ 이화 작용 ④ 항상성 ⑤ 발생  
⑥ 성장 ⑦ 유전 ⑧ 진화

1 ㉠ 세포, ㉡ 기관 2 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × 3 가, 다,  
ㄹ 4 (1) ㄴ (2) ㄷ (3) ㄱ (4) ㄴ (5) ㄹ (6) ㄷ 5 A: 핵산  
(DNA), B: 단백질 꺾질 6 (1) × (2) × (3) ○

**1** 다세포 생물은 세포들이 모여 조직을 이루고, 여러 조직이 모여 기관을 형성하며, 기관들이 모여 개체를 이룬다.

**2** (1) 생물은 물질대사를 통해 몸에 필요한 물질을 합성하고 생명 활동에 필요한 에너지를 얻으므로 물질대사가 일어나지 않으면 생명을 유지할 수 없다.

(2) 물질대사에는 반드시 에너지 출입이 수반되므로 물질대사를 에너지 대사라고도 한다.

(3) 효소는 반응을 촉매하는 생체 촉매이지, 반응물이 아니다.

(4) 이화 작용은 복잡한 물질을 간단한 물질로 분해하는 반응이며, 반응 과정에서 에너지가 방출된다.

**3** 생물의 특성은 개체 유지 현상(세포로 구성, 발생과 성장, 항상성, 물질대사, 자극에 대한 반응)과 종족 유지 현상(생식과 유전, 적응과 진화)으로 구분할 수 있다.

**4** (1) 식물의 썩은 빛 자극을 받으면 빛을 향해 굽어 자라는 반응이 나타난다.

(2) 체내 수분량과 삼투압을 조절하여 오줌양이 달라지는 것은 항상성과 관련이 깊다.

(3) 물질의 합성과 분해는 물질대사에 해당한다.

(4) 가랑잎벌레의 몸이 주변 환경과 비슷하게 변화한 것은 적응과 진화에 해당한다.

(5) 어머니의 색맹 유전자가 아들에게 전달되어 형질이 유전된다.

(6) 수정란이 세포 분열을 하여 세포 수를 늘리고 조직과 기관을 형성하여 하나의 개체가 되는 과정을 발생이라고 한다.

**5** 박테리오파지는 유전 물질인 핵산(DNA)과 단백질 꺾질로 구성되어 있다.

**6** (1) 바이러스는 세균 여과기를 통과할 정도로 작다.

(2) 바이러스는 세포막으로 싸여 있지 않으며, 리보솜과 같은 세포 소기관이 없는 등 세포의 구조를 갖추지 못하였다.

(3) 바이러스는 숙주 세포 밖에서는 단백질 결정체로 존재하며 독립적으로 물질대사를 하지 못한다.

#### 대표 자료 분석

16쪽

**자료 ①** 1 물질대사 2 ㉢ 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○

**자료 ②** 1 (가) 박테리오파지 (나) 대장균 2 ㄷ 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×

**1-1** 생물은 세포 호흡을 통해 영양소를 분해하여 활동에 필요한 에너지를 얻는다. 생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응을 물질대사라고 한다.

**1-2** 벌새의 날개 구조가 공중에서 정지한 상태로 꿀을 빨아 먹기에 적합하게 되어 있는 것은 환경에 적합하도록 몸의 형태와 기능이 변한 것이므로 적응과 진화의 예에 해당한다. 사막에 사는 선인장의 잎이 가시로 변하여 수분 증발을 막는 것도 적응과 진화의 예에 해당한다.

①은 항상성, ②는 생식, ④, ⑤는 자극에 대한 반응의 예이다.

**1-3** (1) (가)는 환경에 적합하도록 몸의 형태와 기능이 변한 것이므로 적응과 진화의 예에 해당한다.

(2) 적응과 진화(가)는 종족 유지 현상에 해당하고, 물질대사(나)는 개체 유지 현상에 해당한다.



- (3) 세포 호흡(㉠)과 같은 물질대사 과정에는 효소가 관여한다.
- (4) 세포 호흡(㉠)은 영양소가 분해되면서 에너지가 방출되는 과정이므로 이화 작용이다.
- (5) 개구리의 수정란이 올챙이를 거쳐 개구리와 같은 완전한 개체가 되는 것은 발생과 성장(㉡)의 예에 해당한다.

**2-1** (가)는 세포의 구조를 갖추지 못한 박테리오파지이고, (나)는 세포로 이루어진 대장균이다.

**2-2** ㄱ, ㄷ. 박테리오파지(가)는 세포의 구조를 갖추지 못하였고 스스로 물질대사를 하지 못한다.

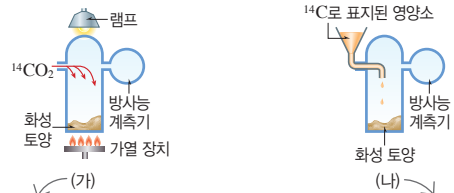
ㄴ. 박테리오파지(가)와 대장균(나)은 모두 유전 물질인 핵산을 가진다.

- 2-3** (1) 박테리오파지(가)와 대장균(나)은 모두 단백질을 가진다.  
 (2) 박테리오파지(가)는 숙주 세포 밖에서는 단백질 결정체로 존재한다.  
 (3) 박테리오파지(가)는 숙주 세포 밖에서는 증식하지 못한다.  
 (4) 박테리오파지(가)와 대장균(나) 모두 증식 과정에서 돌연변이가 일어날 수 있다.

- ④ 부레옥잠이 물에서 생활하기 적합한 몸 구조로 되어 있는 것은 적응과 진화의 예이다.
- ⑤ 같은 종의 생물이 서로 다른 환경에 적응하여 여러 종으로 분화하는 것은 적응과 진화의 예이다.

**04** ㉠ 세포 호흡은 물질대사의 일종이고, ㉡ 더울 때 땀을 많이 흘려 체온을 일정하게 유지하는 것은 항상성의 예이다.

**[05~06] 공공 문제 분석**



빛을 비추고 이산화 탄소를 공급하는 것은 화성 토양에 광합성을 하는 생명체가 있는지 알아보기 위한 것이다. → 광합성을 하는 생명체가 있다면 <sup>14</sup>C를 포함한 유기물이 검출될 것이다. 이를 확인하기 위해 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>를 제거한 후 화성 토양을 가열하여 방출되는 기체에서 방사능을 측정한다.

<sup>14</sup>C로 표지된 영양소를 공급하는 것은 화성 토양에 세포 호흡으로 영양소를 분해하는 생명체가 있는지 알아보기 위한 것이다. → 세포 호흡을 하는 생명체가 있다면 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>가 방출되어 방사능이 검출될 것이다.

**05** (가)는 화성 토양에 광합성을 하는 생명체가 있는지 알아보는 실험이고, (나)는 화성 토양에 세포 호흡을 하는 생명체가 있는지 알아보는 실험이다. 광합성과 세포 호흡은 물질대사의 일종이며, 생물은 물질대사를 통해 필요한 물질을 합성하고 에너지를 얻는다.

**모범 답안** 생물은 물질대사를 한다.

채점 기준	배점
생물은 물질대사를 한다고 서술한 경우	100 %
생물은 물질을 합성하거나 분해한다고 서술한 경우	50 %

**06** ㄱ. (가)는 <sup>14</sup>C로 표지된 이산화 탄소를 공급하고 빛을 비추고 있으므로 화성 토양에 광합성을 하는 생명체가 있는지 확인하는 실험이다.

ㄴ. (나)는 <sup>14</sup>C로 표지된 영양소를 공급하고 방사능 계측기로 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>가 발생하는지를 알아보고 있으므로 화성 토양에 세포 호흡을 하는 생명체가 있는지 확인하는 실험이다. 세포 호흡은 물질대사 중 이화 작용의 일종이다.

**바로알기** ㄷ. (나)의 방사능 계측기는 세포 호흡으로 발생하는 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>를 검출하기 위한 것이다.

**07** 혈당량을 정상 수준으로 유지하고, 체내 염분 농도를 일정하게 유지하는 것은 환경이 변하더라도 체내 환경을 일정하게 유지하려는 항상성에 해당하는 현상이다.

**내신 만점 문제**

17~19쪽

- 01 ③    02 ①    03 ②    04 ①    05 해설 참조    06 ②  
 07 항상성    08 ⑤    09 ④    10 ③    11 ㄴ, ㄷ    12 ②, ⑤  
 13 ④    14 ⑤    15 해설 참조

**01** **바로알기** ③ 항상성은 환경 변화에 대처하여 체온, 삼투압, 혈당량 등과 같은 체내 상태를 일정하게 유지하려는 성질이다.

**02** ㄱ. ㉠은 생물의 구조적·기능적 단위인 세포이다.  
**바로알기** ㄴ. ㉡은 여러 조직이 모여 특정 기능을 수행하는 기관으로, 간, 이자 등이 있다. 아메바, 짙신벌레와 같은 단세포 생물은 하나의 세포이면서 하나의 개체이며, 기관이 없다.  
 ㄷ. 생물에서 생명 활동이 일어나는 기능적 단위는 세포(㉠)이다.

**03** ② 효모가 포도당을 분해하는 것은 물질대사(이화 작용)이며, 벼가 빛에너지를 흡수하여 이산화 탄소와 물로부터 포도당을 합성하는 것도 물질대사(동화 작용)이다.

**바로알기** ① 짠 음식을 많이 먹으면 물을 많이 마시는 것은 체내 삼투압을 일정하게 유지하려는 항상성의 예이다.

③ 식물의 어린 싹이 햇빛이 비치는 쪽으로 굽어 자라는 것은 자극에 대한 반응의 예이다.

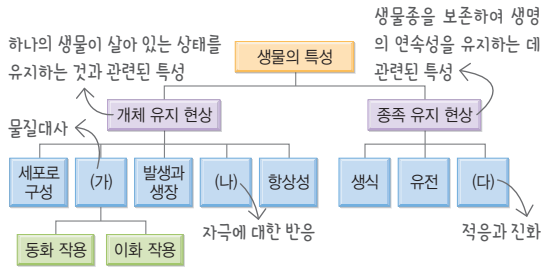
**08** 나. 짙신벌레는 단세포 생물로, 세포 분열을 통해 증식한다.  
 다. 더운 지역에 사는 사막여우가 큰 귀를 가져 열을 잘 방출하는 것은 환경에 대한 적응과 진화의 예에 해당한다.

**바로알기** 가. 미모사가 접촉 자극을 받으면 잎이 접히는 반응이 나타나는 것은 자극에 대한 반응의 예에 해당한다.

**09** 가. 강아지는 생물이므로 몸이 세포로 구성되어 있다.  
 다. 강아지 로봇은 센서가 있어서 사람이 만지면 꼬리를 흔드는 반응이 일어나도록 프로그래밍되어 있어 자극에 대해 반응할 수 있다.

**바로알기** 나. ㉠과 같이 강아지의 체내에서 일어나는 세포 호흡은 물질대사에 해당하지만, ㉡과 같이 강아지 로봇이 전지에 저장된 에너지를 사용하는 것은 물질대사에 해당하지 않는다.

**10** **꼼꼼 문제 분석**



가. (가)는 동화 작용과 이화 작용으로 구분할 수 있는 물질대사이다. 물질대사는 생명체 내에서 일어나는 모든 화학 반응이다.

나. (나)는 자극에 대한 반응이다. 지렁이가 빛을 피해 어두운 곳으로 이동하는 것은 (나)의 예이다.

**바로알기** 다. 사람이 추울 때 몸을 떠는 것은 열 발생량을 증가시켜 체온을 유지하기 위한 것이므로 항상성의 예이다. (다)는 종족 유지 현상 중 적응과 진화이다.

**11** 나. 바이러스는 세포의 구조를 갖추지 못하였고 자체적으로 효소를 합성할 수 없어 숙주 세포 밖에서 스스로 물질대사를 할 수 없다.

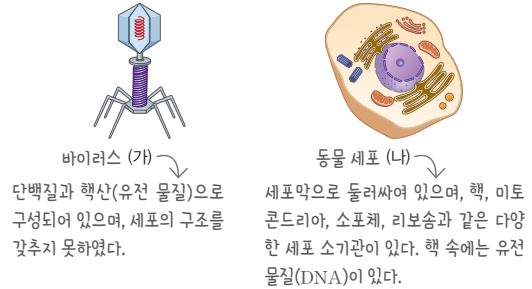
다. 바이러스는 숙주 세포 안으로 자신의 유전 물질을 주입하여 숙주 세포 내에서 자신의 유전 물질을 복제하고 새로운 단백질 껍질을 만들어 증식한다.

**바로알기** 가. 바이러스는 세균보다 크기가 작고 단순한 구조이지만 살아 있는 세포를 숙주로 하여 증식하므로 지구상에 나타난 최초의 생명체로 볼 수 없다.

**12** ② 바이러스의 증식 과정에서 돌연변이가 일어나는 것, ⑤ 숙주 세포 내에서 자신의 유전 물질을 이용하여 새로운 바이러스를 만들어 증식하는 것은 바이러스의 생물적 특성이다.

**바로알기** 바이러스가 ① 세균보다 작아서 세균 여과기를 통과하는 것, ③ 숙주 세포 밖에서는 단백질 결정체로 추출되는 것, ④ 스스로 물질대사를 하지 못하여 인공 배지에서는 증식하지 못하는 것은 생물적 특성이 아니다.

**13** **꼼꼼 문제 분석**

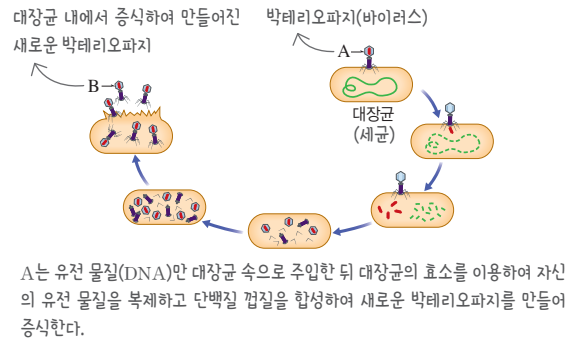


나. 바이러스(가)와 동물 세포(나)는 공통적으로 유전 물질(핵산)과 단백질이 있다.

다. 동물 세포(나)는 효소를 합성하여 스스로 물질대사를 할 수 있다. 바이러스(가)는 리보솜이 없어 독립적으로 단백질을 합성하지 못하므로 숙주 세포의 효소를 이용하여 숙주 세포 내에서만 물질대사를 할 수 있다.

**바로알기** 가. 바이러스(가)는 세포막으로 싸여 있지 않으며, 리보솜과 같은 세포 소기관이 없어 세포의 구조를 갖추지 못하였다.

**[14~15]** **꼼꼼 문제 분석**



**14** 가. 새로 만들어진 박테리오파지 B는 박테리오파지 A가 자신의 유전 물질을 이용하여 만든 것이다. 따라서 박테리오파지 A와 B의 유전 정보는 같다.

나. 대장균은 단세포 생물로, 효소를 합성하고 물질대사를 하여 독립적으로 생활할 수 있다.

다. 새로 만들어진 박테리오파지 B를 구성하는 단백질은 박테리오파지 A의 유전 정보에 따라 대장균의 효소를 이용하여 합성된 것이다.

**15** **모범 답안** 바이러스인 박테리오파지는 자체 효소가 없어 스스로 물질대사를 할 수 없으므로 자신의 유전 물질을 복제하고 단백질을 합성하여 증식하기 위해서는 숙주 세포인 대장균이 반드시 필요하다.

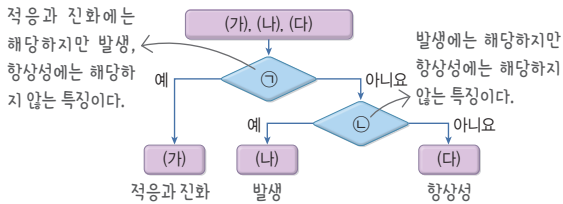
채점 기준	배점
스스로 물질대사를 할 수 없기 때문이라고 서술한 경우	100 %
효소가 없기 때문이라고만 서술한 경우	70 %

## 실력 UP 문제

19쪽

01 ① 02 ②

### 01 품공 문제 분석



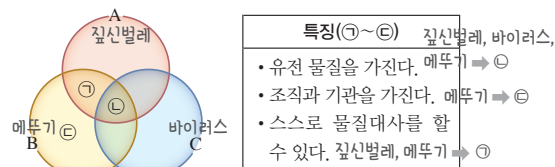
(가)는 적응과 진화, (나)는 발생, (다)는 항상성이다.

ㄱ. 바이러스는 숙주 세포 내에서 증식하는 과정에서 돌연변이가 일어나 환경에 적응하고 진화한다. ㉠은 적응과 진화에는 해당하고 발생, 항상성에는 해당하지 않는 특징이므로 '바이러스에서 나타나는가?'가 될 수 있다.

**바로알기** ㄴ. '개체 유지를 위한 특성인가?'는 발생(나)과 항상성(다)에 모두 해당하는 특징이므로 (나)와 (다)를 구분하기 위한 기준 ㉡으로 적합하지 않다.

ㄷ. '밝은 곳에서 고양이의 동공이 작아진다.'는 자극에 대한 반응의 예이다.

### 02 품공 문제 분석



ㄱ. 특징 ㉠과 ㉡을 갖는 A는 깊신벌레이고, 특징 ㉠~㉢을 모두 갖는 B는 메뚜기이며, 특징 ㉡만 갖는 C는 바이러스이다.

ㄴ. '조직과 기관을 가진다.'는 메뚜기에만 해당하는 특징 ㉢에 해당한다.

**바로알기** ㄷ. 바이러스(C)는 세포 분열을 통해 증식하는 것이 아니라 숙주 세포 내에서 자신의 유전 물질을 복제하고 단백질을 합성한 후 조립하여 증식한다.

## 생명 과학의 특성과 탐구 방법

### 개념 확인 문제

23쪽

- ① 귀납적 ② 연역적 ③ 가설 ④ 실험군 ⑤ 대조군  
⑥ 조작 ⑦ 종속

- 1 (1) ○ (2) × (3) × 2 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ 3 (가) 귀납적 탐구 방법 (나) 연역적 탐구 방법 4 ㄱ 5 가설 설정 6 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) ×

1 (2) 생명 과학은 화학, 물리학 등 다른 과학 분야뿐 아니라 컴퓨터 과학, 정보 기술, 지리학 등과 같은 다양한 학문 분야와 통합하여 발달하고 있다.

(3) 생물과 환경의 상호 작용은 생명 과학의 분야 중 생태학의 주요 연구 대상이다.

2 생명 과학은 생명체를 구성하는 분자와 세포에서부터 개체, 개체군, 군집, 생태계까지 생명 현상과 관련된 모든 단계를 연구한다.

3 (가)는 관찰 사실로부터 결론을 도출하는 귀납적 탐구 방법이고, (나)는 가설을 설정하고 이를 실험으로 검증하는 연역적 탐구 방법이다.

4 ㄱ. 세포설은 귀납적 탐구 방법에 따라 수많은 생물 표본을 관찰하여 정립한 학설이다.

ㄴ, ㄷ. 플레밍의 페니실린 발견과 파스퇴르의 탄저병 백신 개발은 연역적 탐구 방법의 예에 해당한다.

5 의문에 대한 잠정적인 답은 가설이다. 가설은 예측할 수 있고 검증할 수 있어야 하며, 옳을 수도 있고 그를 수도 있다.

6 (1) 자연 현상을 관찰하여 '왜 그럴까?'라는 의문을 제기하는 과정은 관찰 및 문제 인식 단계에 포함된다.

(2) 종속변인은 실험 결과이며, 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 요인인 독립변인에 따라 달라진다.

(3) 가설을 검증하기 위해 실험을 할 때에는 대조 실험을 하여 실험 결과의 타당성을 높인다.

(4) 조작 변인 이외의 독립변인을 일정하게 유지하는 것을 변인 통제라고 한다. 조작 변인 이외의 독립변인을 일정하게 유지하지 않으면 실험 결과가 어떤 요인에 의해 나타난 것인지 정확하게 파악할 수 없기 때문에 변인 통제가 필요하다.

(5) 탐구 결과를 해석하여 가설이 타당하지 않다고 판단되면 가설을 수정하여 새로운 탐구를 설계하고, 가설이 타당하다고 판단되면 결론을 도출한다.

**자료 1** 1 연역적 탐구 방법 2 (나) → (라) → (마) → (다) → (가) 3 (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○

**자료 2** 1 소화 효소 X는 녹말을 분해할 것이다. 2 시험관 I: 대조군, 시험관 II: 실험군 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ○

1-1 꼼꼼 문제 분석

- (가) 푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제하는 물질을 만든다. → 결론 도출 ⑥
- (나) '푸른곰팡이 주변에서 세균이 증식하지 못하는 까닭은 무엇일 까?'라는 의문을 가졌다. → 문제 인식 ①
- (다) A 집단에서는 세균이 증식하지 않았고, B 집단에서는 세균이 증식하였다. → 탐구 결과 ④
- (라) '푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제하는 물질을 만들 것이다.'라고 가정하였다. → 가설 설정 ②
- (마) 모든 조건을 동일하게 하여 세균을 배양한 접시들을 두 집단으로 나누어 A 집단에는 푸른곰팡이를 접종하였고, B 집단에는 푸른곰팡이를 접종하지 않았다. → 탐구 설계 및 수행 ③

가설을 설정하고 이를 실험으로 검증하는 탐구 방법은 연역적 탐구 방법이다.

1-2 탐구 과정은 관찰 및 문제 인식 → 가설 설정 → 탐구 설계 및 수행 → 탐구 결과 정리 및 해석 → 결론 도출의 순서이다.

- 1-3 (1) 가설 설정 단계는 (라)이며, (나)는 문제 인식 단계이다. (2), (4) (마)에서 푸른곰팡이를 접종한 A는 실험군, 푸른곰팡이를 접종하지 않은 B는 대조군으로 하여 대조 실험을 하였다. (3) (마)에서 푸른곰팡이의 접종 여부가 조작 변인이고, 실험 결과인 세균의 증식 여부가 종속변인이다. (5) 푸른곰팡이 접종 여부를 제외한 나머지 조건을 실험군과 대조군에서 동일하게 해 주는 것은 변인 통제이다. (6) (가)에서 '푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제하는 물질을 만든다.'라고 결론을 내렸다.

2-1 꼼꼼 문제 분석

시험관	첨가한 물질	온도
I 대조군	증류수	37 °C
II 실험군	㉠ 증류수 + 소화 효소 X	㉡ 37 °C

가설을 설정하고 대조 실험을 수행하여 가설을 검증한 결과 '소화 효소 X는 녹말을 분해한다.'는 결론을 내렸으므로, 이 실험의 가설은 '소화 효소 X는 녹말을 분해할 것이다.'이다.

2-2 실험군은 가설 검증을 위해 실험 조건을 의도적으로 변화시킨 집단이다. 이 탐구에서 녹말이 분해된 시험관 II가 소화 효소 X를 처리한 실험군이고, 시험관 I은 대조군이다.

- 2-3 (1), (2) 실험군과 대조군에서 소화 효소 X의 유무를 제외한 나머지 독립변인은 같게 유지해야 하므로 시험관 I과 II에 같은 양의 증류수를 넣어 주고, 소화 효소 X는 시험관 II에만 넣어 준다. 그리고 온도는 시험관 I과 II에서 37 °C로 같게 처리한다. 따라서 ㉠은 '소화 효소 X + 증류수'이고, ㉡은 37 °C이다. (3) 이 탐구 과정은 가설을 설정하고 대조 실험을 수행하여 가설을 검증하므로 연역적 탐구 방법이다. (4) 이 탐구에서는 실험군과 대조군을 두고 대조 실험을 하였다. (5), (6) 시험관 I과 II에서 다르게 처리한 소화 효소 X의 첨가 여부는 조작 변인이고, 실험 결과인 녹말의 분해 여부는 종속변인이다. (7) 이 탐구에서 녹말 용액의 양, 온도는 통제 변인이다.

내신 안정 문제

- 01 ① 02 ③ 03 ⑤ 04 ② 05 ② 06 귀납적 탐구 방법 07 ⑤ 08 ③ 09 ③ 10 ② 11 해석 참조

01 가, 나. 생명 과학은 생명체의 생명 현상을 연구하며, 그 성과를 인류의 복지에 응용하는 종합적인 학문이다.

바로알기 다. 생명 과학은 다른 과학 분야뿐 아니라 다른 학문 분야와도 연계되어 통합적 학문 분야로 발달하고 있다.

르. 생명 과학의 연구 대상에는 생명체를 구성하는 분자에서부터 세포, 개체, 개체군, 군집, 생태계에 이르기까지 생명 현상과 관련된 모든 단계가 포함된다.

02 ① 생리학은 생명체의 기능과 조절 과정, ② 유전학은 형질의 발현 원리, ④ 세포학은 세포 수준에서의 생명 현상, ⑤ 생태학은 생물과 생물을 둘러싼 환경의 상호 작용을 연구한다.

바로알기 ③ 분류학은 생물의 분류 체계를 세우고 생물의 계통을 밝히는 분야이다. 생물의 발생 과정을 연구하는 분야는 발생학이다.

03 가. 박쥐의 행동 연구에는 초음파의 특성을 알아낸 전파 연구가 큰 영향을 주었다.

나. 광학 현미경으로도 볼 수 없는 세포의 구조를 연구하는 데에는 물리학의 원리를 이용하여 개발된 전자 현미경이 결정적인 기여를 하였다.

다. 사람의 유전체 연구에는 많은 자료를 처리하기 위해 컴퓨터를 이용한 정보 처리 기술이 활용된다.

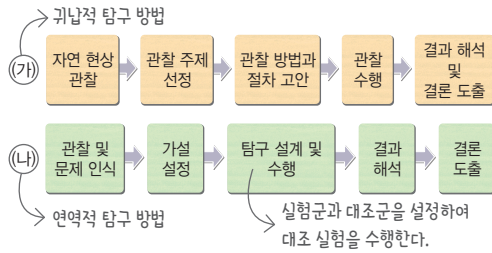


**04** 학생 C: 생명 과학은 다양한 학문 분야와 밀접하게 연계되어 발달한다.

**바로알기** 학생 A: 생명 과학은 생명의 본질을 밝히고 이를 인류의 생존과 복지에 응용하는 종합적인 학문이다.

학생 B: 생명 과학의 한 분야인 생태학에서는 생물과 생물, 생물과 비생물 환경 요인 사이의 상호 작용을 연구한다.

**05** **꼼꼼 문제 분석**



나. (나)에서 가설을 검증하기 위한 실험을 할 때에는 실험 결과의 타당성을 높이기 위해 실험군과 대조군을 설정하여 결과를 비교하는 과정이 포함된다.

**바로알기** 가. (가)는 여러 관찰 결과를 종합하여 자료를 해석하고 결론을 도출하는 귀납적 탐구 방법이다.

다. (나)에서 탐구 결과 해석이 가설과 일치하지 않으면 가설 설정 단계로 돌아가 가설을 수정하고 새로운 탐구를 설계한다.

**06** (가)와 (나)는 관찰 주제를 설정하고 관찰을 수행하여 얻은 자료로부터 규칙성을 발견하여 결론을 도출하였으므로 귀납적 탐구 방법이 이용되었다.

**07** 탐구 과정은 (라) 관찰 및 문제 인식 → (다) 가설 설정 → (마) 탐구 설계 및 수행 → (나) 탐구 결과 정리 → (가) 결론 도출의 순서로 이루어진다.

**08** **꼼꼼 문제 분석**

파스퇴르는 '양에게 탄저병 백신을 주사하면 양이 탄저병에 걸리지 않을 것이다.'라는 가설을 세웠다. 파스퇴르는 가설을 검증하기 위해 건강한 양들을 두 집단 A, B로 나누어 집단 A에만 탄저병 백신을 통제 변인 실험군 조작 변인 주사한 후, ㉠ 집단 A, B에 모두 탄저균을 주사하고 탄저병의 발병 여부를 관찰하였다. 통제 변인 종속 변인

가. 탄저병 백신을 주사한 집단 A는 실험군이고, 탄저병 백신을 주사하지 않은 집단 B는 대조군이다.

나. 실험군과 대조군에 모두 탄저균을 주사한 것은 변인 통제에 해당한다.

**바로알기** 다. 조작 변인은 실험군과 대조군에서 다르게 처리한 탄저병 백신 주사 여부이다. 탄저병의 발병 여부는 실험 결과이므로 종속변인이다.

**09** 가. 이 탐구는 가설을 설정하고 실험을 수행하여 가설을 검증하고 있으므로 연역적 탐구 방법이다.

나. (나)에서 비커 I과 II에서 조작 변인인 생콩즙의 유무를 제외한 나머지 변인은 동일하게 처리하여 실험하고 있으므로 대조 실험을 수행하였다.

**바로알기** 다. 콩에는 오줌 속의 요소를 분해하는 물질이 있을 것이라는 가설이 옳다면 생콩즙을 넣은 비커 II에서 요소가 분해되어 BTB 용액의 색깔이 변할 것이다.

**10** 실험 결과 소화 효소 X는 녹말을 분해한다는 결론을 내렸으므로, 녹말이 분해된 시험관 II가 소화 효소 X를 넣은 실험군이다. 시험관 I과 II는 소화 효소 X의 유무 이외에 나머지 변인은 모두 같게 유지해야 하므로 ㉠은 증류수, ㉡은 X+증류수이고, ㉢은 37 °C이다.

**11** 연역적 탐구 방법에서는 관찰을 통해 인식한 문제에 대한 가설을 설정하고 이를 실험을 통해 검증한다. 가설은 관찰 사실을 설명할 수 있도록 설정하며, 실험 결과를 통해 도출한 결론과 유사하다. 따라서 가설 ㉠은 '푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제하는 물질을 만들 것이다.'이다. 가설에서 원인으로 설정한 요인은 실험에서 인위적으로 변화시켜야 할 조작 변인이고, 실험 결과는 종속변인이다. 따라서 푸른곰팡이 접종 여부가 조작 변인이고 세균의 증식 여부가 종속변인이 된다. 실험군은 세균을 배양한 배지에 푸른곰팡이를 접종한 집단이고, 대조군은 다른 조건은 동일하지만 푸른곰팡이를 접종하지 않은 집단이다.

- 모범 답안** (1) 푸른곰팡이는 세균의 증식을 억제하는 물질을 만들 것이다.  
 (2) 집단 A: 실험군, 집단 B: 대조군  
 (3) 조작 변인: 푸른곰팡이의 접종 여부, 종속변인: 세균 증식 여부

채점 기준	배점
(1) 결론과 유사한 문장으로 서술한 경우	30 %
결론과 유사하지만 문장으로 서술하지 않은 경우	20 %
(2) 실험군과 대조군을 모두 옳게 쓴 경우	30 %
(3) 조작 변인과 종속변인을 모두 옳게 쓴 경우	40 %

**실력 UP** 문제 27쪽

01 가, 다    02 해설 참조

**01** **공공 문제 분석**

- (가) P가 사는 지역에 A가 유입된 후 P의 가시의 수가 많아진 것을 관찰하고, A가 P를 뜯어 먹으면 P의 가시의 수가 많아질 것이라고 생각했다. → 관찰 및 문제 인식, 가설 설정 → 가설
- (나) 같은 지역에서 서식하는 P를 집단 ㉠과 ㉡으로 나누는 후, ㉠에만 A의 접근을 차단하여 P를 뜯어 먹지 못하도록 했다. → 탐구 설계 및 수행 → ㉠, ㉡ 대조 실험
- (다) 일정 시간이 지난 후, P의 가시의 수는 I에서가 II에서보다 많았다. I과 II는 ㉠과 ㉡을 순서 없이 나타낸 것이다. → 탐구 결과 → I: A의 접근을 차단하지 않은 것(㉠)  
II: A의 접근을 차단한 것(㉡)
- (라) A가 P를 뜯어 먹으면 P의 가시의 수가 많아진다는 결론을 내렸다. → 결론 도출

ㄱ. (라)에서 A가 P를 뜯어 먹으면 P의 가시의 수가 많아진다는 결론을 내렸으므로 P의 가시의 수가 많아진 I이 A의 접근을 차단하지 않아 P를 뜯어 먹을 수 있도록 한 ㉡이다. 따라서 II는 A의 접근을 차단하여 P를 뜯어 먹지 못하도록 한 ㉠이다.

ㄴ. (나)에서 A의 접근을 차단한 집단 ㉠과 A의 접근을 차단하지 않은 집단 ㉡으로 나누어 대조 실험을 하였다.

**바로알기** ㄴ. 가설에서 원인으로 설정한 요인은 실험에서 인위적으로 변화시켜야 할 조작 변인이고, 실험 결과는 종속변인이다. 따라서 A의 접근을 차단하는지의 여부가 조작 변인이고 P의 가시의 수가 종속변인이다.

**02** (가)는 관찰 및 문제 인식, (나)는 가설 설정, (다)는 탐구 설계 및 수행, (라)는 결론 도출 단계이다.

가설을 확인하기 위한 탐구를 수행할 때에는 실험 결과의 타당성을 높이기 위해 대조 실험을 해야 하는데, (다)에서 ㉠이 서식하는 옥수수는 있지만 ㉡이 제거된 옥수수가 없다. 따라서 ㉠이 제거된 옥수수 10개체를 같은 조건에서 배양하는 실험을 추가로 수행하여 두 집단에서 질량 변화를 측정하여 비교한다.

**모범 답안** (1) 실험 결과의 타당성을 높이기 위해서는 실험군과 대조군을 설정하여 대조 실험을 해야 하는데, (다)에서 실험군과 비교할 대조군이 없다. (2) ㉠이 제거된 옥수수 10개체를 같은 조건에서 배양하면서 질량 변화를 측정한다.

채점 기준	배점
(1) 대조 실험을 해야 하는데, 대조군이 없다고 서술한 경우	50 %
대조 실험을 하지 않았다고만 서술한 경우	30 %
(2) 추가 실험의 내용을 옳게 서술한 경우	50 %

**중단원 핵심 정리**

28쪽

- ① 세포    ② 물질대사    ③ 항상성    ④ 유전    ⑤ 진화
- ⑥ 핵산    ⑦ 가설    ⑧ 실험군    ⑨ 대조군    ⑩ 조작 변인

**중단원 마무리 문제**

29~32쪽

- 01 ③    02 ③    03 ⑤    04 ②    05 ③    06 ②
- 07 ①    08 ③    09 ①    10 ②    11 ⑤    12 ②    13
- 해설 참조    14 해설 참조    15 해설 참조    16 해설 참조
- 17 해설 참조

**01** ㉠은 자극(접촉)에 대한 반응, ㉡은 소화 효소에 의해 물질이 분해되는 물질대사, ㉢은 서식 환경에 대한 적응과 진화에 해당한다.

**02** 서식지의 온도에 따라 여우의 몸집과 말단부의 크기가 다른 것은 적응과 진화의 예이다.

③ 겨울이 되면 눈신토끼의 털색이 흰색으로 변하는 것도 적응과 진화의 예이다.

**바로알기** ①은 생식, ②는 자극에 대한 반응, ④는 물질대사, ⑤는 발생의 예이다.

**03** ㄱ. 먹이 환경에 따라 몸의 형태가 달라지는 것은 적응과 진화의 예이다. 따라서 (가)는 적응과 진화이다.

ㄴ. (나)는 물질대사이며, 식물이 포도당을 합성하는 광합성(㉠)은 동화 작용이다.

ㄷ. 나비의 알이 애벌레와 번데기를 거쳐 나비가 되는 것은 발생과 생장의 예(㉡)에 해당한다.

**04** ㄱ. (가)는 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>를 공급하고 빛을 비추고 있으므로 화성 토양에 광합성(동화 작용)을 하는 생명체가 존재하는지 알아보기 위한 실험이다.

ㄴ. (나)는 <sup>14</sup>C로 표지된 영양소를 공급하여 화성 토양에 세포 호흡(이화 작용)을 하는 생물이 있다면 이를 분해하여 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>가 생성될 것이라는 것을 전제하고, 방사능 계측기로 <sup>14</sup>CO<sub>2</sub>를 측정하는 실험 설계이다.

**바로알기** ㄷ. (가)와 (나)에서 방사능이 검출된다면 화성 토양에 스스로 물질대사를 하는 생명체가 존재한다고 결론을 내릴 수 있다. 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못하므로 실험 결과를 통해 바이러스가 존재한다고 결론을 내릴 수는 없다.

**05** ㄱ. 박테리오파지는 단백질(㉠) 껍질과 유전 물질인 핵산(㉡)으로 이루어져 있다.

ㄷ. 바이러스는 증식하는 과정에서 돌연변이가 일어나(㉢) 환경에 적응하고 진화한다. 따라서 ㉢은 적응과 진화와 관련이 깊은 생물적 특성이다.

**바로알기** ㄴ. 바이러스는 자체 효소가 없기 때문에 숙주 세포의 효소를 이용하여 자신의 유전 물질을 복제하고 새로운 단백질 껍질을 만들어 증식한다.

06 **꼼꼼 문제 분석**

특성	종류	대장균		바이러스	
		A	B	A	B
핵산을 갖는다.		○	○	㉠	○
분열을 통해 증식한다.		○	○	㉡	×
(가)		○	○		×

대장균에는 있지만 바이러스에는 없는 특성이다.

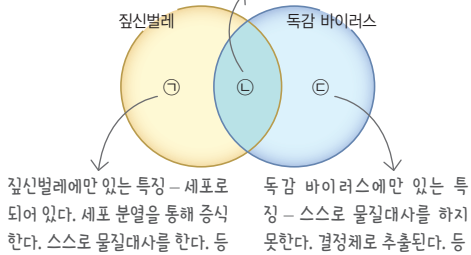
㉡. (가)는 대장균(A)에는 있고 바이러스(B)에는 없는 특성이므로 '스스로 물질대사를 할 수 있다.'가 될 수 있다.

**바로알기** ㉠. 대장균은 단세포 생물이므로 분열을 통해 증식하지만 바이러스는 세포의 구조를 갖추지 못하여 분열이라는 현상이 나타나지 않는다. 따라서 A가 대장균이고, B는 바이러스이다.

㉡. 대장균과 바이러스는 공통적으로 핵산을 가지므로 ㉠은 '○'이지만, 바이러스는 분열을 통해 증식하는 것이 아니므로 ㉡은 '×'이다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

질신벌레와 독감 바이러스의 공통점 - 핵산을 가지고 있다. 단백질도 가지고 있다. 환경에 적응하고 진화한다. 등



㉢. 질신벌레와 바이러스는 공통적으로 핵산과 단백질을 가지고 있으므로, '핵산과 단백질을 가지고 있다.'는 ㉢에 해당한다.

**바로알기** ㉠. 질신벌레와 바이러스 모두 환경에 적응하고 진화하므로 '적응하고 진화한다.'는 ㉢에 해당한다.

㉡. 질신벌레와 바이러스 모두 세포벽이 없다.

08 ㉠. (가)는 인식한 문제에 대한 가설을 설정하고 이를 실험을 통해 검증하는 연역적 탐구 방법이고, (나)는 직접 관찰하고 측정하여 알아낸 사실을 종합하고 분석하여 결론을 도출하는 귀납적 탐구 방법이다.

㉡. 연역적 탐구 방법에서 A는 가설 설정 단계이다. 가설은 인식한 문제에 대한 잠정적인 답이며, 옳을 수도 있고 그를 수도 있다.

**바로알기** ㉢. 대조 실험은 연역적 탐구 방법에서 실험 결과의 타당성을 높이기 위해 탐구 설계 및 수행 단계에서 실시한다.

09 ㉠. (가)는 관찰을 통해 자료를 수집하고 수집한 자료를 종합하고 분석하여 규칙성을 찾는 귀납적 탐구 방법이 사용되었다.

**바로알기** ㉡. (가)와 같은 귀납적 탐구 방법은 일반적으로 실험으로 검증하기 어려운 경우에 사용한다. (가)에서는 변인을 인위적으로 조작한 실험이나 대조 실험이 이루어지지 않았다.

㉢. (나)는 연역적 탐구 방법이 사용되었다. 이 탐구에서의 조작 변인은 천으로 병의 입구를 막는지의 여부와, 구더기의 발생 여부는 실험 결과인 종속변인이다.

10 **꼼꼼 문제 분석**

(가) 라이소자임은 세균을 죽게 한다. → 결론 도출 ㉣

(나) 10개의 멸균 배지에 세균을 배양하고 5개씩 A와 B 두 집단으로 나누어 A에만 라이소자임을 처리한 후 적당한 온도를 유지하였다. → 탐구 설계 및 수행 ㉡

(다) 실험 결과 ㉠ 한 집단에서만 세균이 사라졌다. → 탐구 결과 ㉢

(라) 라이소자임은 세균을 죽게 할 것이라고 가정하였다. → 가설 설정 ㉠

㉠. 탐구 순서는 가설 설정(라) → 탐구 설계 및 수행(나) → 실험 결과(다) → 결론 도출(가)이다.

㉡. (나)에서 라이소자임을 처리한 A는 실험군이고, 라이소자임을 처리하지 않은 B는 대조군이다. 멸균 배지, 세균의 종류, 온도는 A와 B 두 집단에서 동일하게 유지되어야 하는 통제 변인이다.

**바로알기** ㉢. (가)에서 라이소자임은 세균을 죽게 한다는 결론을 내렸으므로 (다)에서 세균이 사라진 집단 ㉠은 라이소자임을 처리한 A이다.

11 ㉡. 온도는 일정하게 유지해야 하는 통제 변인이다. 따라서 시험관 A와 B에서 온도는 같게 유지해야 하므로 (가)는 27℃이다.

㉢. 시험관 A와 B에 넣는 달걀흰자의 양은 같아야 하며, 배즙과 증류수의 양도 같아야 한다. 따라서 시험관 A와 B에 넣은 물질의 양은 같아야 한다.

㉣. 배즙을 넣은 시험관 A에서만 아미노산이 검출되어야 제시된 것과 같은 결론이 도출된다.

**바로알기** ㉠. 배즙을 넣은 시험관 A는 실험군이고, 배즙을 넣지 않은 시험관 B는 대조군이다.

12 ㉡. 현미에 각기병을 낮게 하는 물질이 있는지를 확인하기 위해서는 각기병에 걸린 닭에게 현미를 모이로 주어 각기병이 나는지를 확인하는 실험을 추가로 실시하는 것이 필요하다.

**바로알기** ㉠. 현미에서 각기병을 낮게 하는 성분이 무엇인지를 조사하는 과정이 필요하다.

㉢. 사육 온도에 따른 각기병의 치료 효과 여부는 실험을 통해 알아보고자 하는 요소가 아니므로 사육 온도를 달리하여 실험하는 과정은 필요하지 않다.

**13** 세균의 세포벽 합성은 물질대사에 해당한다. 페니실린을 사용하는 환경에서 페니실린에 죽지 않는 세균이 나타나 그 수가 증가하는 것은 환경에 대한 적응과 진화의 결과이다.

**모범 답안** (1) 물질대사, 버는 광합성을 하여 포도당을 합성한다. 등  
(2) 적응과 진화, 사막에 사는 선인장은 잎이 가시로 변화했다. 등

채점 기준	배점	
(1)	물질대사라고 쓰고, 예를 옳게 서술한 경우	50 %
	물질대사라고만 쓴 경우	20 %
(2)	적응과 진화라고 쓰고, 예를 옳게 서술한 경우	50 %
	적응과 진화라고만 쓴 경우	20 %

**14** 박테리오파지는 단백질 껍질과 핵산(DNA)으로 구성되며, 대장균과 같은 세균을 숙주로 하는 바이러스이다. 박테리오파지는 스스로 물질대사를 할 수 없으므로 숙주 세포 안으로 자신의 유전 물질을 주입한 뒤 숙주 세포의 효소를 이용하여 자신의 유전 물질을 복제하고 새로운 단백질 껍질을 만들어 증식한다.

**모범 답안** A, 핵산(DNA)을 가지고 있다. 단백질을 가지고 있다. 등

채점 기준	배점
A라고 쓰고, 공통점 한 가지를 옳게 서술한 경우	100 %
A라고만 쓴 경우	40 %

**15** 로봇은 비생물, 담배 모자이크 바이러스는 바이러스, 아메바는 단세포 생물이다. 바이러스와 아메바는 유전 물질인 핵산과 단백질을 갖는다는 공통점이 있지만, 바이러스는 아메바와는 달리 세포의 구조를 갖추지 못하였고 스스로 물질대사를 하지 못한다.

**모범 답안** (1) A: 담배 모자이크 바이러스, B: 로봇  
(2) 스스로 물질대사를 할 수 있다. 세포의 구조를 갖추고 있다. 분열하여 증식한다. 등

채점 기준	배점
(1) A와 B를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
(2) 바이러스에는 없고 아메바에만 있는 생물적 특성 한 가지를 옳게 서술한 경우	60 %

**16** (가)는 가설 설정, (나)와 (다)는 탐구 설계 및 수행, (라)는 탐구 결과, (마)는 결론 도출의 단계이므로 연역적 탐구 방법이다. (나)에서 탄저병 백신 주사 여부가 조작 변인이며, 탄저병 백신을 주사한 A가 실험군이고 탄저병 백신을 주사하지 않은 B가 대조군이다. 또한, 양의 나이와 체중 및 사육 조건, 탄저균 주사는 A와 B 두 집단에서 일정하게 유지된 통제 변인이다. (라)에서 탄저병 백신을 주사한 양은 모두 살았지만 탄저병 백신을 주사하지 않은 양은 상당수가 죽었으므로 탄저병 백신은 탄저병을 예방하는 효과가 있다는 결론을 도출할 수 있다.

**모범 답안** (1) 연역적 탐구 방법  
(2) 탄저병 백신은 탄저병을 예방하는 효과가 있을 것이다.  
(3) 탄저병 백신 주사 여부  
(4) 실험군: A, 대조군: B

채점 기준	배점
(1) 연역적 탐구 방법이라고 옳게 쓴 경우	20 %
(2) 가설을 옳게 서술한 경우	30 %
(3) 조작 변인을 옳게 쓴 경우	20 %
(4) 실험군과 대조군을 모두 옳게 쓴 경우	30 %

**17** 이 실험에서 조작 변인은 온도이고, 종속변인은 콩이 싹트는 정도이다. 빛, 물의 종류, 하루에 물 주는 횟수와 같이 페트리 접시 A, B, C에서 같게 유지한 변인은 통제 변인이다.

**모범 답안** (1) 온도는 콩이 싹트는 데 영향을 줄 것이다.  
(2) 빛, 물의 종류, 하루에 물 주는 횟수

채점 기준	배점	
(1) 온도가 콩이 싹트는 데 영향을 줄 것이라고 옳게 서술한 경우	50 %	
(2)	통제 변인을 모두 옳게 쓴 경우	50 %
	통제 변인 중 일부만 옳게 쓴 경우	30 %

### 수능 실전 문제

34~35쪽

01 ①    02 ①    03 ④    04 ③    05 ①    06 ⑤  
07 ③

### 01 품공 문제 분석

생물의 특성	예
(가) 물질대사	강낭콩이 발아할 때 영양소가 분해되면서 열이 발생한다. ⇒ 영양소의 분해는 복잡한 물질을 간단한 물질로 분해하는 이화 작용이다.
(나) 적응과 진화	항생제를 자주 사용하는 환경에서 항생제 내성 ㉠세균 집단이 출현하였다.
생식과 유전	㉡

분열법과 같은 무성 생식이나 암수 배우자의 결합에 의한 유성 생식 등으로 자손의 수가 증가하는 것은 생식이고, 자손이 부모를 닮는 현상은 유전이다.

### 선택지 분석

- ㉠ (가)는 물질대사이다.
- ✗ ㉡는 세포의 구조를 갖추고 있지 않다. 갖추고 있다
- ✗ ‘개구리의 수정란은 올챙이를 거쳐 개구리가 된다.’는 ㉢에 해당한다. 해당하지 않는다



**전략적 풀이 ①** 제시된 예가 생물의 특성 중 어떤 것에 해당하는지 파악한다.

ㄱ. (가) 생명체 내에서 영양소의 분해는 물질대사(이화 작용)의 예이고, (나) 환경 변화에 적응하여 항생제 내성 세균 집단이 출현한 것은 적응과 진화의 예이다.

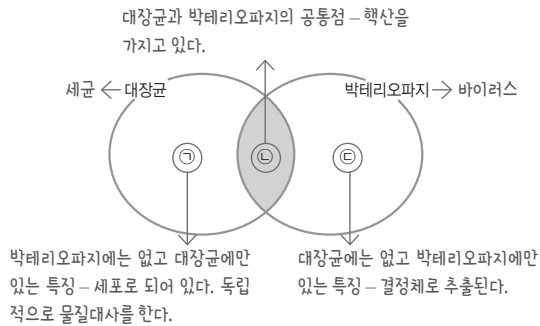
**② 세균의 특징을 파악한다.**

ㄴ. 세균(㉓)은 단세포 생물로서 세포의 구조를 갖추었으며 스스로 물질대사를 할 수 있다.

**③ 제시된 보기가 생식과 유전의 예에 해당하는지 파악한다.**

ㄷ. 개구리의 수정란이 올챙이를 거쳐 개구리가 되는 것은 발생과 생장에 해당하는 예이다.

## 02 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉑ '독립적으로 물질대사를 한다.'는 ㉑에 해당한다.
- ✗ '세포로 되어 있다.'는 ㉒에 해당한다. ㉓
- ✗ '핵산을 가지고 있다.'는 ㉔에 해당한다. ㉕

**전략적 풀이 ①** 대장균과 바이러스의 공통점을 찾는다.

ㄷ. 세균인 대장균과 바이러스인 박테리오파지는 공통적으로 유전 물질인 핵산을 가지고 있다. 따라서 '핵산을 가지고 있다.'는 ㉔에 해당한다.

**② 대장균과 바이러스의 차이점을 파악한다.**

ㄱ, ㄴ. 대장균은 바이러스와는 달리 세포로 되어 있으며, 독립적으로 물질대사를 한다. 따라서 '독립적으로 물질대사를 한다.'와 '세포로 되어 있다.'는 모두 ㉑에 해당한다.

## 03 꼼꼼 문제 분석



### 선택지 분석

- ㉑ A에서 빛에너지가 화학 에너지로 전환된다.
- ✗ (나)는 세포 분열로 증식한다. 세포 분열로 증식하지 않는다
- ㉒ '단백질을 가지고 있다.'는 (가)와 (나)의 공통점이다.

**전략적 풀이 ①** (가)는 무엇이고, A는 어떤 세포 소기관인지 파악한다.

ㄱ. (가)는 세포 소기관이 발달되어 있는 식물 세포이고, A는 엽록체이다. 엽록체에서는 광합성이 일어나는데, 이 과정에서 빛에너지가 포도당의 화학 에너지로 전환된다.

**② (나)는 무엇이고, 어떤 특성이 있는지 파악한다.**

ㄴ. (나)는 담배 바이러스이다. 바이러스는 숙주 세포 내에서 자신의 유전 물질을 복제하고 단백질을 합성하여 증식한다.

**③ (가)와 (나)의 공통점을 파악한다.**

ㄷ. 식물 세포와 바이러스는 공통적으로 단백질과 유전 물질인 핵산을 가지고 있다.

## 04 꼼꼼 문제 분석

- (가) 딱충새우가 서식하는 산호의 주변에는 산호의 천적인 불가사리가 적게 관찰되는 것을 보고, 딱충새우가 산호를 불가사리로부터 보호해 줄 것이라고 생각했다. → 관찰 및 문제 인식, 가설 설정
- (나) 같은 지역에 있는 산호들을 집단 A와 B로 나눈 후, A에서는 딱충새우를 그대로 두고, B에서는 딱충새우를 제거하였다. → 탐구 설계 및 수행      → 조작 변인은 딱충새우의 제거 여부이다.
- (다) 일정 시간 동안 불가사리에게 잡아먹힌 산호의 비율은 ㉑에서 ㉒에서보다 높았다. ㉑과 ㉒은 A와 B를 순서 없이 나타낸 것이다. → 실험 결과      → 종속 변인
- (라) 산호에 서식하는 딱충새우가 산호를 불가사리로부터 보호해 준다는 결론을 내렸다. → 결론 도출

### 선택지 분석

- ㉑ ㉑은 B이다.
- ✗ 종속 변인은 딱충새우의 제거 여부이다. 조작 변인
- ㉒ (다)에서 불가사리와 산호의 관계는 포식과 피식 관계이다.

**전략적 풀이 ①** 결론으로부터 실험 결과를 추론한다.

ㄱ. (라)에서 산호에 서식하는 딱충새우가 산호를 불가사리로부터 보호해 준다는 결론을 내렸으므로 (다)에서 불가사리에게 잡아먹힌 산호의 비율이 높은 ㉑은 딱충새우를 제거한 B이고, ㉒은 딱충새우를 그대로 둔 A이다.

**② 가설과 탐구 설계를 분석하여 조작 변인과 종속 변인을 파악한다.**

ㄴ. (가)의 가설을 검증하는 실험 (나)에서 A와 B 두 집단에서 다르게 처리한 딱충새우의 제거 여부가 조작 변인이다. 종속 변인은 일정 시간 동안 불가사리에게 잡아먹힌 산호의 비율이다.

**③ 불가사리와 산호 사이의 관계를 파악한다.**

ㄷ. 불가사리는 산호의 천적이므로 이들은 포식과 피식 관계이다.

**05** **꼼꼼 문제 분석**

- (가) 초파리는 짝짓기 상대로 서로 다른 종류의 먹이를 먹고 자란 개체보다 같은 먹이를 먹고 자란 개체를 선호할 것이라고 생각했다. → 가설 설정
- (나) 초파리를 두 집단 A와 B로 나눈 후 A는 먹이 ㉠, B는 먹이 ㉡를 주고 배양했다. ㉠과 ㉡는 서로 다른 종류의 먹이다. → 탐구 설계 및 수행 → 조작 변인은 먹이의 종류이다.
- (다) 여러 세대를 배양한 후, ㉠같은 먹이를 먹고 자란 초파리 사이의 짝짓기 빈도와 ㉡서로 다른 종류의 먹이를 먹고 자란 초파리 사이에서의 짝짓기 빈도를 관찰했다. → 탐구 설계 및 수행 → 짝짓기 빈도는 종속변인이다.
- (라) (다)의 결과, I이 II보다 높게 나타났다. I과 II는 ㉠과 ㉡를 순서 없이 나타낸 것이다. → 실험 결과
- (마) 초파리는 짝짓기 상대로 서로 다른 종류의 먹이를 먹고 자란 개체보다 같은 먹이를 먹고 자란 개체를 선호한다는 결론을 내렸다. → 결론 도출

**선택지 분석**

- ㉠ 연역적 탐구 방법이 이용되었다.
- ✗ 먹이의 종류는 통제 변인이다. 조작 변인
- ✗ I은 ㉡이다. ㉠

**전략적 풀이 1** 가설 설정 단계가 있는지 파악한다.

- ㄱ. (가)에서 가설을 설정하고 이를 실험으로 검증하여 결론을 도출하였으므로 제시된 탐구 방법은 연역적 탐구 방법이다.
- ㉠ 탐구 설계를 분석하여 조작 변인, 종속변인, 통제 변인을 파악한다.
  - ㄴ. A와 B 두 집단에서 다르게 처리한 먹이의 종류는 조작 변인이고, 실험 결과로 측정하고 있는 짝짓기 빈도는 종속변인이다. 통제 변인은 A와 B 두 집단에서 동일하게 유지되는 변인으로, 초파리의 종류와 개체 수, 배양 조건 등이 해당된다.
- ㉡ 결론으로부터 실험 결과를 추론한다.
  - ㄷ. (마)에서 초파리가 짝짓기 상대로 서로 다른 종류의 먹이를 먹고 자란 개체보다 같은 먹이를 먹고 자란 개체를 선호한다는 결론을 내렸으므로, (라)에서 높게 나타난 I이 (다)에서 같은 먹이를 먹고 자란 초파리 사이에서의 짝짓기 빈도 ㉠에 해당한다.

**06** **꼼꼼 문제 분석**

- (가) A에서는 ㉠이 ㉡보다, B에서는 ㉡이 ㉠보다 포식자로부터 더 많은 공격을 받았다. → 실험 결과
- (나) 서식 환경과 비슷한 털색을 갖는 생쥐가 포식자의 눈에 잘 띄지 않아 생존에 유리할 것이라고 생각했다. → 가설 설정
- (다) ㉠갈색 생쥐 모형과 ㉡흰색 생쥐 모형을 준비해서 지역 A와 B 각각에 두 모형을 설치했다. A와 B는 각각 갈색 모래 지역과 흰색 모래 지역 중 하나이다. → 탐구 설계 및 수행
- (라) ㉠서식 환경과 비슷한 털색을 갖는 생쥐가 생존에 유리하다는 결론을 내렸다. → 결론 도출

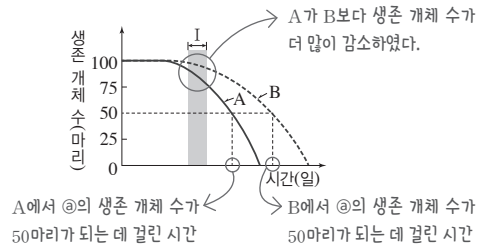
**선택지 분석**

- ㉠ A는 흰색 모래 지역이다.
- ㉡ 탐구는 (나) → (다) → (가) → (라) 순으로 진행되었다.
- ㉢ ㉠은 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

**전략적 풀이 1** 결론으로부터 실험 결과를 추론한다.

- ㄱ. (라)에서 서식 환경과 비슷한 털색을 갖는 생쥐가 생존에 유리하다는 결론을 내렸다. (가)에서 A에서는 갈색 생쥐 모형(㉠)이 흰색 생쥐 모형(㉡)보다 포식자로부터 더 많은 공격을 받았으므로 A는 흰색 모래 지역이다.
- ㉡ (가)~(라)는 탐구 과정의 어떤 단계에 해당하는지 파악한다.
  - ㄴ. 탐구 과정은 가설 설정(나) → 탐구 설계 및 수행(다) → 실험 결과(가) → 결론 도출(라) 순으로 진행되었다.
- ㉢ 제시된 내용이 생물의 특성 중 어떤 것에 해당하는지 파악한다.
  - ㄷ. 서식 환경과 비슷한 털색을 갖는 생쥐가 생존에 유리한 것은 환경에 적응한 결과이므로, 생물의 특성 중 적응과 진화의 예에 해당한다.

**07** **꼼꼼 문제 분석**



**선택지 분석**

- ㉠ 조작 변인은 한 개체당 먹이 섭취량이다.
- ㉡ 구간 I에서 사망한 ㉠의 개체 수는 A에서 B에서보다 많다.
- ✗ 각 집단에서 ㉠의 생존 개체 수가 50마리가 되는 데 걸린 시간은 A에서 B에서보다 길다. 짧다

**전략적 풀이 1** 탐구 설계를 분석하여 조작 변인을 파악한다.

- ㄱ. 조작 변인은 대조 실험에서 실험군과 대조군에서 다르게 처리한 변인이다. 따라서 A와 B에서 다르게 처리한 한 개체당 먹이 섭취량이 조작 변인이다.
- ㉡ 그래프를 해석하여 사망 개체 수와 생존 개체 수를 파악한다.
  - ㄴ. A와 B 중 구간 I에서 생존 개체 수가 더 많이 감소한 것은 A이다. 즉, 구간 I에서 사망한 ㉠의 개체 수는 A에서 B에서보다 많다.
  - ㄷ. 각 집단에서 ㉠의 생존 개체 수가 50마리가 되는 데 걸린 시간은 A에서 B에서보다 짧다.

# 사람의 물질대사

## 1 사람의 물질대사

### 1 생명 활동과 에너지

#### 개념 확인 문제

41쪽

- ① 물질대사    ② 동화    ③ 이화    ④ 세포 호흡  
 ⑤ ATP    ⑥ 에너지    ⑦ ATP    ⑧ 화학

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ×    2 (1) ㄱ, ㄴ, ㄷ (2) ㄴ, ㄷ, ㄹ  
 3 ㉠ 미토콘드리아, ㉡ 이산화 탄소, ㉢ ATP    4 ㉠    5 (1)  
 세포 호흡 (2) ATP    6 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○

- 1 (1) 물질대사는 효소가 관여하므로 체온 정도의 낮은 온도에서 반응이 일어난다.  
 (2) 물질대사는 반응이 한 번에 일어나지 않고 단계적으로 일어난다.  
 (3) 생명체에서 일어나는 모든 화학 반응을 물질대사라고 한다.  
 (4) 동화 작용이 일어날 때는 에너지가 흡수되고, 이화 작용이 일어날 때는 에너지가 방출된다.

- 2 (1) 동화 작용은 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 과정으로, 에너지를 흡수하는 흡열 반응이며, 광합성, 단백질 합성 등이 이에 해당한다.  
 (2) 이화 작용은 크고 복잡한 물질을 작고 간단한 물질로 분해하는 과정으로, 에너지를 방출하는 발열 반응이며, 세포 호흡, 녹말 소화 등이 이에 해당한다.

- 3 세포 호흡은 주로 미토콘드리아(㉠)에서 일어나며, 세포 호흡은 포도당이 산소와 반응하여 이산화 탄소(㉡)와 물로 분해되면서 에너지를 방출하는 과정이다. 방출된 에너지 일부는 ATP(㉢)의 화학 에너지로 전환되어 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.

- 4 ㉠은 ATP가 분해되는 반응이므로 에너지가 방출되고, ㉡은 ATP가 합성되는 반응이므로 에너지가 흡수된다.

- 5 (1) ㉠은 포도당의 화학 에너지가 ATP의 화학 에너지로 전환되는 세포 호흡이다.  
 (2) ㉡은 생명 활동에 직접 사용되는 에너지 저장 물질인 ATP이다.

- 6 (1) 생명 활동에 필요한 물질을 합성하는 동화 작용이 일어날 때는 에너지가 필요하며, 이 에너지는 ATP를 분해하여 얻는다.

- (2) 세포 호흡으로 방출된 에너지의 일부는 ATP에 저장되어 다양한 생명 활동에 이용된다.  
 (3) ATP의 끝에 있는 인산기 사이의 결합(고에너지 인산 결합)이 끊어지면서 방출되는 에너지가 다양한 생명 활동에 이용된다.  
 (4) ATP에 저장된 에너지는 정신 활동, 체온 유지, 근육 운동, 생장 등 다양한 생명 활동에 이용된다.

#### 대표 자료 분석

42쪽

- 자료 ① 1 (가) 동화 작용 (나) 이화 작용    2 (1) (나) (2) (가)  
 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) ○  
 자료 ② 1 (1) CO<sub>2</sub> (2) ㉠ ADP, ㉡ ATP    2 화학  
 3 (1) × (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○

- 1-2 동화 작용(가)은 에너지를 흡수하는 흡열 반응(2)이고, 이화 작용(나)은 에너지를 방출하는 발열 반응(1)이다.

- 1-3 (1) 물질대사가 일어날 때는 반드시 에너지 출입이 함께 일어나기 때문에 물질대사를 에너지 대사라고도 한다.  
 (3) 동화 작용(가)과 이화 작용(나)에는 모두 효소가 관여한다.  
 (4) 동화 작용(가)은 흡열 반응, 이화 작용(나)은 발열 반응이다.  
 (5) 단백질 합성, DNA 합성, 광합성은 작은 분자를 큰 분자로 합성하므로 동화 작용(가)에 해당한다.  
 (6) 세포 호흡, 녹말 소화는 큰 분자를 작은 분자로 분해하므로 이화 작용(나)에 해당한다.

- 2-1 (1) 포도당이 세포 호흡을 통해 최종 분해되면 CO<sub>2</sub>(㉠)와 H<sub>2</sub>O이 생성된다.  
 (2) 세포 호흡을 통해 방출된 에너지는 ADP(㉠)를 ATP(㉡)로 합성하는 데 사용된다.

- 2-2 포도당, ATP와 같은 물질 내 화학 결합 속에 저장되어 있는 에너지를 화학 에너지라고 한다.

- 2-3 (1), (2) 세포 호흡 과정에서 포도당이 산소와 반응하여 CO<sub>2</sub>(㉠)와 H<sub>2</sub>O로 분해되면서 에너지가 방출되는데, 방출된 에너지의 일부만 ATP(㉡)에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다.  
 (3), (4) (가)는 ATP가 ADP와 무기 인산(P<sub>i</sub>)으로 분해되면서 에너지가 방출되는 과정이므로, 이화 작용이다.  
 (5) ATP에 저장되어 있던 에너지가 방출되어 생명 활동에 이용된다.  
 (6) ATP의 끝에 있는 인산 결합이 끊어지면서 ADP로 분해될 때 방출되는 에너지가 근육 수축 과정에 이용된다.

- 01 ⑤    02 ⑤    03 해설 참조    04 ②    05 ③    06 ⑤  
 07 ③    08 ⑤    09 ⑤    10 ④    11 ⑤    12 이산화 탄  
 소(CO<sub>2</sub>)    13 해설 참조    14 ③

**01** ①, ② 물질대사는 생명체에서 일어나는 모든 화학 반응으로, 효소의 촉매 작용에 의해 일어난다.

- ③ 물질대사 과정에는 반드시 에너지 출입이 함께 일어난다.  
 ④ 세포는 물질대사를 통해 단백질 등 생명 활동에 필요한 물질을 합성하고 에너지를 얻는다.

**바로알기** ⑤ 세포는 세포 호흡과 같은 이화 작용으로 방출되는 에너지를 이용하여 생명 활동을 한다.

**02** 나. (가)는 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하므로 동화 작용이며, 에너지가 흡수되는 흡열 반응이다. (나)는 크고 복잡한 물질을 작고 간단한 물질로 분해하므로 이화 작용이며, 에너지가 방출되는 발열 반응이다.

다. 세포 호흡은 포도당이 산소와 반응하여 물과 이산화 탄소로 분해되는 반응이므로 이화 작용(나)에 해당한다.

**바로알기** 가. (가)는 동화 작용이다.

**03** 생명체에서 일어나는 화학 반응인 물질대사는 물질을 합성하는 동화 작용과 물질을 분해하는 이화 작용으로 구분할 수 있다. 물질을 합성할 때는 에너지가 흡수되고(흡열 반응), 물질을 분해할 때는 에너지가 방출된다(발열 반응).

**모범 답안** 동화 작용은 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 과정이며, 이화 작용은 크고 복잡한 물질을 작고 간단한 물질로 분해하는 과정이다. 동화 작용에서는 에너지가 흡수되고(흡열 반응), 이화 작용에서는 에너지가 방출된다(발열 반응).

채점 기준	배점
두 가지 요소를 모두 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
두 가지 요소를 비교하였으나, 서술이 다소 부족한 경우	80 %
한 가지 요소만 옳게 비교하여 서술한 경우	50 %

**04** 나. 생성물이 가진 에너지양이 반응물이 가진 에너지양보다 적은 것으로 보아 이 반응이 일어날 때 에너지가 방출되었음을 알 수 있다.

**바로알기** 가. 에너지가 방출되는 발열 반응은 이화 작용에서 일어나므로, 그림은 이화 작용이 일어날 때의 에너지 변화이다.

다. 생성물이 가진 에너지양은 반응물이 가진 에너지양보다 적다.

**05** ③ 그림은 이화 작용에서의 에너지 변화이다. 소화에 의해 녹말이 포도당으로 분해되는 것은 이화 작용에 해당한다.

**바로알기** ① 글리코젠 합성, ② 광합성, ④ 단백질 합성, ⑤ DNA 합성은 모두 동화 작용에 해당하며, 생성물의 에너지양이 반응물의 에너지양보다 많다.

**06** 가. I은 작고 간단한 물질인 아미노산이 결합하여 크고 복잡한 물질인 단백질이 합성되는 과정이므로 동화 작용이고, II는 크고 복잡한 물질인 글리코젠이 작고 간단한 물질인 포도당으로 분해되는 과정이므로 이화 작용이다.

나. 물질대사 과정에는 모두 효소가 관여한다.

다. 이화 작용(II)이 일어날 때는 에너지가 방출되고, 동화 작용(I)이 일어날 때는 에너지가 흡수된다.

**07** 가. (가)는 빛에너지를 흡수하여 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로부터 포도당을 합성하는 광합성이고, (나)는 포도당을 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해하는 세포 호흡이다.

나. 광합성(가)은 식물의 엽록체에서, 세포 호흡(나)은 주로 미토콘드리아에서 일어난다.

**바로알기** 다. 세포 호흡(나)에서 방출된 에너지 중 일부만 ATP에 저장된다.

**08** ① 세포 호흡은 주로 미토콘드리아(X)에서 일어난다.

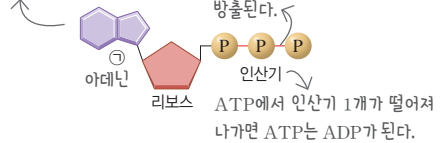
②, ④ 세포 호흡 과정에서 포도당이 산소(㉓)와 반응하여 이산화 탄소(㉔)와 물로 분해되면서 에너지가 방출된다. 따라서 세포 호흡은 이화 작용이며 에너지가 방출되는 발열 반응이다.

③ 세포 호흡 과정에는 효소가 관여한다.

**바로알기** ⑤ 포도당이 세포 호흡으로 분해되어 방출된 에너지 중 일부는 ATP에 저장되고 나머지는 열로 방출된다.

**09** **꼼꼼 문제 분석**

ATP는 아데노신(아데닌+리보스)에 3개의 인산기가 결합한 화합물이다. ATP의 끝에 있는 2개의 인산기 사이 결합이 끊어지면 에너지가 방출된다.



가. ATP는 여러 가지 생명 활동에 직접적으로 사용되는 에너지 저장 물질이다.

나. ATP는 리보스와 아데닌, 3개의 인산기가 결합한 구조이다.

다. ATP의 인산기와 인산기 사이의 결합에 많은 에너지가 저장되어 있으므로 이 결합이 끊어질 때 고에너지가 방출된다.

**10** ① (가)는 아데노신에 인산기가 3개 결합한 ATP이고, (나)는 아데노신에 인산기가 2개 결합한 ADP이다.

② ㉑은 ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되는 과정으로, 이 때 에너지가 방출된다.



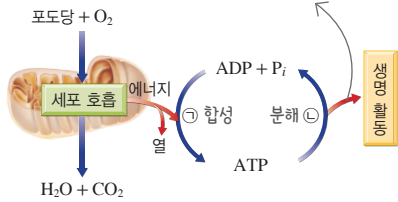
③ ㉞은 ADP가 무기 인산과 결합하여 ATP로 합성되는 과정이다. 미토콘드리아에서 세포 호흡이 일어날 때 ATP 합성(㉞)이 일어난다.

⑤ ADP가 ATP로 될 때 에너지가 흡수되므로 ATP(가)에는 ADP(나)보다 더 많은 에너지가 저장되어 있다.

**바로알기** ④ ㉟은 ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되는 이화 작용이고, ㉞은 ADP가 무기 인산과 결합하여 ATP로 합성되는 동화 작용이다.

### 11 꼼꼼 문제 분석

ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해되는 과정에서 방출되는 에너지는 다양한 형태의 에너지로 전환되어 여러 가지 생명 활동에 이용된다.

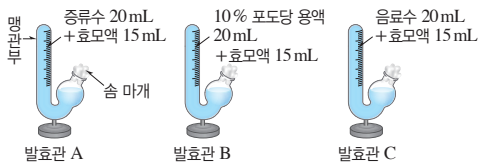


ㄱ. 세포 호흡이 일어날 때에는 ATP가 합성되는 과정(㉞)이 활발하게 일어난다.

ㄴ. 포도당이 분해될 때 방출되는 에너지 중 일부는 ATP 합성에 이용되고, 나머지는 열로 방출되어 일부가 체온 유지에 이용된다.

ㄷ. ATP에 저장된 에너지는 화학 에너지이며, ATP가 분해되면서 방출되는 에너지는 다양한 형태로 전환되어 생명 활동에 이용된다.

### [12~14] 꼼꼼 문제 분석



효모가 당을 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻고, 이 과정에서 이산화 탄소가 발생한다.

발효관	A	B	C
기체의 부피	없음	+++	+

(+가 많을수록 기체 발생량이 많음)

- 발효관 A는 당이 없으므로 기체가 발생하지 않았다.
- 발효관 B와 C에서는 기체가 발생하였으며, 기체 발생량이 B > C이다.  
→ 발효관 C보다 B에서 당의 분해가 더 많이 일어났음을 알 수 있다.
- 수산화 칼륨 수용액을 넣으면 수산화 칼륨이 이산화 탄소를 흡수하여 맹관부에 모인 기체의 부피가 감소한다. → 맹관부 속 수면의 높이가 높아진다.

**12** 맹관부에 모이는 기체(㉟)는 효모가 당을 분해할 때 발생한 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)이다.

**13** **모범 답안** 맹관부 속 수면의 높이는 높아진다. 수산화 칼륨(KOH)이 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)를 흡수하여 기체의 부피가 감소하기 때문이다.

채점 기준	배점
수면의 높이가 높아진다고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
수면의 높이가 높아진다고만 서술한 경우	50 %

**14** ① 효모가 포도당과 음료수 속의 당을 분해하여 이산화 탄소(㉟)가 발생하는 것이므로 이화 작용에 해당한다.

② 발효관 A는 발효관에서 발생하는 기체가 효모가 당을 분해하여 발생한 것인지를 확인하기 위한 대조군이다.

④ 효모의 물질대사가 활발할수록 이산화 탄소가 많이 발생하므로 기체 발생량이 가장 많은 B에서 물질대사가 가장 활발하게 일어났다.

⑤ 기체 발생량은 발효관 C가 발효관 B보다 적으므로 용액의 당 함량은 C의 음료수가 B의 10 % 포도당 용액보다 낮다.

**바로알기** ③ 발효관 속의 효모는 처음에는 산소를 이용해 세포 호흡을 하다가 산소가 다 소모되면 발효를 한다. 효모의 발효 과정을 보는 실험이므로 외부로부터 산소의 유입을 차단하기 위하여 발효관 입구를 솜 마개로 막는다.

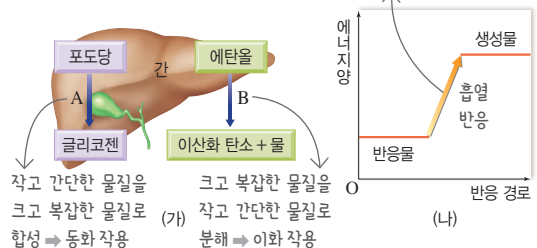
## 실력 UP 문제

45쪽

01 ④ 02 ④

### 01 꼼꼼 문제 분석

생성물의 에너지양이 반응물의 에너지양보다 많다. → 흡열 반응이며, 동화 작용이다.



ㄱ, ㄷ. 포도당이 글리코젠으로 되는 A 과정은 작고 간단한 물질이 크고 복잡한 물질로 합성되는 동화 작용이다. 동화 작용(A)에서 반응물(포도당)의 에너지양은 생성물(글리코젠)의 에너지양보다 적다.

**바로알기** ㄴ. (나)는 반응물의 에너지양보다 생성물의 에너지양이 많으므로 에너지가 흡수되는 흡열 반응이다. 이화 작용(B)에서는 에너지가 방출되는 발열 반응이 일어난다.

**02** I은 ADP(㉞)가 무기 인산과 결합하여 ATP(㉟)를 합성하는 과정이고, II는 ATP(㉟)가 ADP(㉞)와 무기 인산으로 분해되는 과정이다.

ㄴ. 미토콘드리아에서 ATP 합성(I)이 일어난다.

ㄷ. ATP에서 고에너지 인산 결합이 하나 끊어져 ADP로 된다.

**바로알기** ㄱ. ㉟은 ATP, ㉞은 ADP이다.

## 개념 확인 문제

50쪽

- 1 영양소    2 용털    3 폐포    4 호흡계    5 순환계  
6 배설계    7 에너지    8 순환계

- 1 (1) × (2) ○ (3) ×    2 (1) ⊕ (2) ⊕ (3) ⊕    3 (1) ○ (2) ×  
(3) ○ (4) ○    4 (1) ○ (2) × (3) ○    5 (1) ㄱ, ㄷ (2) ㄷ (3) ㄱ  
6 (1) ㄴ (2) ㄱ (3) ㄷ (4) ㄷ

**1** (1) 음식물에 있는 영양소는 소화계를 통해 크기가 작은 영양소로 분해되어 몸속으로 흡수된다.  
(2) 숨을 들이마실 때 폐로 들어온 공기 중의 산소는 폐포에서 모세 혈관으로 확산되어 흡수된다.  
(3) 세포 호흡에 필요한 산소는 호흡계를 통해 몸속으로 흡수되고, 순환계를 통해 조직 세포로 운반된다.

**2** 각 영양소가 소화 기관을 거쳐 분해되면, 지방은 지방산과 모노글리세리드, 녹말은 포도당, 단백질은 아미노산이 된다.

**3** (1) 음식물 속의 영양소는 소화 기관을 따라 이동하면서 분해된 후 소장 상부의 용털에서 흡수된다.  
(2) 수용성 영양소는 용털의 모세 혈관으로, 지용성 영양소는 용털의 암죽관으로 흡수된다.  
(3) 포도당, 아미노산과 같은 수용성 영양소는 소장 상부에서 흡수된 후 간을 거쳐 심장으로 이동한다.

**4** (1) 탄수화물, 단백질, 지방은 구성 원소로 탄소(C), 수소(H), 산소(O)를 공통으로 포함하고 있어 세포 호흡으로 분해되면 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)이 생성된다.  
(2), (3) 단백질 분해 시 생성되는 암모니아는 독성이 강하므로 간에서 독성이 약한 요소로 전환되어 콩팥을 통해 오줌으로 배설된다.

**5** 이산화탄소와 약간의 물(수증기 상태)은 폐를 통해, 요소와 대부분의 물은 콩팥을 통해 몸 밖으로 나간다.

**6** (1), (2) 음식물 속의 영양소는 소화계에서 소화·흡수된 후 순환계를 통해 조직 세포로 운반되고, 산소는 호흡계에서 흡수되어 순환계를 통해 조직 세포로 운반된다.  
(3) 세포 호흡 결과 물과 이산화탄소가 생성되는데, 물은 호흡계와 배설계를 통해, 이산화탄소는 호흡계를 통해 몸 밖으로 내보낸다.  
(4) 배설계는 혈액 속의 질소 노폐물(요소)과 과잉의 물을 걸러 오줌의 형태로 몸 밖으로 내보낸다.

**완자뽀** **Q1** 확산  
**비법특강** **Q2** ㉠ 폐순환, ㉡ 온몸 순환

**Q1** 숨을 들이마실 때 폐포로 들어온 공기 중의 산소는 분압이 높은 폐포에서 분압이 낮은 모세 혈관으로 확산되어 이동한다.

**Q2** 폐순환은 심장에서 나온 혈액이 폐를 순환한 후 다시 심장으로 들어오는 경로로, 혈액은 폐에서 산소를 공급받고 이산화탄소를 내보낸다. 온몸 순환은 심장에서 나온 혈액이 온몸을 순환한 후 다시 심장으로 들어오는 경로로, 혈액은 온몸의 조직 세포에 산소와 영양소를 공급하고, 이산화탄소 등의 노폐물을 받아온다.

## 대표 자료 분석

52~53쪽

**자료 1** 1 ㉠ 포도당, ㉡ 아미노산, ㉢ 지방산과 모노글리세리드    2 (1) 수용성 (2) 지용성    3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ○ (8) ○

**자료 2** 1 ㉠ 폐동맥, ㉡ 폐정맥, ㉢ 대정맥, ㉣ 대동맥  
2 ㉡, ㉣    3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) ×

**자료 3** 1 A: 이산화탄소, B: 물, C: 요소    2 ㉠ 질소, ㉡ 암모니아    3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○ (5) × (6) × (7) ×

**자료 4** 1 (가) 소화계 (나) 호흡계 (다) 배설계    2 (1) A (2) ㉠ (나), ㉡ (다) (3) ㉠ 영양소, ㉡ 산소(O<sub>2</sub>)  
3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

**1-1** 음식물 속 영양소는 분자 크기가 커서 세포막을 통과하기 어려우므로 소화 기관을 지나는 동안 소화 효소에 의해 분자 크기가 작은 영양소로 분해된다. 녹말은 포도당(㉠)으로, 단백질은 아미노산(㉡)으로, 지방은 지방산과 모노글리세리드(㉢)로 분해된다.

**1-2** 포도당과 아미노산은 수용성 영양소이고, 지방산과 모노글리세리드는 지용성 영양소이다. 수용성 영양소는 용털의 모세 혈관으로, 지용성 영양소는 용털의 암죽관으로 흡수된다.

**1-3** (4) 라이페이스는 지방의 소화에 관여한다.  
(5) 아미노산(㉡)은 용털의 모세 혈관으로, 지방산과 모노글리세리드(㉢)는 용털의 암죽관으로 흡수된다.  
(8) 용털의 모세 혈관과 암죽관으로 흡수된 영양소는 모두 심장을 거쳐 온몸으로 이동한다.

**2-2** 폐동맥(㉑)과 대정맥(㉒)은 폐에서 기체 교환을 하기 전 혈액이 흐르므로  $O_2$ 가 적고  $CO_2$ 가 많이 포함된 정맥혈이 흐르고, 폐정맥(㉓)과 대동맥(㉔)은 폐에서 기체 교환을 마친 혈액이 흐르므로  $O_2$ 가 많고  $CO_2$ 가 적게 포함된 동맥혈이 흐른다.

**2-3** (2) 혈액은 심장을 중심으로 대정맥 → 폐동맥 → 폐정맥 → 대동맥으로 순환한다.

(3) 폐동맥(㉑)은 폐에서 기체 교환을 하기 전 혈액이 흐르므로  $O_2$ 가 적은 정맥혈이 흐르고, 대동맥(㉔)은 폐에서 기체 교환을 마친 혈액이 흐르므로  $O_2$ 가 많은 동맥혈이 흐른다. 따라서 혈액의 단위 부피당  $O_2$ 의 양은 대동맥(㉔)에서가 폐동맥(㉑)에서보다 많다.

(4) 폐정맥(㉓)은  $O_2$ 가 많고  $CO_2$ 가 적은 혈액이 흐르고, 대정맥(㉒)은  $CO_2$ 가 많고  $O_2$ 가 적은 혈액이 흐르므로  $\frac{O_2\text{의 양}}{CO_2\text{의 양}}$ 은 폐정맥(㉓)에서가 대정맥(㉒)에서보다 크다.

(6) 콩팥에서 나오는 혈관(㉕)은 노폐물을 배설한 혈액이 흐르므로 요소가 적고, 콩팥으로 들어가는 혈관(㉖)은 노폐물을 배설하기 전의 혈액이 흐르므로 요소가 많다.

**3-1** 탄수화물, 지방, 단백질이 분해될 때 공통으로 생성되는 노폐물은 A와 B이다. A는 폐를 통해 나가므로 이산화 탄소이고, B는 폐와 콩팥을 통해 각각 날숨과 오줌으로 나가므로 물이다. 간에서 암모니아로부터 전환된 C는 요소이며, 요소는 콩팥을 통해 오줌으로 배설된다.

**3-2** 단백질(영양소 ㉑)의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)이므로, 세포 호흡을 통해 최종 분해되면 이산화 탄소( $CO_2$ ), 물( $H_2O$ ), 암모니아( $NH_3$ )가 생성된다.

**3-3** (1) 이산화 탄소(A)는 혈액에 의해 폐로 이동한다.

(2) 물(B)은 여러 가지 생명 활동에 다시 이용되거나 몸 밖으로 나간다.

(3) 물(B)은 폐와 콩팥에서 각각 날숨(수증기)과 오줌으로 나간다.

(4) 암모니아는 간에서 요소(C)로 전환된다.

(5) A~C 중 질소 노폐물에 해당하는 것은 구성 원소로 질소(N)를 갖는 요소(C)이다.

(6) 독성이 강한 암모니아는 독성이 약한 요소(C)로 전환된 후 몸 밖으로 배설된다.

(7) 지방의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)이므로 세포 호흡을 통해 분해되면 이산화 탄소( $CO_2$ )와 물( $H_2O$ )이 생성되고, 요소는 생성되지 않는다.

**4-1** (가)는 영양소(물질 A)를 소화·흡수하는 소화계이다. (나)는 산소( $O_2$ )를 흡수하고 이산화 탄소( $CO_2$ )를 내보내는 호흡계이다. (다)는 오줌의 형태로 노폐물을 배설하는 배설계이다.

**4-2** (1) 세포 호흡에 필요한 영양소는 물질 A에 해당한다.

(2) 폐는 호흡계(나)에, 콩팥은 배설계(다)에 속하는 기관이다.

(3) 순환계에서 조직 세포로 전달(㉑ 과정)되는 물질은 영양소와 산소( $O_2$ )이다.

**4-3** (1) 소화계(가)에서 일어나는 소화 과정은 이화 작용이다.

(2) 호흡계(나)의 폐로 들어온 산소는 순환계로 확산되어 이동한다.

(3) 간에서 암모니아가 요소로 전환되며, 간은 소화계(가)에 속한다.

(4) 대장은 소화계(가)에 속한다.

(5) 오줌에는 질소 노폐물인 요소가 포함된다.

(6) 물질 B는 섭취한 영양소(물질 A) 중 소화계에서 흡수되지 않은 찌꺼기로, 대장(소화계)을 통해 대변이 되어 몸 밖으로 배출되는 것이며, 배설은 물질대사 결과 생성된 노폐물을 배설계를 통해 몸 밖으로 내보내는 것이다.

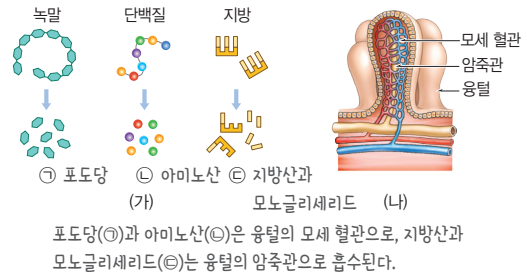
## 내신 **안정** 문제

54~56쪽

- 01 ㉓    02 ㉕    03 ㉓    04 ㉔    05 ㉕    06 해설 참조  
 07 ㉔    08 ㉕    09 해설 참조    10 해설 참조    11 ㉕    12 ㉓  
 13 ㉔    14 다, 르    15 해설 참조

### 01 **꼼꼼 문제 분석**

음식물 속 크기가 큰 영양소는 소화 기관을 지나는 동안 소화 효소에 의해 크기가 작은 영양소로 분해된다.



ㄱ. 녹말이 소화 기관을 거쳐 분해되면 포도당(㉑)이 된다.

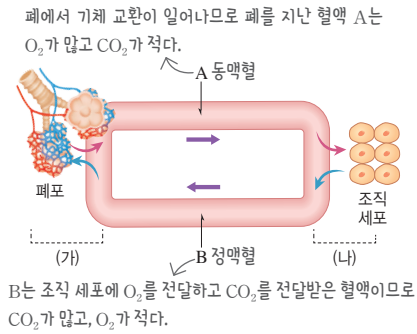
ㄴ. 각 영양소가 소화 기관을 지나는 동안 소화 효소에 의해 작은 크기의 영양소로 분해된다.

**바로알기** 다. 아미노산(㉒)은 용털의 모세 혈관으로, 지방산과 모노글리세리드(㉓)는 용털의 암죽관으로 흡수된다.

**02** ㄱ, ㄴ.  $O_2$ (㉒)의 분압은 폐포에서가 모세 혈관에서보다 높기 때문에  $O_2$ (㉒)은 폐포에서 모세 혈관으로 확산된다.  $CO_2$ (㉑)의 분압은 모세 혈관에서가 폐포에서보다 높기 때문에  $CO_2$ (㉑)은 모세 혈관에서 폐포로 확산된다.

ㄷ. 폐포에서 기체 교환을 하기 전인 혈액 A는 정맥혈이고, 기체 교환을 마친 혈액 B는 동맥혈이다.

### 03 꼼꼼 문제 분석

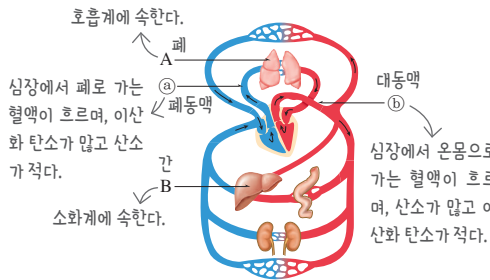


ㄱ. 폐에서 기체 교환을 마친 혈액 A는 동맥혈이고, 조직 세포에서 기체 교환을 마친 혈액 B는 정맥혈이다.

ㄴ. (가)와 (나)에서 기체 교환은 기체의 분압 차이에 의한 확산에 의해 일어나며, 에너지를 소모하지 않는다.

**바로알기** ㄷ. A는 동맥혈이고, B는 정맥혈이므로 혈액의 단위 부피당 O<sub>2</sub>의 양은 A에서가 B에서보다 많다.

### 04 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 폐(A)에서 산소와 이산화 탄소의 기체 교환이 일어난다.

ㄴ. 간(B)은 소화계에 속한다.

**바로알기** ㄷ. 폐동맥(㉑)에는 폐에서 기체 교환을 하기 전 혈액이 흐르므로 CO<sub>2</sub>가 많고, 대동맥(㉒)에는 폐에서 기체 교환을 마친 혈액이 흐르므로 CO<sub>2</sub>가 적다.

05 ㄱ. (나)로부터 생성된 노폐물에는 암모니아가 포함되므로 (나)는 단백질이고, (가)는 지방이다.

ㄴ. 녹말이 분해되어 세포 호흡을 통해 생성되는 노폐물은 물과 이산화 탄소이므로 ㉑와 같다.

ㄷ. 질소 노폐물인 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 구성 원소 중 질소(N)가 있다.

06 **모범 답안** 암모니아(㉑)는 간에서 독성이 약한 요소로 전환된 후, 순환계를 통해 콩팥으로 운반되어 오줌으로 배설된다.

채점 기준	배점
간에서 암모니아가 요소로 전환되는 과정과 콩팥에서 오줌으로 배설되는 과정을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
간에서 암모니아가 요소로 전환되는 과정과 콩팥에서 오줌으로 배설되는 과정 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

07 ㄱ. A는 간, B는 대장, C는 콩팥이다.

ㄷ. 콩팥(C)에서 요소와 같은 혈액 속 질소 노폐물을 걸러 오줌으로 배설한다.

**바로알기** ㄴ. 대장(B)에서는 주로 물이 흡수되며, 소장에서 영양소의 흡수가 일어난다.

08 ㄴ, ㄷ. 시험관 Ⅲ과 Ⅳ를 비교하면 요소 용액에 생콩즙을 넣은 경우 파란색으로 변하였고, Ⅱ와 Ⅴ를 비교하면 오줌에 생콩즙을 넣은 경우 파란색으로 변하였으므로 생콩즙을 넣은 요소 용액과 오줌의 pH가 모두 염기성으로 변하였음을 알 수 있다. 따라서 생콩즙에 들어있는 효소(유레이스)의 작용으로 요소가 암모니아로 분해되어 용액이 염기성으로 변하였음을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ. BTB를 떨어뜨렸을 때, Ⅰ에서는 노란색, Ⅱ에서는 초록색을 나타내므로 생콩즙은 산성, 오줌은 중성에 가깝다는 것을 알 수 있다. 따라서 생콩즙은 오줌보다 pH가 낮다.

09 **모범 답안** 생콩즙에 들어 있는 효소(유레이스)의 작용으로 요소가 분해되어 염기성 물질인 암모니아가 생성되었기 때문이다.

채점 기준	배점
효소의 작용으로 요소가 분해되어 염기성 물질이 생성되었다고 서술한 경우	100 %
생콩즙의 작용으로 요소가 분해되었다고 서술한 경우	50 %

10 **모범 답안** 오줌에는 요소가 들어 있다. 생콩즙은 요소를 분해하는데, 오줌에 생콩즙을 넣었을 때와 요소 용액에 생콩즙을 넣었을 때 나타나는 색깔 변화가 같기 때문이다.

채점 기준	배점
오줌에 요소가 들어 있다고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
오줌에 요소가 들어 있다고만 서술한 경우	70 %
요소와 오줌 모두 생콩즙의 작용으로 염기성 물질이 생성된다고 서술한 경우	50 %

11 ㄱ, ㄴ. A는 배설계, C는 순환계이므로 B는 소화계이다. 소장, 위, 대장 등은 소화계(B)에 속한다.

ㄷ. 아미노산과 같이 질소(N)를 포함한 영양소가 분해되어 생성된 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 순환계(C)를 통해 간으로 이동하여 독성이 약한 요소로 전환된다.

12 A는 심장을 포함한 순환계, B는 위를 포함한 소화계이며, C는 폐를 포함한 호흡계이다.

ㄱ. 소화계(B)에서 흡수한 영양소는 순환계(A)를 통해 온몸의 조직 세포로 운반된다.

ㄴ. 세포 호흡에 필요한 영양소는 소화계(B)를 통해, 세포 호흡에 필요한 산소는 호흡계(C)를 통해 몸속으로 흡수된다.

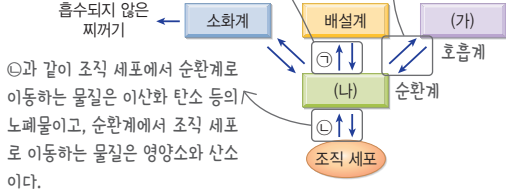
**바로알기** ㄷ. 순환계(A)의 심장에서 호흡계(C)의 폐로 가는 혈액은 산소가 적고 이산화 탄소가 많이 포함된 정맥혈이다.



**[13~14] 꼼꼼 문제 분석**

영양소는 소화계에서 흡수되고, 산소(O<sub>2</sub>)와 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)의 교환은 호흡계에서 일어난다. 또 질소 노폐물은 배설계에서 오줌으로 배설된다.

간에서 암모니아가 요소로 전환된 후 요소는 순환계(나)를 통해 배설계로 이동하여 몸 밖으로 나간다.



○과 같이 조직 세포에서 순환계로 이동하는 물질은 이산화 탄소 등의 노폐물이고, 순환계에서 조직 세포로 이동하는 물질은 영양소와 산소이다.

**13** 가, 나, (가)는 O<sub>2</sub>를 받아들이고 CO<sub>2</sub>를 내보내는 호흡계이며, 폐, 기관, 기관지 등이 호흡계에 속한다. (나)는 각 기관계 사이에서 물질을 운반하는 순환계이며, 심장, 혈관 등이 순환계에 속한다.

다. 간에서 암모니아가 요소로 전환된 후, 요소는 순환계(나)를 통해 배설계로 운반되어 오줌의 형태로 몸 밖으로 나간다. 따라서 순환계(나)에서 배설계로의 물질 이동(㉠)에는 요소의 이동이 포함된다.

**바로알기** 라. 소화계, 호흡계, 배설계는 순환계(나)를 중심으로 유기적으로 연결되어 통합적으로 작용한다.

**14** 다, 라. ㉠의 이동에 포함되는 물질은 조직 세포에서 영양소가 세포 호흡으로 분해되는 과정에서 발생하는 노폐물로, 이산화 탄소, 물, 암모니아가 있다.

**바로알기** 가, 나. 산소와 영양소는 (나)에서 조직 세포로 이동한다.

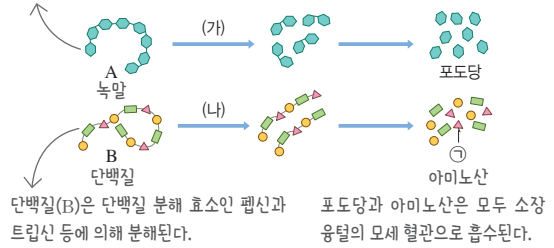
**15** 운동을 할 때에는 평상시보다 에너지가 많이 필요하므로 조직 세포에서 세포 호흡이 증가한다. 따라서 세포 호흡에 필요한 물질의 공급과 세포 호흡으로 생성되는 노폐물의 제거도 빠르게 이루어져야 하므로 심장 박동과 호흡 운동이 빨라진다.

**모범 답안** 운동을 하면 평상시보다 ATP 소모량이 많아져 조직 세포에서 세포 호흡이 증가한다. 따라서 세포 호흡에 필요한 영양소와 산소를 조직 세포에 빨리 공급하고 세포 호흡 결과 생성된 이산화 탄소 등의 노폐물을 빨리 제거하기 위해 심장 박동과 호흡 운동이 빨라진다.

채점 기준	배점
세 가지 요소를 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
두 가지 요소만 포함하여 옳게 서술한 경우	60 %
한 가지 요소만 옳게 서술한 경우	40 %

**01 꼼꼼 문제 분석**

녹말(A)은 녹말 분해 효소인 아밀레이스에 의해 분해된다.



가. (가)는 크기가 큰 분자인 녹말이 크기가 작은 분자로 분해되는 과정이므로 이화 작용이다.

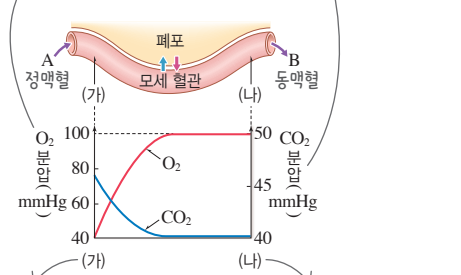
다. 단백질(B)은 구성 원소로 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N)를 가진다.

라. ㉠은 단백질(B)이 소화 기관을 거쳐 분해된 아미노산이다. 아미노산(㉠)이 세포 호흡에 사용되면 노폐물로 물, 이산화 탄소, 암모니아가 생성된다.

**바로알기** 나. 리피페이스는 지방을 지방산과 모노글리세리드로 분해하는 지방 분해 효소이다. 단백질의 소화 과정(나)에는 단백질 분해 효소가 관여한다.

**02 꼼꼼 문제 분석**

혈액이 폐포를 지나면서 O<sub>2</sub>의 분압은 높아지고, CO<sub>2</sub>의 분압은 낮아진다. → 기체 교환이 일어 나기 때문이다.



(가)를 지나는 혈액 A는 CO<sub>2</sub> 분압은 높고, O<sub>2</sub> 분압은 낮다. → 정맥혈  
(나)를 지나는 혈액 B는 O<sub>2</sub> 분압은 높고, CO<sub>2</sub> 분압은 낮다. → 동맥혈

가. A는 O<sub>2</sub>의 분압이 낮고, CO<sub>2</sub>의 분압이 높으므로 정맥혈이다.  
나. 폐에서 흡수된 O<sub>2</sub>는 주로 적혈구에 의해 조직 세포로 운반된다.

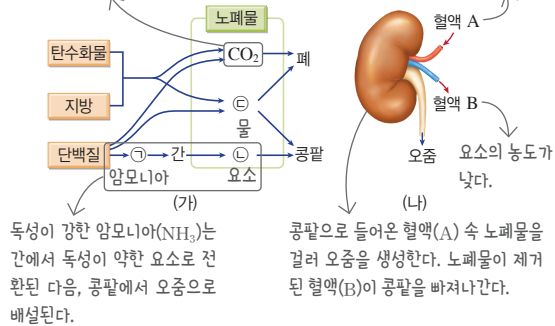
**바로알기** 다. CO<sub>2</sub>의 분압은 (가)에서가 약 47 mmHg이고, (나)에서가 40 mmHg이므로 약 7 mmHg만큼 변하였고, O<sub>2</sub>의 분압은 (가)에서가 40 mmHg이고, (나)에서가 100 mmHg이므로 60 mmHg만큼 변하였다. 따라서 (가)에서 (나)로의 기체 분압 변화는 CO<sub>2</sub>가 O<sub>2</sub>보다 작다.

### 03 꼼꼼 문제 분석

탄수화물과 지방은 구성 원소가 C, H, O이므로, 세포 호흡으로 분해되면 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O이 생성되며, 단백질은 구성 원소가 C, H, O, N이므로, 세포 호흡으로 분해되면 CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>(암모니아)가 생성된다.

이산화 탄소는 폐를 통해 몸 밖으로 나간다.

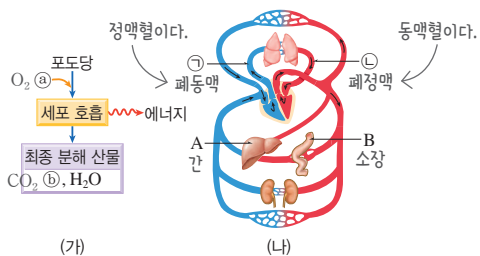
요소가 걸러지기 전으로, 요소의 농도가 높다.



- 단백질이 분해될 때 생성되는 암모니아(㉠)는 구성 원소로 질소(N)를 포함하는 질소 노폐물이다.
- 물은 일부가 폐에서 날숨을 통해 수증기 형태로 나가고, 대부분 콩팥에서 오줌의 형태로 나간다.
- 세포 호흡으로 영양소가 분해되어 생성되는 노폐물(㉡~㉣)은 모두 혈액에 의해 운반된다.
- 혈액이 콩팥을 지나는 동안 요소와 같은 노폐물이 걸러지므로, 단위 부피당 요소(㉣)의 양은 콩팥으로 들어가는 혈액 A가 콩팥에서 나온 혈액 B보다 많다.

**바로알기** ② ㉡는 간에서 암모니아(㉠)가 전환된 요소이다.

### 04 꼼꼼 문제 분석



- 조직 세포에서 생성된 CO<sub>2</sub>(㉢)는 혈액에 의해 심장을 거쳐 폐로 이동하여 몸 밖으로 나간다.
- 아미노산, 포도당과 같은 수용성 영양소는 소장(B) 용털의 모세 혈관으로 흡수된 후, 혈관을 통해 간(A)을 거쳐 심장으로 운반된다. 지방산, 모노글리세리드와 같은 지용성 영양소는 소장 용털의 암죽관으로 흡수된 후 간을 거치지 않고 림프관을 통해 이동하다가 혈액과 합쳐져서 심장으로 운반된다.
- 폐에서 기체 교환이 일어나므로 혈액의 단위 부피당 O<sub>2</sub>(㉣)의 양은 폐정맥(㉡)에서 폐동맥(㉠)에서보다 많다.

## 3 물질대사와 건강

### 개념 확인 문제

60쪽

- ① 섭취량 ② 기초 ③ 활동 ④ 1일 ⑤ 대사성

- 1 (1) < (2) >    2 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○    3 ㄱ, ㄴ, ㄷ  
4 (1) ○ (2) × (3) ○    5 (1) ㄴ (2) ㄷ (3) ㄱ    6 ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ

1 (1) 에너지 소비량이 에너지 섭취량보다 많은 상태가 지속되면 우리 몸에 저장된 지방이나 단백질을 분해하여 필요한 에너지를 얻으므로 체중이 감소한다.

(2) 에너지 섭취량이 소비량보다 많은 상태가 지속되면 사용하고 남은 에너지를 주로 지방의 형태로 저장하므로 체중이 증가한다.

2 (1) 기초 대사량은 성별, 나이, 체중 등에 따라 다르다.  
(2) 1일 대사량은 하루 동안 소비하는 에너지의 총량으로, 기초 대사량, 활동 대사량, 음식물의 소화·흡수에 필요한 에너지양을 합한 것이다.

(3) 심장 박동, 호흡 운동, 체온 유지 등과 같이 생명 활동을 유지하는 데 필요한 에너지양을 기초 대사량이라고 한다.

(4) 건강을 유지하기 위해서는 음식을 통한 에너지 섭취량과 활동을 통한 에너지 소비량이 균형을 이루어야 한다.

3 심장 박동, 호흡 운동, 체온 유지 등은 기초 대사량에 속하고, 식사하기와 잠자기 등은 활동 대사량에 속한다.

4 (1) 대사성 질환은 주로 과도한 영양 섭취, 운동 부족 등 잘못된 생활 습관에 의해 발생한다.

(2) 대부분의 대사성 질환은 심혈관계 질환과 뇌혈관계 질환 등의 합병증을 일으킬 수 있다.

(3) 대사성 질환은 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 질환으로, 고혈압, 당뇨병, 고지혈증 등이 있다.

5 (1) 고혈압은 혈압이 정상 범위보다 높은 만성 질환이다.  
(2) 고지혈증은 혈액 속에 콜레스테롤, 중성 지방 등이 과다하게 들어 있는 질환이다.

(3) 당뇨병은 혈당량이 정상보다 높은 상태가 지속되면서 오줌에 당이 섞여 나오는 질환이다.

6 대사성 질환은 과도한 영양 섭취와 활동량 부족으로 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많을 때 주로 발생한다. 따라서 대사성 질환을 예방하기 위해서는 규칙적인 식사와 균형 잡힌 식단으로 에너지 섭취량을 줄이고, 적절한 운동과 일상생활 속 활동량 늘리기 등으로 에너지 소비량을 늘려 복부 지방을 줄이고 비만이 되지 않도록 노력해야 한다.

**자료 1** 1 (가) 나, 다 (다) 나, 다 2 (1) 기초 대사량 (2) 지방  
3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ×

**자료 2** 1 2913 kcal 2 2286 kcal 3 (1) × (2) × (3) ○

**1-1** (가)는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적은 상태이다. 이런 상태가 지속되면 우리 몸에 저장된 지방이나 근육의 단백질을 분해하여 필요한 에너지를 얻게 된다. 그 결과 체중이 줄어들고 심하면 영양실조가 될 수 있으며, 면역력이 떨어질 수 있다. (다)는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 상태이다. 이런 상태가 지속되면 사용하고 남은 에너지를 주로 지방의 형태로 저장한다. 그 결과 체중이 증가하고 체지방이 쌓여 비만이 될 수 있으며, 대사성 질환에 걸릴 위험도 높아진다.

**1-2** (1) 1일 대사량은 하루 동안 소비하는 총 에너지양으로, 기초 대사량, 활동 대사량, 음식물의 소화·흡수에 필요한 에너지양을 합한 것이다.  
(2) 에너지 소비량보다 에너지 섭취량이 많으면 남은 에너지는 주로 지방의 형태로 전환되어 체내에 저장된다.

**1-3** (1) 건강한 생활을 하려면 (나)와 같이 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 균형을 이룬 상태를 유지해야 한다. (가) 상태는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적어 이런 상태가 유지되면 영양실조나 면역력 저하가 나타날 수 있다.  
(2) (다)와 같이 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 상태가 오래 지속되면 체지방이 쌓여 고혈압이나 당뇨병 같은 대사성 질환에 걸릴 수 있다.  
(3) (다)의 상태를 지속하던 사람이 균형 잡힌 식사로 에너지 섭취량을 줄이고 꾸준한 운동으로 에너지 소비량을 늘리면 에너지 섭취량과 에너지 소비량이 균형을 이룬 (나)의 상태로 바뀔 수 있다.  
(4) 일상생활에서 신체 활동을 늘리면 에너지 소비량이 증가하여 (다)의 상태를 (나)의 상태로 바꾸는 데 도움이 된다.

**2-1** 준이는 쌀밥, 탄산음료, 햄버거를 기준량의 2배씩 섭취하였으므로 에너지 섭취량을 계산할 때 이 음식들은 2를 곱하여 더해야 한다. 따라서 준이의 1일 에너지 섭취량은  $(300 \times 2) + 30 + 385 + 478 + (94 \times 2) + (616 \times 2) = 2913 \text{ kcal}$ 이다.

**2-2** 활동에 따른 에너지 소비량은 체중 1kg당 1시간에 소비되는 에너지양이다. 따라서 에너지 소비량을 구하려면 '(활동별 소비 에너지양 × 활동 시간)의 합 × 체중'으로 계산해야 한다. 따라서 준이의 1일 에너지 소비량은  $\{(0.9 \times 8) + (1.6 \times 2) + (1.1 \times 2) + (1.9 \times 9) + (2.1 \times 2) + (4.2 \times 1)\} \times 60 \text{ kg} = 2286 \text{ kcal}$ 이다.

**2-3** (1) 준이의 1일 에너지 섭취량은 2913 kcal이고, 1일 에너지 소비량은 2286 kcal이다. 따라서 준이는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많다.  
(2), (3) 준이가 에너지 섭취량과 에너지 소비량을 이와 같은 상태로 지속할 경우 남은 에너지가 주로 지방의 형태로 저장되어 체중이 늘어날 가능성이 높다. 따라서 준이가 에너지 대사의 균형을 맞추려면 활동량을 늘리거나 음식물 섭취량을 줄여야 한다.

내신 **안정** 문제

62~63쪽

01 ⑤ 02 ③ 03 ④ 04 ① 05 ③ 06 ②  
07 해설 참조

**01** 가. (가)는 에너지 섭취량보다 에너지 소비량이 많으므로 이 상태가 지속되면 체중 감소, 영양실조, 면역력 저하 등이 나타날 수 있다.

나. (나)는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많으므로 이 상태가 지속되면 남은 에너지가 주로 지방의 형태로 축적되어 비만이 될 수 있다.

다. 고혈압, 당뇨병과 같은 대사성 질환은 과도한 영양 섭취, 운동 부족 등으로 인한 비만과 관련이 있으므로 (나)의 상태가 지속되면 대사성 질환에 걸릴 가능성이 높아진다.

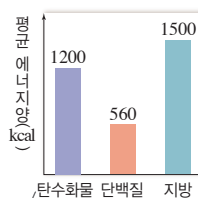
**02** ①, ② 기초 대사량은 심장 박동, 호흡 운동, 체온 유지 등 생명 활동을 유지하는 데 쓰이는 에너지양으로, 성별, 나이, 키, 체중 등에 따라 다르다.

④ 기초 대사량 외에 다양한 신체 활동을 하는 데 쓰이는 에너지양을 활동 대사량이라고 한다.

⑤ 아무 활동을 하지 않아도 심장 박동, 호흡 운동, 체온 유지 등 생명 활동을 유지하는 데 많은 에너지가 소비된다.

**바로알기** ③ 생명 활동을 유지하는 데 필요한 최소한의 에너지양은 기초 대사량이며, 1일 대사량은 하루 동안 소비하는 에너지의 총량이다.

**[03~04]** 공공 문제 분석



구분	에너지 소비량 (kcal/kg·h)	활동 시간 (h)
수면	0.9	7
보통 활동	2.2	10
심한 활동	9.2	1
휴식	1.0	6

성인의 1일 에너지 섭취량은 3260 kcal이며, 이중 1500 kcal를 지방으로 섭취하고 있다. → 에너지의 절반 정도를 지방으로 섭취하고 있고, 나머지는 탄수화물과 단백질로 섭취하고 있다.

**03** 표의 활동에 따른 에너지 소비량은 체중 1kg당 1시간에 소비되는 에너지양이다. 따라서 1일 에너지 소비량을 구하려면 (활동별 에너지 소비량×활동 시간)의 합×체중으로 계산한다. 따라서 성민의 1일 에너지 소비량은  $\{(0.9 \times 7) + (2.2 \times 10) + (9.2 \times 1) + (1.0 \times 6)\} \times 60 \text{ kg} = 2610 \text{ kcal}$ 이다.

**04** ㄱ. 성민의 1일 에너지 섭취량은  $1200 + 560 + 1500 = 3260 \text{ kcal}$ 이며, 1일 에너지 소비량은  $2610 \text{ kcal}$ 이므로 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많다.

**바로알기** ㄴ. 성민이가  $3260 \text{ kcal}$  중 탄수화물과 단백질로 섭취하는 에너지양은  $1200 + 560 = 1760 \text{ kcal}$ 로 지방으로 섭취하는 에너지양( $1500 \text{ kcal}$ )보다 많다.

ㄷ. 성민이는 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많으므로 이와 같은 상태가 오래 지속되면 비만이 될 수 있다.

**05** (가)는 당뇨병, (나)는 고지혈증, (다)는 고혈압이다.

ㄱ. 당뇨병(가)은 인슐린 분비가 부족하거나 몸의 세포가 인슐린에 적절하게 반응하지 못해 발생한다.

ㄴ. 고지혈증(나)은 심혈관계 질환, 뇌혈관계 질환의 원인이 된다.

**바로알기** ㄷ. 고혈압(다)은 유전적 요인과 생활 습관이 함께 작용하여 발생한다.

**06** 학생 A: 대사성 질환은 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 질환으로, 당뇨병, 고지혈증, 고혈압 등이 있다.

학생 B: 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 경우에 대사성 질환이 발생할 가능성이 높으므로, 대사성 질환을 예방하기 위해서는 에너지 섭취량과 에너지 소비량의 균형을 유지해야 한다.

**바로알기** 학생 C: 체중이 적게 나가더라도 체지방이 많은 마른 비만 상태라면 대사성 질환에 걸릴 위험이 있다.

**07** 대사성 질환은 유전적 요인, 노화에 의해서도 발생하지만, 과도한 영양 섭취, 운동 부족 등 잘못된 생활 습관에 의해서도 발생한다. 따라서 대사성 질환을 예방하기 위해서는 올바른 생활 습관을 통해 비만이 되지 않도록 해야 한다.

**모범 답안** 식사를 규칙적으로 한다, 과식하지 않는다, 열량이 높은 음식물을 자주 먹지 않는다, 적절한 운동을 한다, 일상생활에서 활동량을 늘린다. 등

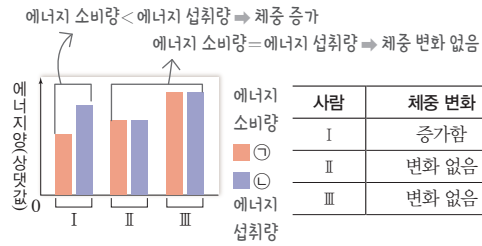
채점 기준	배점
세 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
두 가지를 옳게 서술한 경우	60 %
한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

**실력 UP 문제**

63쪽

01 ① 02 ⑤

**01** **공공 문제 분석**



ㄴ. 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많으면 체중이 증가하고 대사성 질환에 걸릴 가능성이 높다. 따라서 체중이 증가하는 I 이 체중 변화가 없는 II 보다 대사성 질환에 걸릴 가능성이 높다.

**바로알기** ㄱ. I의 체중이 증가한 것은 에너지 섭취량이 소비량보다 많기 때문이므로 ①은 에너지 소비량, ②은 에너지 섭취량이다. ㄷ. 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 적은 상태가 지속되면 체중이 감소한다.

**02** ㄱ. (가)를 보면 20세~36세에서는 농촌에 사는 사람의 에너지 소비량이 도시에 사는 사람의 에너지 소비량보다 많다.

ㄴ. (나)를 보면 20세의 비만인 사람은 정상 체중인 사람보다 하루 동안 소비하는 에너지양이 적다.

ㄷ. 대체로 농촌에 사는 사람이 도시에 사는 사람보다 에너지 소비량이 많다. 따라서 같은 양의 에너지를 섭취할 경우 도시에 사는 사람이 농촌에 사는 사람보다 비만이 될 가능성이 높다.

**중단원 핵심 정리**

64~65쪽

- ① 에너지
- ② 효소
- ③ 흡수
- ④ 방출
- ⑤ 에너지
- ⑥ ATP
- ⑦ ATP
- ⑧ 산소
- ⑨ 응달
- ⑩ 호흡계
- ⑪ 순환계
- ⑫ 확산
- ⑬ 암모니아
- ⑭ 배설계
- ⑮ 폐
- ⑯ 물
- ⑰ 요소
- ⑱ 순환계
- ⑲ 지방
- ⑳ 기초 대사량
- ㉑ 활동 대사량
- ㉒ 물질대사
- ㉓ 당
- ㉔ 고지혈증

**중단원 마무리 문제**

66~69쪽

- 01 ⑤
- 02 ⑤
- 03 ⑤
- 04 ④
- 05 ⑤
- 06 ④
- 07 ④
- 08 ③
- 09 ①
- 10 ⑤
- 11 ③
- 12 ⑤
- 13 ①
- 14 ②
- 15 해설 참조
- 16 해설 참조

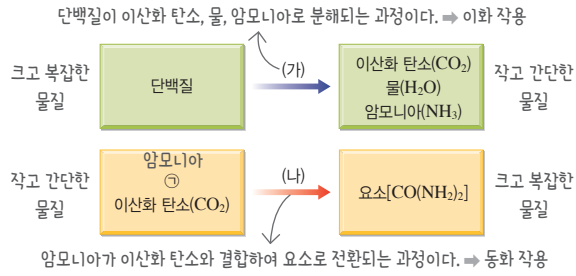
**01** 지방을 지방산과 모노글리세리드로 소화하는 과정(가)은 이화 작용이고, 뉴클레오타이드 여러 분자가 결합하여 DNA를 합성하는 과정(나)은 동화 작용이며, 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해하는 세포 호흡(다)은 이화 작용이다.

ㄱ, ㄴ. 이화 작용인 (가)와 (다)는 에너지가 방출되는 발열 반응이고, 동화 작용인 (나)는 에너지가 흡수되는 흡열 반응이다.

ㄷ. 우리 몸에서 일어나는 물질대사에는 모두 효소가 관여한다.



## 02 품공 문제 분석



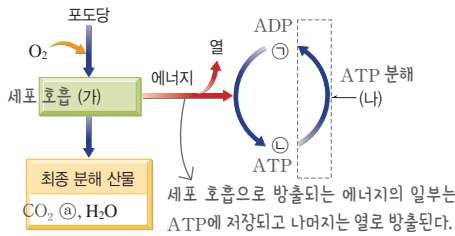
ㄱ. 이화 작용(가)이 일어날 때는 에너지가 방출된다.  
 ㄴ, ㄷ. (나)는 암모니아(㉠)가 요소로 전환되는 동화 작용이다. 간에서 암모니아가 요소로 전환되는 반응이 일어난다.

03 ㄴ. 근육 운동 시 ATP가 ADP로 분해될 때 방출된 에너지가 이용되므로 ATP 분해(㉡)가 활발하게 일어난다.

ㄷ. 미토콘드리아에서 세포 호흡 시 ATP 합성(㉢)이 일어난다.

바로알기 ㄱ. 세포 호흡에서는 포도당이 산소(㉣)와 반응하여 이산화 탄소(㉤)와 물로 분해된다.

## 04 품공 문제 분석



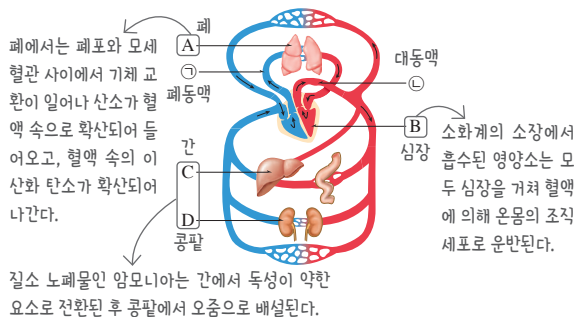
①, ② (가)는 포도당이 O<sub>2</sub>와 반응하여 CO<sub>2</sub>(㉣)과 H<sub>2</sub>O로 분해되는 세포 호흡 과정이다.

③ ATP가 ADP와 무기 인산(P<sub>i</sub>)으로 분해될 때 인산 결합이 끊어지며, 이때 에너지가 방출된다.

⑤ 세포 호흡으로 방출된 에너지의 일부는 체온 유지에 이용된다.

바로알기 ④ ADP(㉡)가 ATP(㉢)로 될 때 에너지가 흡수되므로 1분자에 저장된 에너지량은 ADP(㉡)가 ATP(㉢)보다 적다.

## 05 품공 문제 분석



① 폐(A)는 호흡계에 속한다.

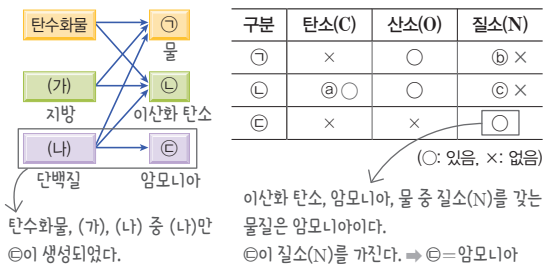
② 소화되어 분해된 영양소는 소장에서 흡수된 후 심장(B)을 거쳐 혈액에 의해 온몸의 조직 세포로 운반된다.

③ 간(C)에서 암모니아가 요소로 전환된다.

④ 노폐물로 생성된 물의 일부는 콩팥(D)에서 오줌을 통해 몸 밖으로 배설된다.

바로알기 ⑤ ㉠은 심장에서 폐로 가는 혈액이 흐르는 폐동맥으로, 이산화 탄소가 많고 산소가 적은 혈액이 흐른다. ㉡은 심장에서 온몸으로 나가는 혈액이 흐르는 대동맥으로, 이산화 탄소가 적고 산소가 많은 혈액이 흐른다. 따라서 단위 부피당 산소의 양은 ㉠의 혈액이 ㉡의 혈액보다 적다.

## 06 품공 문제 분석



ㄱ. 탄수화물, 지방이 물질대사에 이용되면 공통적으로 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O)이 생성되고, 단백질이 물질대사에 이용되면 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)와 물(H<sub>2</sub>O) 외에 질소 노폐물인 암모니아(NH<sub>3</sub>)가 생성된다. 따라서 질소(N)가 있는 물질 ㉢이 암모니아이고, (나)는 단백질, (가)는 지방이다. ㉠은 탄소(C)는 없고 산소(O)는 있으므로 물이고, ㉡은 이산화 탄소이다.

ㄷ. 조직 세포에서 생성된 이산화 탄소(㉣)는 순환계를 통해 호흡계로 운반된 후 날숨을 통해 몸 밖으로 나간다.

바로알기 ㄴ. 이산화 탄소는 탄소(C)를 가지므로 ㉣는 '○'이고, 물(㉠)과 이산화 탄소(㉡)는 질소(N)를 갖지 않으므로 ㉢와 ㉤는 모두 '×'이다.

## 07 품공 문제 분석

오줌과 요소 용액은 모두 초록색을 나타내므로 중성에 가까움을 알 수 있다.

시험관	I 오줌	II 오줌	III 요소 용액
(가)의 결과	초록색	초록색	초록색
(나)의 결과	초록색	파란색	파란색

오줌에 생콩즙을 넣은 후 파란색을 나타낸다. ⇒ 오줌 속 요소가 효소 ㉣에 의해 분해되어 염기성 물질이 생성되었음을 알 수 있다.

요소 용액에 생콩즙을 넣은 후 파란색을 나타낸다. ⇒ 요소가 분해되어 염기성 물질이 생성되었음을 알 수 있다.

나. 오줌에 증류수를 넣은 비커 I 은 초록색을 나타내고, 생콩즙을 넣은 비커 II는 파란색으로 변화했다. 또 요소 용액에 생콩즙을 넣은 비커 III은 파란색을 나타내므로, 생콩즙의 효소 ㉠에 의해 오줌(II) 속의 요소가 분해되었음을 알 수 있다.

다. BTB 용액은 염기성에서 파란색을 나타내므로 III에 생콩즙을 넣은 후 염기성 물질이 생성되었음을 알 수 있다.

**바로알기** ㉠. (나)에서 용액의 색깔 변화(㉠)는 독립변인에 따라 변화되는 실험 결과이므로 종속변인에 해당한다.

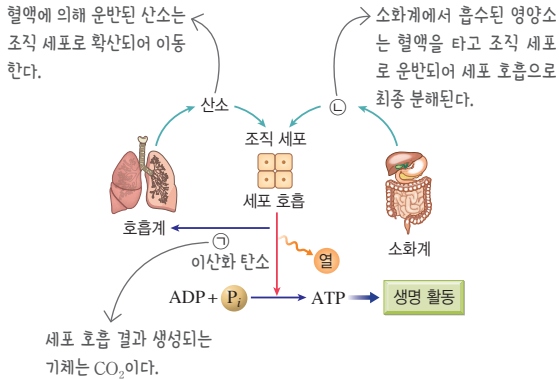
**08** 간에서 암모니아가 요소로 전환된다. 따라서 A는 간이고, B는 대장이다.

㉠. 간(A)과 대장(B)은 모두 소화계에 속한다.

㉡. 소장에서는 소화된 영양소의 흡수가 일어난다. 단백질이 소화되어 생성된 아미노산은 소장에서 흡수된다.

**바로알기** ㉢. 섭취한 음식물 중 소화·흡수되지 않은 물질이 대장(B)에서 대변으로 배출된다. 요소는 콩팥에서 오줌으로 배출된다.

**09** **꼼꼼 문제 분석**

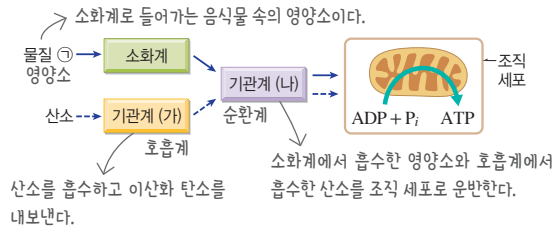


나. 포도당은 소화계에서 흡수되어 세포 호흡에 사용되는 영양소이므로 ㉠에 해당한다.

**바로알기** ㉡. ㉠은 세포 호흡 결과 생성되는 이산화 탄소이며, 순환계를 통해 호흡계로 운반된다.

㉢. 산소는 모세 혈관에서 조직 세포로 확산되어 이동하므로 ATP가 소모되지 않는다.

**10** **꼼꼼 문제 분석**



① 산소를 몸속으로 흡수하는 (가)는 호흡계이다. 호흡계(가)는 코, 기관, 기관지, 폐 등으로 구성되어 있다.

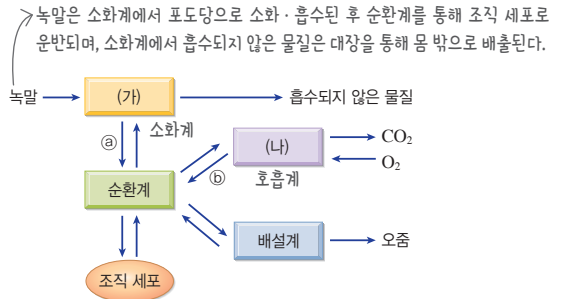
② 소화계에서 흡수한 영양소와 호흡계(가)에서 흡수한 산소가 운반되는 (나)는 순환계이다. 순환계(나)는 심장, 혈관 등으로 구성되어 있다.

③ 녹말은 소화계에서 소화·흡수되어 세포 호흡에 사용되는 포도당을 조직 세포에 제공하므로 ㉠에 해당한다.

④ 작은 크기로 분해된 영양소는 소장의 용털로 흡수된다.

**바로알기** ⑤ 영양소(㉡)의 소화 과정은 크기가 큰 영양소가 크기가 작은 영양소로 분해되는 이와 작용이므로 에너지가 방출된다.

**11** **꼼꼼 문제 분석**



녹말의 구성 원소는 C, H, O이므로 노폐물로 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O가 생성된다. → CO<sub>2</sub>는 호흡계를 통해 나가고, H<sub>2</sub>O는 호흡계와 배설계를 통해 나간다.

(가)는 녹말을 소화·흡수하고 흡수되지 않은 물질을 배출하므로 소화계이고, (나)는 산소와 이산화 탄소의 기체 교환이 일어나므로 호흡계이다.

③ 녹말은 소화계(가)에서 포도당으로 분해된 후 흡수되어 순환계를 통해 조직 세포로 운반되므로 ㉠에는 포도당의 이동이 포함된다.

**바로알기** ① (나)는 호흡계이다. 폐동맥은 순환계에 속한다.

② 녹말의 구성 원소는 탄소(C), 수소(H), 산소(O)로, 질소(N)는 포함되지 않는다.

④ 폐에서 기체 교환이 일어날 때, 호흡계(나)에서 순환계로 확산되는 것은 O<sub>2</sub>이므로, ㉡에는 O<sub>2</sub>의 이동이 포함된다.

⑤ 소화계(가)에서 흡수되지 않은 물질은 대장(소화계)을 통해 몸 밖으로 배출된다.

**12** ㉠, ㉡. ㉠에 심장 박동과 같은 생명 현상을 유지하는 데 필요한 에너지가 포함되므로 ㉠은 기초 대사량이고, ㉡은 활동 대사량이다. 기초 대사량은 나이, 성별, 체중, 키 등에 따라 다르다.

㉢. 활동 대사량은 기초 대사량 외에 다양한 신체 활동을 하는 데 소모되는 에너지이므로 잠을 잘 때 소모되는 에너지는 활동 대사량(㉡)에 포함된다.

13 ②, ③ 당뇨병, 고혈압, 고지혈증은 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 대사성 질환으로, 여러 가지 합병증을 일으킨다.

④ 복부 비만은 대사성 질환의 발생률을 높인다.

⑤ 대사성 질환은 오랜 기간 동안 과도한 영양 섭취, 운동 부족 등 잘못된 생활 습관에 의해서 발생할 수 있으므로 규칙적인 운동과 균형 잡힌 식단으로 예방할 수 있다.

**바로알기** ① 대사성 질환은 에너지 섭취량이 에너지 소비량보다 많은 상태가 오래 지속되면 발생할 수 있으므로 청소년에게도 발생할 수 있다.

14 배가 자주 고프고 많이 먹으며, 체중이 줄어들고, 오줌을 자주 누며, 물을 많이 마시는 것은 당뇨병의 증상이다.

ㄱ. 당뇨병은 이자에서 충분한 인슐린을 만들어 내지 못하거나, 몸의 세포가 인슐린에 적절하게 반응하여 못하여 발생한다.

ㄴ. 당뇨병은 혈당량이 높은 상태가 지속되고, 오줌에 당이 섞여 나오는 질환이다.

**바로알기** ㄷ. 당뇨병은 유전적인 요인 뿐만 아니라 과도한 영양 섭취, 운동 부족 등 잘못된 생활 습관에 의해서도 많이 발생한다.

15 **모범 답안** (1) 세포 호흡에 필요한 영양소는 소화계를 통해 소화·흡수된 후 순환계를 통해 조직 세포로 운반되고, 세포 호흡에 필요한 산소는 호흡계를 통해 흡수되어 순환계를 통해 조직 세포로 운반된다.

(2) 포도당이 세포 호흡으로 분해되면 이산화 탄소와 물이 생성되는데, 이산화 탄소는 순환계를 통해 호흡계로 운반되어 날숨으로 나가고, 과잉의 물은 순환계를 통해 호흡계와 배설계로 운반되어 각각 날숨과 오줌으로 나간다.

채점 기준	배점
(1) 영양소와 산소의 운반을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
영양소 또는 산소 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %
노폐물의 종류를 쓰고, 배설 과정을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
(2) 노폐물의 종류를 쓰고, 배설 과정을 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %
노폐물의 종류만 쓴 경우	20 %

16 **모범 답안** (1) 영민이의 1일 에너지 섭취량은  $(600 \times 4) + (70 \times 4) + (50 \times 9) = 3130$  kcal이고, 가영이의 1일 에너지 섭취량은  $(300 \times 4) + (40 \times 4) + (40 \times 9) = 1720$  kcal이다.

(2) 영민이는 에너지 섭취량이 에너지 권장량보다 훨씬 많으므로 체중이 늘고 체지방이 쌓여 비만이 될 가능성이 높다. 가영이는 에너지 섭취량이 에너지 권장량보다 적으므로 체중이 줄어들고 영양실조가 나타날 수 있다.

채점 기준	배점
(1) 영민이와 가영이의 1일 에너지 섭취량을 옳게 계산하여 서술한 경우	50 %
영민이와 가영이 중 한 사람의 1일 에너지 섭취량만 옳게 계산하여 서술한 경우	25 %
(2) 영민이와 가영이의 체중 변화와 건강 상태를 모두 옳게 예상하여 서술한 경우	50 %
영민이와 가영이 중 한 사람에 대해서만 체중 변화와 건강 상태를 옳게 예상하여 서술한 경우	25 %

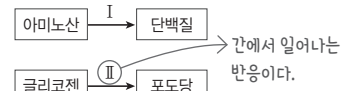
## 수능 실전 문제

71~73쪽

01 ⑤	02 ⑤	03 ②	04 ⑤	05 ③	06 ②
07 ⑤	08 ②	09 ③	10 ③	11 ⑤	12 ①

### 01 꼼꼼 문제 분석

작고 간단한 물질 → 크고 복잡한 물질 → 동화 작용



크고 복잡한 물질 → 작고 간단한 물질 → 이화 작용

#### 선택지 분석

- ㉠ I 에 효소가 이용된다.
- ㉡ II 에서 이화 작용이 일어난다.
- ㉢ 간에서 II 가 일어난다.

**전략적 풀이** ① 물질대사의 특징을 생각해 본다.

ㄱ. 우리 몸의 여러 물질대사에는 효소가 관여한다.

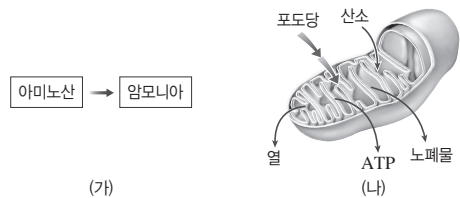
② 분자 크기를 통해 동화 작용과 이화 작용을 구분한다.

ㄴ. II 는 크고 복잡한 물질인 글리코젠이 작고 간단한 물질인 포도당으로 분해되는 과정이므로 이화 작용이다.

③ 글리코젠이 포도당으로 분해되는 장소를 생각해 본다.

ㄷ. 간에서는 글리코젠이 포도당으로 분해되는 과정(II)과 포도당으로부터 글리코젠이 합성되는 과정이 일어난다.

### 02 꼼꼼 문제 분석



(가) 아미노산이 세포 호흡을 통해 분해되면 암모니아, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O가 생성된다.

(나) 세포 호흡은 포도당이 O<sub>2</sub>와 반응하여 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해되면서 에너지를 방출하는 과정이다.

#### 선택지 분석

- ㉠ (가)에서 에너지가 방출된다.
- ㉡ (나)에서 생성된 노폐물에는 CO<sub>2</sub>가 있다.
- ㉢ (가)와 (나)에서 모두 이화 작용이 일어난다.

**전략적 풀이** ① (가)와 (나)는 각각 동화 작용과 이화 작용 중 어느 것에 해당하는지 생각해 본다.

ㄱ. 아미노산이 암모니아로 분해되는 과정(가)은 이화 작용이며, 이때 에너지가 방출된다.

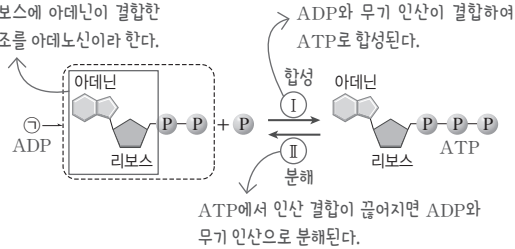
ㄷ. (가)와 (나)는 모두 물질이 분해되는 과정이므로 이화 작용이다.

② 세포 호흡 결과 생성되는 물질을 파악한다.

ㄴ. 세포 호흡에서 포도당이 산소(O<sub>2</sub>)와 반응하여 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O로 분해된다.

### 03 품공 문제 분석

리보스에 아데닌이 결합한 구조를 아데노신이라 한다.



#### 선택지 분석

- ✗ ㉠은 ATP이다. ADP
- ㉡ 미토콘드리아에서 과정 I 이 일어난다.
- ✗ ㉢ 과정 II에서 인산 결합이 끊어질 때 에너지가 흡수된다. 방출

전략적 풀이 ① ATP와 ADP의 구조를 비교하여 생각해 본다.

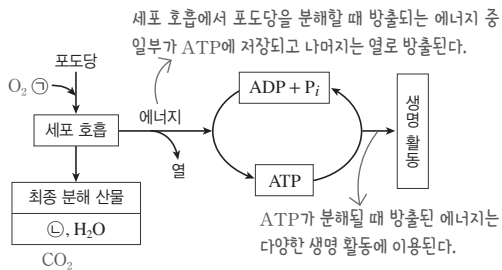
ㄱ. ㉠은 아데닌과 리보스가 결합한 아데노신에 2개의 인산기가 결합되어 있으므로 ADP(아데노신 2인산)이다.

② ATP의 합성 및 분해 과정과 이때 에너지 출입을 생각해 본다.

ㄴ. 과정 I은 ADP가 ATP로 합성되는 과정이다. 미토콘드리아에서 세포 호흡이 일어날 때 ATP가 합성된다.

ㄷ. 과정 II는 ATP가 ADP로 분해되는 과정이며, ATP에서 고에너지 인산 결합이 끊어지면서 ADP와 무기 인산으로 분해될 때 에너지가 방출된다.

### 04 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ 호흡계를 통해 ㉡이 몸 밖으로 나간다.
- ㉢ 포도당의 에너지 중 일부는 체온 유지에 이용된다.
- ㉣ 근육 수축이 일어날 때 ATP가 분해된다.

전략적 풀이 ① 세포 호흡 과정에서 생성되는 노폐물의 종류와 기관계를 통한 노폐물의 배출 과정을 파악한다.

ㄱ. ㉠은 세포 호흡 결과 생성되는 CO<sub>2</sub>이며, CO<sub>2</sub>는 혈액을 통해 호흡계로 운반되어 날숨을 통해 몸 밖으로 나간다.

② 세포 호흡 과정에서 방출되는 에너지의 전환을 생각해 본다.

ㄴ. 세포 호흡 과정에서 포도당이 분해될 때 방출되는 에너지 중 일부는 ATP에 저장되고, 나머지는 열로 방출된다. 세포 호흡으로 방출된 에너지의 일부는 체온 유지에 이용된다.

③ ATP의 에너지가 생명 활동에 어떻게 사용되는지 생각해 본다.

ㄷ. ATP가 분해되는 과정에서 방출하는 에너지를 이용하여 근육의 수축이 일어난다.

### 05 품공 문제 분석

발효관	용액
I	5% 포도당 용액 15 mL + 증류수 20 mL → 대조군이다.
II	5% 포도당 용액 15 mL + 효모 용액 20 mL
III	10% 포도당 용액 15 mL + 효모 용액 20 mL

효모의 물질대사 결과 생성된 이산화 탄소이다.

발효관	I	II	III
기체부피(mL)	0	7	15

이산화 탄소가 발생하지 않았다. 이산화 탄소가 가장 많이 발생하였다.

#### 선택지 분석

- ㉠ ㉠은 종속변인에 해당한다.
- ㉡ 효모는 포도당을 분해할 수 있는 효소를 가진다.
- ✗ ㉢ (나)의 결과 맹관부 수면의 높이는 III > II > I이다. I > II > III

전략적 풀이 ① 실험 과정에서 독립변인과 종속변인이 무엇인지 파악한다.

ㄱ. 발효관 II와 III에서 다르게 처리한 포도당 용액의 농도는 독립변인 중 조작 변인이고, 맹관부에 모인 기체의 부피는 실험 결과에 해당하므로 종속변인이다.

② 발효관에서 기체가 발생하는 이유를 파악한다.

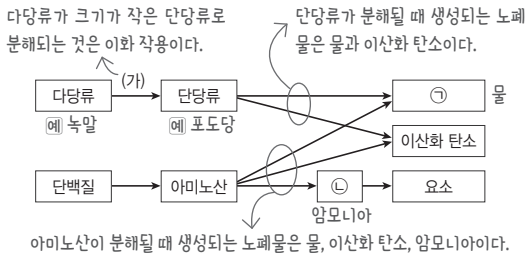
ㄴ. 효모는 포도당을 이산화 탄소와 물로 분해하는 물질대사를 하며, 물질대사에는 효소가 관여한다.

③ 맹관부에 기체가 모이면 수면의 높이가 어떻게 변하는지 생각해 본다.

ㄷ. 기체가 발생하여 맹관부에 모이면 맹관부 수면의 높이는 낮아지므로, 기체가 많이 발생할수록 맹관부 수면의 높이가 더 많이 낮아진다. 발효관 I에는 효모가 없어 물질대사가 일어나지 않아 기체가 발생하지 않는다. 따라서 수면의 높이는 I > II > III이다.



### 06 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ (가)에서 이화 작용이 일어난다.
- ㉡ (나)은 호흡계와 배설계를 통해 몸 밖으로 나간다.
- ✗ ㉢은 호흡계로 운반되어 요소로 전환된다. 소화계

**전략적 풀이 ①** 분자의 크기 변화를 통해 동화 작용과 이화 작용을 구분한다.

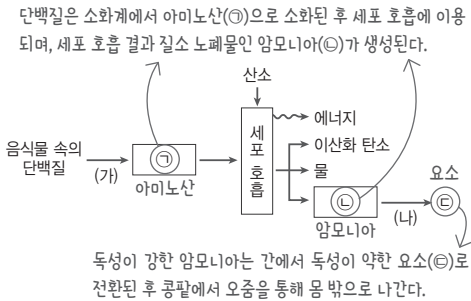
㉠. (가)는 분자의 크기가 큰 다당류가 분자의 크기가 작은 단당류로 분해되는 과정이므로 이화 작용이다.

② 포도당과 아미노산이 분해되어 생성되는 노폐물의 종류와 배출 과정을 생각해 본다.

㉡. ㉠은 물이며, 일부는 호흡계에서 수증기 형태로 나가고 대부분은 배설계에서 오줌의 형태로 나간다.

㉢. 아미노산이 분해될 때 생성되는 암모니아(㉢)는 간(소화계)에서 독성이 약한 요소로 전환된다.

### 07 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ (가)은 아미노산이다.
- ㉡ (나)은 배설계를 통해 몸 밖으로 나간다.
- ㉢ (가)와 (나) 과정은 모두 소화계에서 일어난다.

**전략적 풀이 ①** 단백질이 소화 과정을 통해 분해된 물질을 생각해 본다.

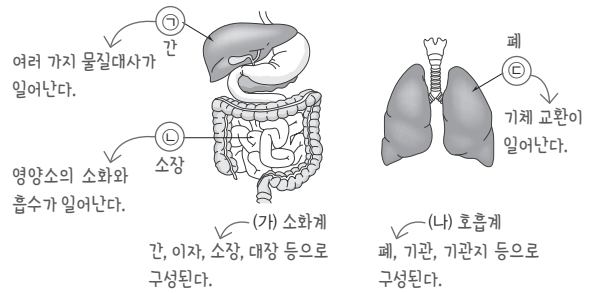
㉠. 음식물 속의 단백질은 아미노산으로 분해된 후 세포 호흡에 사용된다.

② 아미노산으로부터 생성되는 노폐물과 배설 경로를 생각해 본다.

㉡. 요소(㉡)는 콩팥(배설계)에서 오줌의 형태로 배설된다.

㉢. 위와 소장(소화계)에서 단백질의 소화 과정 (가)이 일어나고, 간(소화계)에서 암모니아가 요소로 전환되는 과정 (나)이 일어난다.

### 08 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ (가)에서 동화 작용이 일어난다.
- ㉡ (나)에서 지방산이 흡수된다.
- ✗ ㉢에서 기체 교환이 일어날 때 ATP가 소모된다. 소모되지 않는다.

**전략적 풀이 ①** 소화계의 구조에서 간과 소장을 구별하고, 각 기관의 기능을 생각해 본다.

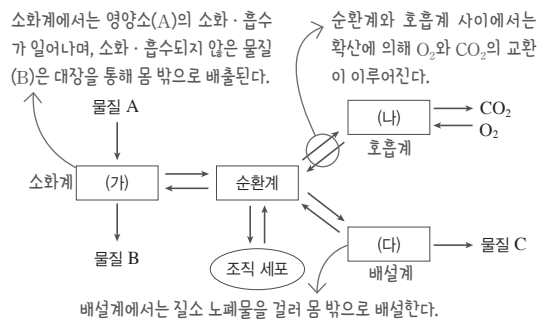
㉠. 간(㉠)에서는 포도당 여러 분자가 글리코젠으로 합성되는 등 여러 가지 동화 작용이 일어난다.

㉡. 음식물 속의 지방은 소화 기관을 거쳐 지방산과 모노글리세리드로 분해된 후 소장(㉡)에서 흡수된다.

② 호흡계에 속하는 기관의 기능을 생각해 본다.

㉢. 폐(㉢)에서는 기체 교환이 일어나 폐포에서 모세 혈관으로 O<sub>2</sub>가 이동하고, 모세 혈관에서 폐포로 CO<sub>2</sub>가 이동한다. 기체 교환은 확산에 의해 일어나므로 ATP가 소모되지 않는다.

### 09 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ (가)에서 이화 작용이 일어난다.
- ✗ 대장은 (다)에 속하는 기관이다. (가)
- ㉢ 이산화 탄소는 순환계에서 (나)로 확산된다.

**전략적 풀이 ①** 소화 과정이 동화 작용과 이화 작용 중 어느 것에 해당 하는지 파악하고, 소화계를 구성하는 기관을 생각해 본다.

ㄱ. 소화계(가)에서 일어나는 소화는 큰 분자를 작은 분자로 분해 하는 과정이므로 이화 작용이다.

ㄴ. 대장은 배설계가 아니라 소화계(가)에 속하는 기관이다.

② 순환계와 호흡계 사이에서 일어나는 기체 교환 원리를 파악한다.

ㄷ. 조직 세포에서 생성된 이산화 탄소는 순환계에 의해 운반된 후 확산에 의해 호흡계 (나)로 이동한다.

**10** **꼼꼼 문제 분석**

특징	기관계	소화계	호흡계	배설계
		A	B	C
대기 중 O <sub>2</sub> 를 몸속으로 흡수한다. 폐		×	?	×
포도당을 글리코젠으로 합성한다. 간		○	×	?
세포 호흡으로 생성된 H <sub>2</sub> O를 몸 밖으로 내보낸다. 폐, 콩팥		?	㉠○	○

(○: 있음, ×: 없음)

**선택지 분석**

㉠ ㉡은 '○'이다.

㉢ C에서 오줌이 생성된다.

✕ A에서 요소가 암모니아로 전환된다. 암모니아가 요소로

**전략적 풀이 ①** 기관의 특징을 분석하여 A~C가 무엇인지 파악한다. 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하므로 A는 소화계이다. C는 H<sub>2</sub>O를 몸 밖으로 내보내지만 O<sub>2</sub> 흡수는 하지 않으므로 배설계이다. 나머지 B는 호흡계이다.

ㄱ. 세포 호흡으로 생성된 H<sub>2</sub>O의 일부는 호흡계(B)를 통해 수증기 형태로 내보내므로 ㉠은 '○'이다.

ㄴ. 콩팥에서 오줌이 생성되며, 콩팥은 배설계(C)에 속한다.

② 요소가 만들어지는 과정과 장소를 생각해 본다.

ㄷ. 간(소화계)에서 암모니아가 요소로 전환된다.

**11** **꼼꼼 문제 분석**

질환	특징
고혈압(가)	혈압이 정상 범위보다 높다.
고지혈증(나)	혈액에 콜레스테롤과 중성 지방이 과다하게 들어 있는 상태이다. → 인슐린
당뇨병(다)	호르몬 ㉠의 분비 부족이나 기능 장애로 혈당량이 조절 되지 못하고 오줌에서 당이 검출된다.

**선택지 분석**

㉠ ㉡은 이자에서 분비된다.

㉢ (나)는 동맥 경화의 원인이 된다.

㉣ (가)~(다)는 모두 심혈관계 질환과 같은 합병증을 유발 할 수 있다.

**전략적 풀이 ①** 특징을 통해 (가)~(다)에 해당하는 질환을 파악하고 원인을 생각해 본다.

혈압이 정상보다 높은 질환은 고혈압, 혈액에 콜레스테롤과 중성 지방이 많은 질환은 고지혈증, 오줌에서 당이 검출되는 질환은 당뇨병이다.

ㄱ. 당뇨병은 이자에서 인슐린을 충분히 만들어 내지 못하거나 세포가 인슐린에 적절하게 반응하지 못하여 발생한다. 따라서 ㉠은 인슐린이며 이자에서 분비된다.

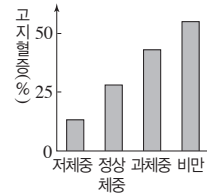
ㄴ. 고지혈증(나)은 동맥 경화와 같은 심혈관계 질환의 원인이 된다.

② 대사성 질환의 합병증을 생각해 본다.

ㄷ. (가)~(다)는 모두 대사성 질환이며, 대사성 질환은 심혈관계 질환이나 뇌혈관계 질환과 같은 합병증을 유발할 수 있다.

**12** **꼼꼼 문제 분석**

체질량 지수*	분류
18.5 미만	저체중
18.5 이상 23.0 미만	정상 체중
23.0 이상 25.0 미만	과체중
25.0 이상	비만



\*체질량 지수 =  $\frac{\text{몸무게(kg)}}{\text{키의 제곱(m}^2\text{)}}$

그래프는 각 분류군별로 고지혈증을 나타내는 사람의 비율을 보여준다.

⇒ 체질량 지수가 높을수록 고지혈증을 나타내는 사람의 비율이 높아진다.

**선택지 분석**

✕ 체질량 지수가 20.0인 성인은 과체중으로 분류된다. 정상 체중

㉢ 비만인 사람은 정상 체중인 사람에 비해 고지혈증에 걸릴 가능성이 높다.

✕ 체질량 지수가 정상 체중보다 낮은 사람은 고지혈증이 발생하지 않는다. 발생할 수 있다.

**전략적 풀이 ①** 표에서 체질량 지수가 20.0인 사람은 어느 분류군에 해당하는지 파악한다.

ㄱ. 표에서 체질량 지수가 18.5 이상 23.0 미만인 성인은 정상 체중으로 분류되므로, 체질량 지수가 20.0인 성인은 정상 체중으로 분류된다.

② 그래프를 통해 비만인 사람과 정상 체중인 사람이 고지혈증을 나타내는 비율을 파악한다.

ㄴ. 그래프에서 비만인 사람은 고지혈증을 나타내는 비율이 50% 이상이지만 정상 체중인 사람은 50% 미만이므로, 비만인 사람은 정상 체중인 사람에 비해 고지혈증에 걸릴 가능성이 높다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 정상보다 체질량 지수가 낮은 저체중인 사람 중에서도 약 13%가 고지혈증을 나타내고 있다. 따라서 체질량 지수가 정상 체중보다 낮은 사람도 고지혈증이 발생할 수 있다.

## 항상성과 몸의 조절

### 1 신경계

#### 1 자극의 전달

##### 개념 확인 문제

77쪽

- ① 가지 돌기    ② 축삭 돌기    ③ 기능

1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 (1) A, 구심성 뉴런 (2) B, 연합 뉴런 (3) C, 원심성 뉴런

1 뉴런은 핵과 세포 소기관이 있는 신경 세포체(A), 다른 뉴런이나 세포에서 오는 신호를 받아들이는 가지 돌기(B), 다른 뉴런이나 세포로 신호를 전달하는 축삭 돌기(C)로 이루어져 있다.

2 A는 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경의 연합 뉴런으로 전달하는 구심성 뉴런이다. B는 뇌와 척수 같은 중추 신경을 이루며, 구심성 뉴런에서 온 정보를 통합하여 적절한 반응 명령을 내리는 연합 뉴런이다. C는 중추 신경의 연합 뉴런에서 내린 반응 명령을 반응기로 전달하는 원심성 뉴런이다.

##### 개념 확인 문제

83쪽

- ① 흥분    ② 분극    ③ 탈분극    ④ 재분극    ⑤ 도약전도  
⑥ 흥분 전도    ⑦ 흥분 전달    ⑧ 축삭 돌기

1 (1) × (2) ○ (3) ×    2 (1) ㉠ Na<sup>+</sup>, ㉡ Na<sup>+</sup>, ㉢ 탈분극 (2) ㉠ 양(+), ㉡ 음(-) (3) ㉠ Na<sup>+</sup>, ㉡ K<sup>+</sup>, ㉢ 재분극    3 A: ㉡, B: ㉢, C: ㉠, D: ㉠    4 (1) A (2) 신경 전달 물질

1 (1), (2) 휴지 상태의 뉴런에서는 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> 펌프가 ATP를 소모하여 Na<sup>+</sup>을 세포 밖으로, K<sup>+</sup>을 세포 안으로 이동시킨다. 따라서 K<sup>+</sup>은 세포 밖보다 안에, Na<sup>+</sup>은 세포 안보다 밖에 더 많이 분포한다.  
(3) 휴지 상태의 뉴런에서 세포막 안쪽은 음(-)전하, 바깥쪽은 양(+). 전하를 띤다.

2 (1) 뉴런이 자극을 받으면 Na<sup>+</sup> 통로가 열려 Na<sup>+</sup>이 세포 안으로 들어와 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다.  
(2) 탈분극이 일어나면 세포막 안쪽의 전위가 바뀌어 세포막 안쪽은 양(+). 전하, 바깥쪽은 음(-). 전하를 띠게 된다.

(3) 막전위가 최고점에 이르면 대부분의 Na<sup>+</sup> 통로가 닫혀 Na<sup>+</sup>이 세포 안으로 들어오지 못하고, K<sup>+</sup> 통로가 열려 K<sup>+</sup>이 세포 밖으로 확산하여 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다.

3 뉴런의 한 지점에서 활동 전위가 발생하면 활동 전위는 축삭 돌기를 따라 연속적으로 발생한다. 활동 전위가 발생할 때의 막전위는 '상승 → 하강'되므로 A 지점에서 활동 전위가 먼저 발생하고, B 지점에서는 C 지점에서보다 막전위가 더 많이 상승한다. D 지점에서는 아직 막전위가 상승하기 전이다. 따라서 A~D 지점에서 일어난 막전위 변화는 각각 ㉡, ㉢, ㉠, ㉠이다.

4 (1) 시냅스 소포는 시냅스 이전 뉴런에 있으며, 시냅스 이전 뉴런에 있는 시냅스 소포에서 방출된 신경 전달 물질이 시냅스 이후 뉴런을 탈분극시킨다.

(2) 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에 있는 시냅스 소포에는 신경 전달 물질이 들어 있다.

84쪽

##### 원자번호 비법 특강

Q1 막전위가 상승할 때: Na<sup>+</sup>, 막전위가 하강할 때: K<sup>+</sup>

Q1 뉴런의 막전위가 상승하는 것은 Na<sup>+</sup> 통로를 통해 Na<sup>+</sup>이 세포 안으로 확산되기 때문이고, 막전위가 하강하는 것은 K<sup>+</sup> 통로를 통해 K<sup>+</sup>이 세포 밖으로 확산되기 때문이다.

##### 개념 확인 문제

87쪽

- ① 골격근    ② 근육 원섬유    ③ 마이오신    ④ 액틴    ⑤ ATP

1 근육 원섬유    2 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○    3 (1) × (2) ○ (3) ×    4 (1) 아세틸콜린 (2) 변하지 않는다 (3) ㉠ 늘어나, ㉡ 짧아지는 (4) ㉠ 마이오신, ㉡ 액틴

1 골격근은 뼈에 붙어 골격의 움직임을 만들어 내는 근육으로 여러 개의 근육 섬유 다발로 구성되고, 하나의 근육 섬유는 많은 근육 원섬유로 이루어진다.

2 (1) ㉢는 근육 섬유 다발을 구성하는 근육 섬유이다.  
(2) ㉠은 어둡게 보이는 부분으로 마이오신 필라멘트가 있는 부분인 A대(암대)이고, ㉡는 밝게 보이는 부분으로 액틴 필라멘트만 있는 부분인 I대(명대)이다. 마이오신 필라멘트만 있는 부분은 H대이다.

(3) 근육 원섬유 마디의 길이는 A대의 길이와 I대의 길이를 합한 값이므로 '㉠의 길이+㉡의 길이'이다.

(4) A대(암대)와 I대(명대)가 반복되어 가로무늬가 나타난다.

**3** (1) ㉢는 가는 액틴 필라멘트, ㉣는 굵은 마이오신 필라멘트이다.

(2) 근육 원섬유를 전자 현미경으로 관찰하였을 때 ㉠은 밝게 보이는 I대이고, ㉡은 어둡게 보이는 A대이다.

(3) 하나의 근육 섬유는 많은 근육 원섬유로 이루어져 있으며, 근육 원섬유를 전자 현미경으로 관찰하면 근육 원섬유 마디가 반복되어 있는 것을 볼 수 있다.

**4** (1) 근육 섬유의 세포막과 접해 있는 운동 뉴런의 축삭 돌기 말단에 활동 전위가 도달하면 축삭 돌기 말단에 있는 시냅스 소포에서 아세틸콜린이 방출된다. 신경 전달 물질인 아세틸콜린에 의해 근육 섬유의 세포막이 탈분극되고 활동 전위가 발생하여 근육 원섬유가 수축한다.

(2), (3), (4) 근육 원섬유가 수축할 때 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트 각각의 길이는 변하지 않고, 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가 근육 원섬유 마디가 짧아진다. 이 과정에서 마이오신 필라멘트가 ATP를 소모하여 액틴 필라멘트를 끌어당긴다.

**대표 자료 분석**

88~89쪽

- 자료 1** 1 I: 분극, II: 탈분극, III: 재분극 2 (1) I (2) III (3) II (4) I 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×
- 자료 2** 1 ㉠ Na<sup>+</sup>, ㉡ K<sup>+</sup> 2 (1) t<sub>2</sub> (2) t<sub>1</sub> 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×
- 자료 3** 1 ㉢ 시냅스 소포, ㉣ 신경 전달 물질 2 B → A 3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) × (7) ○
- 자료 4** 1 ㉢ 마이오신 필라멘트, ㉣ 액틴 필라멘트 2 ㉠ 짧아진다. ㉡ 길어진다. ㉢ 짧아진다. 3 ㉠ 0.8 μm, ㉡ 0.2 μm, ㉢ 1.2 μm 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ○

**1-1** 구간 I은 자극을 받기 전이므로 분극 상태, 구간 II는 막전위가 상승하므로 탈분극 상태, 구간 III은 막전위가 하강하므로 재분극 상태이다.

**1-2** (1) 휴지 전위는 자극을 받지 않은 분극 상태일 때 측정되는 막전위이므로 구간 I에서 측정된다.

(2) 구간 III에서 막전위가 하강하는 것은 K<sup>+</sup> 통로가 열려 K<sup>+</sup>이 세포 안에서 세포 밖으로 확산하기 때문이다.

(3) 구간 II에서 막전위가 상승하는 것은 Na<sup>+</sup> 통로가 열려 Na<sup>+</sup>이 세포 밖에서 세포 안으로 확산하기 때문이다.

(4) 구간 I에서는 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> 펌프가 ATP를 소모하여 Na<sup>+</sup>을 세포 밖으로 내보내고, K<sup>+</sup>을 세포 안으로 이동시킨다. 그 결과 구간 I은 세포막을 경계로 Na<sup>+</sup>과 K<sup>+</sup>이 불균등하게 분포하여 세포막 안쪽은 음(-)전하, 바깥쪽은 양(+)전하를 띠는 분극 상태이다.

**1-3** (1) 구간 I에서는 세포막 안팎의 전위차를 유지하기 위해 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> 펌프를 통한 이온의 이동이 일어난다.

(2) 분극 상태(구간 I)에서는 세포막 안쪽은 상대적으로 음(-)전하, 바깥쪽은 상대적으로 양(+)전하를 띤다.

(3) 역치 이상의 자극에 의한 급격한 막전위 변화와 상관없이 Na<sup>+</sup> 농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높다.

(4) 구간 III에서 대부분의 Na<sup>+</sup> 통로는 닫히고 K<sup>+</sup> 통로가 열려 K<sup>+</sup>이 세포 밖으로 나간다.

**2-1** 뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면 자극을 받은 지점에서 Na<sup>+</sup>의 막 투과도가 증가하면서 탈분극이, K<sup>+</sup>의 막 투과도가 증가하면서 재분극이 일어난다. 따라서 ㉠은 Na<sup>+</sup>, ㉡은 K<sup>+</sup>이다.

**2-2** t<sub>1</sub>일 때는 Na<sup>+</sup>(㉠)의 막 투과도가 높은 상태이므로 열려 있는 Na<sup>+</sup> 통로를 통해 Na<sup>+</sup>이 세포 안으로 확산하여 막전위가 상승한다. t<sub>2</sub>일 때는 K<sup>+</sup>(㉡)의 막 투과도가 높은 상태이므로 열려 있는 K<sup>+</sup> 통로를 통해 K<sup>+</sup>이 세포 밖으로 확산하여 막전위가 하강한다.

**2-3** (1) 구간 I은 분극 상태이므로 세포막 안팎의 전위차를 유지하기 위해 Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup> 펌프를 통해 Na<sup>+</sup>(㉠)은 세포 밖으로 유출되고, K<sup>+</sup>(㉡)은 세포 안으로 유입된다.

(2) Na<sup>+</sup>(㉠)의 막 투과도는 t<sub>1</sub>일 때가 t<sub>2</sub>일 때보다 크다.

(3) t<sub>1</sub>일 때 Na<sup>+</sup> 통로를 통해 Na<sup>+</sup>(㉠)이 세포 안으로 확산하므로, Na<sup>+</sup>(㉠)의 이동에는 ATP가 사용되지 않는다.

(4) 뉴런의 Na<sup>+</sup>(㉠) 농도는 세포 밖이 항상 세포 안보다 높고, K<sup>+</sup>(㉡) 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다. 따라서

Na<sup>+</sup>(㉠)의  $\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 항상 1보다 작고, K<sup>+</sup>(㉡)의

$\frac{\text{세포 안의 농도}}{\text{세포 밖의 농도}}$ 는 항상 1보다 크다.

(5) 역치 이상의 자극에 의한 급격한 막 투과도 변화와 상관없이 Na<sup>+</sup>(㉠) 농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높다.

**3-1** ㉢는 축삭 돌기 말단에 있는 시냅스 소포이고, ㉣는 시냅스 소포에서 방출된 신경 전달 물질이다.

**3-2** 시냅스 이전 뉴런(B)에서 방출된 신경 전달 물질에 의해 시냅스 이후 뉴런(A)이 탈분극된다. 따라서 흥분 전달은 B → A 방향으로 일어난다.

- 3-3** (1) ㉠은 말미집, ㉡은 랑비에 결절이며, 활동 전위는 말미집 신경의 랑비에 결절에서만 형성된다.
- (2) 그림의 두 뉴런은 모두 말미집 신경이므로 도약전도가 일어난다.
- (3) B는 시냅스 틈으로 신경 전달 물질을 방출하므로 시냅스 이전 뉴런이고, A는 시냅스 이후 뉴런이다.
- (4) 한 뉴런의 축삭 돌기 말단은 다음 뉴런과 약 20 nm의 좁은 간격을 두고 접해 있는데, 이 접촉 부위인 (가)를 시냅스라고 한다.
- (5) 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에 있는 시냅스 소포에서 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 방출된다.
- (6) ㉢는 시냅스 소포이며, 뉴런 B(시냅스 이전 뉴런)의 세포막과 융합하여 신경 전달 물질을 방출한다.
- (7) 시냅스 틈으로 방출된 신경 전달 물질(㉣)은 시냅스 이후 뉴런의 세포막에 있는 수용체와 결합하여 이온 통로를 열리게 한다. 그 결과  $\text{Na}^+$ 이 시냅스 이후 뉴런의 세포막 안으로 들어와 시냅스 이후 뉴런이 탈분극된다.

**4-1** 굵은 ㉠은 마이오신 필라멘트이고, 가는 ㉡는 액틴 필라멘트이다.

**4-2** 근수축 시 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가므로 ㉠의 길이와 ㉡의 길이는 각각 짧아지고 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분(㉢)의 길이는 길어진다.

**4-3** X의 길이는  $3.2 \mu\text{m}$ , A대의 길이는  $1.6 \mu\text{m}$ 이므로, ㉠의 길이는  $(3.2 \mu\text{m} - 1.6 \mu\text{m}) \div 2 = 0.8 \mu\text{m}$ 이다. ㉠의 길이 + ㉢의 길이는  $1.0 \mu\text{m}$ 이므로 ㉢의 길이는  $1.0 \mu\text{m} - 0.8 \mu\text{m} = 0.2 \mu\text{m}$ 이다. ㉣의 길이는 A대의 길이 -  $(2 \times \text{㉢의 길이})$ 이므로  $1.6 \mu\text{m} - 0.4 \mu\text{m} = 1.2 \mu\text{m}$ 이다.

- 4-4** (1) 근수축이 일어나도 마이오신 필라멘트(㉠)의 길이와 액틴 필라멘트(㉡)의 길이는 모두 변하지 않는다.
- (2) 근수축이 일어날 때 액틴 필라멘트(㉡)가 마이오신 필라멘트(㉠) 사이로 미끄러져 들어가 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아진다.
- (3) 근수축이 일어나는 과정에서 H대(㉢)의 길이와 I대(㉣)의 길이는 모두 짧아진다.
- (4), (5) 근수축 시 ㉠의 길이는 X의 길이가 감소한 양의 절반만큼 감소하며, ㉢의 길이는 X의 길이가 감소한 양의 절반만큼 증가한다.
- (6) 근수축 시 H대(㉢)의 길이는 X의 길이가 감소한 양만큼 감소한다.
- (7) ATP에 저장된 에너지를 사용하여 마이오신 필라멘트가 액틴 필라멘트를 끌어당김으로써 X의 길이가 짧아져 근수축이 일어난다.

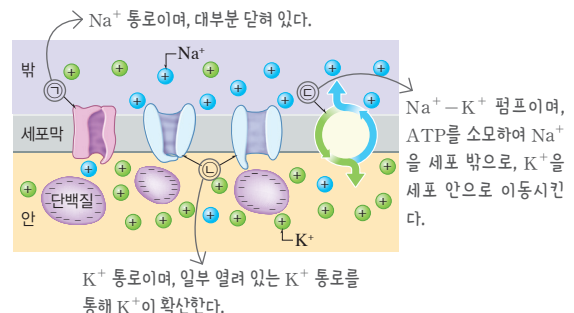
01 ㉡	02 (가) 구심성 뉴런 (나) 연합 뉴런 (다) 원심성 뉴런
03 ㉢	04 ㉣ 05 해설 참조 06 ㉢ 07 ㉢ 08 ㉡
09 ㉤	10 해설 참조 11 ㉣ 12 ㉤ 13 ㉠ 14 ㉤
15 ㉤	16 ㉡ 17 ㉣

- 01** ㉠은 신경 세포체, ㉡은 가지 돌기, ㉢은 축삭 돌기 말단, ㉣은 말미집이다.
- ① 신경 세포체(㉠)에는 핵을 비롯한 세포 소기관이 있으며, 뉴런의 생명 활동에 필요한 물질과 에너지를 생성한다.
- ③ 축삭 돌기 말단(㉢)에는 신경 전달 물질이 들어 있는 시냅스 소포가 있어, 흥분의 전달이 일어나도록 한다.
- ④ 말미집은 슈반 세포가 축삭을 여러 겹 감아 형성된 구조이므로, 슈반 세포는 말미집(㉣)을 형성한다.
- ⑤ 말미집(㉣)은 절연체 역할을 하여 말미집으로 싸여 있는 부분에서는 역치 이상의 자극을 받아도 활동 전위가 발생하지 않는다.
- 바로알기** ② ㉡은 다른 뉴런이나 세포로부터 자극을 받아들이는 가지 돌기이다.

**02** (가)는 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경에 전달하는 구심성 뉴런이고, (나)는 구심성 뉴런에서 온 정보를 통합하여 적절한 반응 명령을 내리는 연합 뉴런이며, (다)는 중추 신경의 반응 명령을 반응기로 전달하는 원심성 뉴런이다.

- 03** ③ (나)는 연합 뉴런이다.
- 바로알기** ①, ② (가)는 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경에 전달하는 구심성 뉴런이며, 구심성 뉴런에는 감각 뉴런이 있다.
- ④ 뇌와 척수 같은 중추 신경을 이루는 뉴런은 연합 뉴런(나)이다.
- ⑤ 신호의 전달은 '구심성 뉴런(가) → 연합 뉴런(나) → 원심성 뉴런(다)' 순으로 일어난다.

**04** **꼼꼼 문제 분석**





①, ⑤ 분극 상태의 이온 분포를 나타낸 것이므로 휴지 전위가 나타난다. 분극 상태에서 뉴런의 세포막 안쪽은 상대적으로 음(-)전하, 바깥쪽은 상대적으로 양(+)전하를 띤다.

②, ③ 분극 상태일 때  $\text{Na}^+$  통로는 대부분 닫혀 있고,  $\text{K}^+$  통로는 일부가 열려 있으며,  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 과  $\text{K}^+$ 이 세포막을 경계로 반대 방향으로 이동한다. 따라서 ㉠은  $\text{Na}^+$  통로, ㉡은  $\text{K}^+$  통로, ㉢은  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프이며,  $\text{K}^+$  통로(㉡)를 통해  $\text{K}^+$ 이 일부 확산한다.

**바로알기** ④  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프(㉢)는 ATP를 소모하여  $\text{Na}^+$ 을 세포 밖으로 내보내고,  $\text{K}^+$ 을 세포 안으로 이동시킨다. 그 결과  $\text{Na}^+$ 은 세포 안보다 밖에,  $\text{K}^+$ 은 세포 밖보다 안에 더 많이 분포한다.

**05** (1) 뉴런에서  $\text{Na}^+$  농도는 항상 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $\text{K}^+$  농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다.

(2)  $t_1$ 은 막전위가 상승하는 시점이므로  $\text{Na}^+$  통로를 통해  $\text{Na}^+$ (㉡)이 세포 안으로 확산되어 들어오고 있으며,  $t_2$ 는 휴지 전위를 유지하고 있는 시점이므로  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프를 통해  $\text{Na}^+$ 이 세포 밖으로 이동하고 있다.

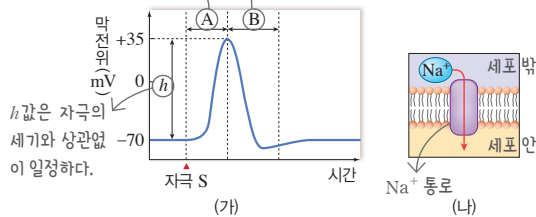
**모범 답안** (1) ㉠은  $\text{K}^+$ , ㉡은  $\text{Na}^+$ 이다.

(2)  $t_1$ 일 때 ㉡은 열린  $\text{Na}^+$  통로를 통해 세포 안으로 확산하여 들어오고,  $t_2$ 일 때 ㉢은  $\text{Na}^+-\text{K}^+$  펌프를 통해 세포 밖으로 이동한다.

채점 기준	배점
(1) ㉠과 ㉡이 어떤 이온인지 모두 옳게 쓴 경우	40 %
(2) $t_1$ 과 $t_2$ 일 때 세포막을 통한 ㉡의 이동 방식을 각각 $\text{Na}^+$ 통로, $\text{Na}^+-\text{K}^+$ 펌프와 연관 지어 옳게 비교하여 서술한 경우	60 %
$t_1$ 과 $t_2$ 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	30 %

### 06 꼼꼼 문제 분석

탈분극이 일어나는 구간이다.  $\Rightarrow \text{Na}^+$  통로를 통해  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산한다.   
 재분극이 일어나는 구간이다.  $\Rightarrow \text{K}^+$  통로를 통해  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산한다.



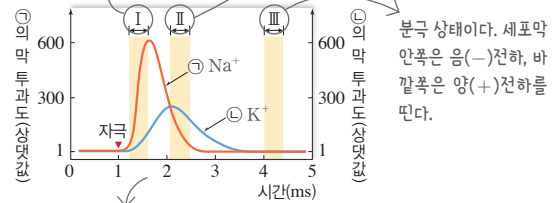
ㄱ. 막전위 변화와 상관없이  $\text{K}^+$ 의 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다.

ㄷ.  $h$ 값은 활동 전위의 크기이며, 활동 전위의 크기는 자극의 세기와 상관없이 일정하다. 따라서 S보다 세기가 큰 자극을 주어도  $h$ 값은 변하지 않고 일정하다.

**바로알기** ㄴ. B에서 막전위가 하강하는 재분극이 일어난 것은 열린  $\text{Na}^+$  통로가 닫히고, 닫혀 있던  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산하였기 때문이다.

### 07 꼼꼼 문제 분석

㉠( $\text{Na}^+$ )의 막 투과도가 높아진다.  $\Rightarrow \text{Na}^+$  통로를 통해  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 빠르게 확산하여 탈분극이 일어난다.  $\Rightarrow$  막전위 상승   
 ㉡( $\text{K}^+$ )의 막 투과도가 높아진다.  $\Rightarrow \text{K}^+$  통로를 통해  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산하여 재분극이 일어난다.  $\Rightarrow$  막전위 하강



역치 이상의 자극을 받은 부위에서 활동 전위가 발생할 때  $\text{Na}^+$ 의 막 투과도가  $\text{K}^+$ 의 막 투과도보다 먼저 높아진다.  $\Rightarrow$  ㉠은  $\text{Na}^+$ , ㉡은  $\text{K}^+$ 이다.

① 뉴런에서 활동 전위가 발생할 때  $\text{Na}^+$ 의 막 투과도가  $\text{K}^+$ 의 막 투과도보다 먼저 높아지므로 ㉠은  $\text{Na}^+$ , ㉡은  $\text{K}^+$ 이다.

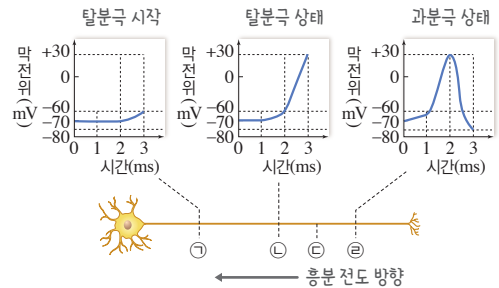
② 구간 I에서 ㉠( $\text{Na}^+$ )의 막 투과도가 높아지므로 막전위가 상승하는 탈분극이 일어나고 있음을 알 수 있다.

④ 구간 II에서 ㉡( $\text{K}^+$ )의 막 투과도가 높아지고 있으므로 재분극이 일어나고 있음을 알 수 있으며, 재분극이 일어날 때에는  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산한다.

⑤ 구간 III은 휴지 상태이므로 상대적으로 세포막 안쪽은 음(-)전하, 바깥쪽은 양(+)전하를 띤다.

**바로알기** ③ 막전위 변화와 상관없이 ㉠( $\text{Na}^+$ )의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 항상 높다.

### 08 꼼꼼 문제 분석

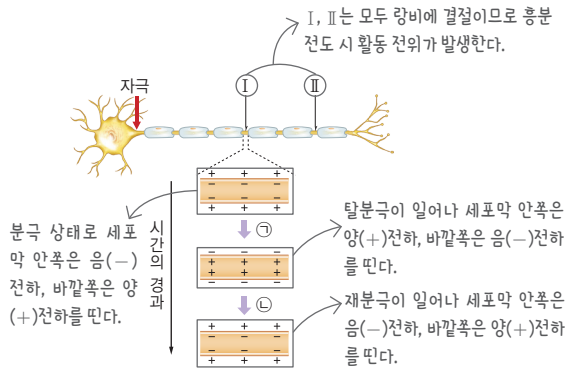


ㄱ. 활동 전위 발생 시 막전위 변화는 탈분극  $\rightarrow$  재분극  $\rightarrow$  과분극 순으로 일어난다. 3 ms일 때 ㉠에서는 막전위가 상승하기 시작했지만 ㉢에서는 과분극(-80 mV) 상태이다. 따라서 자극을 준 지점은 ㉢이다.

ㄴ. 3 ms일 때 ㉠에서 막전위가 상승하기 시작하는 것은  $\text{Na}^+$  통로가 열리면서  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산하기 때문이다.

**바로알기** ㄷ. 흥분이 ㉢에서 ㉡ 방향으로 전도되며, 3 ms일 때 ㉡에서는 막전위가 +30 mV로 탈분극 상태이고, ㉢에서는 막전위가 -80 mV로 과분극 상태이다. 따라서 ㉢에서는 재분극이 일어나고 있다.

09 꼼꼼 문제 분석

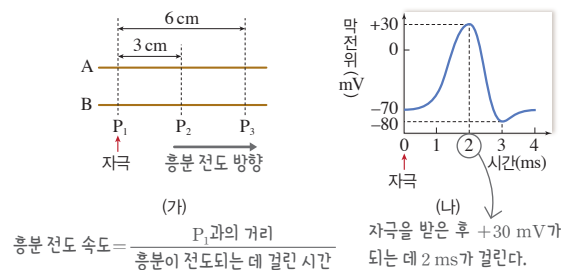


ㄴ. ㉠ 과정에서 세포막 안쪽이 양(+)전하에서 음(-)전하로 바뀌는 것은 K<sup>+</sup> 통로를 통해 K<sup>+</sup>이 세포 밖으로 확산하여 재분극이 일어났기 때문이다.

ㄷ. II 지점은 랭비에 결절로, 활동 전위가 발생한다.

바로알기 ㄱ. ㉠ 과정에서 세포막 안팎의 하전 상태가 달라진 것은 Na<sup>+</sup> 통로가 열려 Na<sup>+</sup>이 세포 안으로 확산하여 탈분극이 일어났기 때문이다.

10 꼼꼼 문제 분석



(1) 각 지점으로 흥분이 전도되는 데 걸리는 시간은 전체 경과된 시간 5 ms에서 막전위 변화가 진행된 시간을 뺀 시간이다. P<sub>1</sub>에 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 5 ms이고, A의 P<sub>2</sub>와 B의 P<sub>3</sub>에서 자극을 받은 후 막전위가 +30 mV가 되는 데 걸린 시간은 2 ms이므로, P<sub>1</sub>에서 A의 P<sub>2</sub>와 B의 P<sub>3</sub>으로 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은 3 ms이다. 따라서 A의 흥분 전도 속도는  $\frac{3 \text{ cm}}{3 \text{ ms}} = 1 \text{ cm/ms}$ , B의 흥분 전도 속도는  $\frac{6 \text{ cm}}{3 \text{ ms}} = 2 \text{ cm/ms}$ 이다.

(2) A의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms이므로 A의 P<sub>1</sub>에서 P<sub>3</sub>까지 흥분이 전도되는 데 걸리는 시간은 6 ms이다. 그러므로 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이 7 ms일 때는 A의 P<sub>3</sub>에서 막전위 변화가 1 ms 동안 진행된 때로, 막전위가 상승하고 있으므로 탈분극이 일어나고 있다.

모범 답안 (1) A의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms, B의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이다. 따라서 흥분 전도 속도는 B가 A보다 빠르다.

(2) 역치 이상의 자극을 1회 주고 경과된 시간이 7 ms일 때는 A의 P<sub>3</sub>에 자극이 도달한 후 1 ms가 지났을 때로, 탈분극 상태이다. 따라서 Na<sup>+</sup>의 막 투과도가 더 높다.

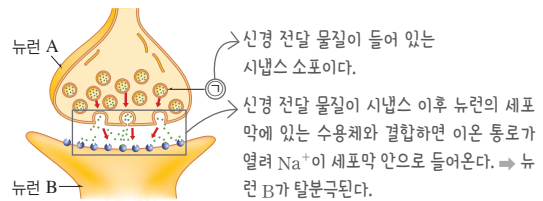
채점 기준	배점
(1) A와 B의 흥분 전도 속도를 구한 후, 빠르기를 옳게 비교한 경우	50 %
A와 B의 빠르기만 비교한 경우	25 %
(2) Na <sup>+</sup> 이라고 쓰고, 그 까닭을 탈분극과 연관 지어 옳게 서술한 경우	50 %
Na <sup>+</sup> 이라고만 쓴 경우	25 %

11 ㄴ. 흥분 전도 속도는 도약전도가 일어나는 말미집 뉴런(B)에서가 도약전도가 일어나지 않는 민말미집 뉴런(A)에서보다 빠르다.

ㄷ. A에 역치 이상의 자극을 주면 B로 자극이 전달되고 축삭 돌기를 따라 자극이 전도되므로, B의 랭비에 결절(㉠)에서 활동 전위가 발생한다.

바로알기 ㄱ. A는 말미집이 존재하지 않는 민말미집 뉴런이다.

12 꼼꼼 문제 분석



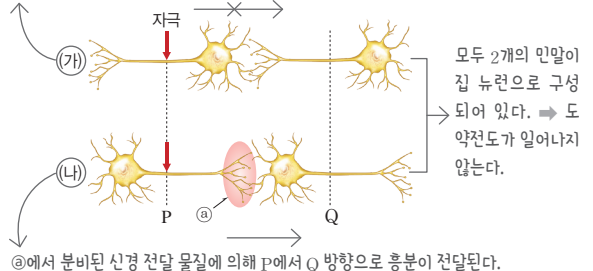
ㄱ. 신경 전달 물질이 들어 있는 ㉠은 시냅스 소포이며, 시냅스 소포는 축삭 돌기 말단에 있다.

ㄴ. 뉴런 A는 시냅스 이전 뉴런이고, 뉴런 B는 시냅스 이후 뉴런이다. 흥분은 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비된 신경 전달 물질에 의해 '뉴런 A → 뉴런 B' 방향으로 전달된다.

ㄷ. 시냅스 틈으로 방출된 신경 전달 물질은 시냅스 이후 뉴런(뉴런 B)의 세포막에 있는 이온 통로가 열리도록 하여 시냅스 이후 뉴런을 탈분극시킨다.

13 꼼꼼 문제 분석

흥분 전달은 축삭 돌기 말단에서 가지 돌기 방향으로만 일어난다. → (가)에서는 P에서 Q 방향으로 흥분이 전달되지 않는다.



ㄱ. ㉓는 축삭 돌기 말단이며, 축삭 돌기 말단에는 시냅스 소포가 있어 신경 전달 물질이 분비된다.

**바로알기** ㄴ. (가)의 P 지점에 역치 이상의 자극을 주면 양쪽 방향으로 흥분 전도가 일어나지만 가지 돌기에서 축삭 돌기 말단 방향으로으로는 흥분 전달이 일어나지 않는다. 따라서 (가)의 Q 지점에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

ㄷ. (나)의 시냅스 이후 뉴런은 민말이집 신경이므로 도약전도가 일어나지 않는다.

**14** 시냅스에서 일어나는 신호 전달을 억제하여 긴장과 통증을 완화하거나 수면을 유도하는 약물은 진정제로, 알코올, 프로포폴, 수면제가 이에 해당한다. 카페인과 니코틴은 신경을 흥분시켜 각성 효과를 나타내는 약물인 각성제이며, 대마초는 인지 작용과 의식을 변화시켜 환각을 유발하는 약물인 환각제이다.

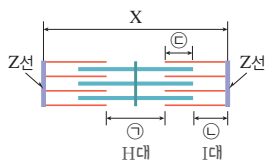
**15** ① 근육 섬유(㉑)는 근육을 구성하는 근육 세포로, 여러 개의 핵이 존재하는 다핵성 세포이다.

② 근육 원섬유(㉒)는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트로 구성되어 있다.

③, ④ ㉓는 마이오신 필라멘트만 있는 부분이므로 H대, ㉔는 액틴 필라멘트만 있는 부분이므로 I대이다. 근육이 수축할 때 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가므로 H대(㉓)의 길이와 I대(㉔)의 길이는 모두 감소한다.

**바로알기** ⑤ 근수축 시 마이오신 필라멘트의 길이는 변하지 않으므로, A대(㉕)의 길이는 변하지 않는다.

**16** **꼼꼼 문제 분석**



시점	㉑의 길이	㉒의 길이	㉓의 길이	X의 길이
$t_1$	? 1.2	0.8	0.2	3.2
$t_2$	0.2	0.3	0.7	2.2

(단위:  $\mu\text{m}$ )

$t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 ㉒의 길이가  $0.5 \mu\text{m}$  감소하였다.  $\Rightarrow$  근수축이 일어났으며, X의 길이는  $1.0 \mu\text{m}$  감소, ㉑의 길이도  $1.0 \mu\text{m}$  감소하였고, ㉓의 길이는  $0.5 \mu\text{m}$  증가하였다.

ㄴ. A대의 길이는 ㉑의 길이 +  $(2 \times \text{㉓의 길이})$ 이므로  $t_2$ 일 때 A대의 길이는  $0.2 \mu\text{m} + 1.4 \mu\text{m} = 1.6 \mu\text{m}$ 이다. 따라서  $t_2$ 일 때  $\frac{\text{㉓의 길이}}{\text{A대의 길이}} = \frac{0.7}{1.6} = \frac{7}{16}$ 이다.

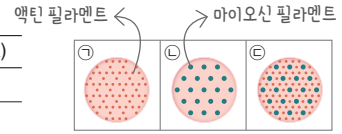
**바로알기** ㄱ. H대의 길이는 ㉑의 길이이므로  $t_1$ 일 때 H대의 길이는  $1.2 \mu\text{m}$ 이다.

ㄷ.  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 ㉒의 길이가  $0.5 \mu\text{m}$  감소하였으므로, X의 길이는  $1.0 \mu\text{m}$  감소하였다. 따라서  $t_2$ 일 때 X의 길이는  $3.2 \mu\text{m} - 1.0 \mu\text{m} = 2.2 \mu\text{m}$ 이다.

**17** **꼼꼼 문제 분석**

시점	X의 길이( $\mu\text{m}$ )
$t_1$	3.0
$t_2$	2.2

근수축이 일어나면 X의 길이는 짧아진다.  $\Rightarrow t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 근수축이 일어나며, ATP가 소모된다.



액틴 필라멘트는 가늘고, 마이오신 필라멘트는 굵다.  $\Rightarrow$  ㉑은 I대의 단면, ㉒은 H대의 단면, ㉓은 A대 중 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분의 단면이다.

ㄱ. 액틴 필라멘트는 가늘고, 마이오신 필라멘트는 굵으며, I대는 액틴 필라멘트만 있는 부분이다. 따라서 ㉑이 I대의 단면에 해당한다.

ㄷ. 골격근이 수축할 때 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아지므로  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 골격근이 수축한다. 골격근이 수축할 때에는 ATP에 저장된 에너지를 사용하여 마이오신 필라멘트가 액틴 필라멘트를 끌어당긴다. 따라서  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 ATP에 저장된 에너지를 사용한다.

**바로알기** ㄴ.  $t_2$ 일 때 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분(㉓)의 길이가  $1.6 \mu\text{m}$ , H대의 길이가  $0.2 \mu\text{m}$ , 근육 원섬유 마디 X의 길이가  $2.2 \mu\text{m}$ 이므로, I대의 길이는  $0.4 \mu\text{m} (= 2.2 \mu\text{m} - 1.6 \mu\text{m} - 0.2 \mu\text{m})$ 이다.  $t_1$ 일 때는 근육 원섬유 마디 X의 길이가  $3.0 \mu\text{m}$ 이므로  $t_2$ 일 때보다 I대의 길이가  $0.8 \mu\text{m} (= 3.0 \mu\text{m} - 2.2 \mu\text{m})$  증가하였다. 따라서  $t_1$ 일 때 I대의 길이는  $1.2 \mu\text{m} (= 0.4 \mu\text{m} + 0.8 \mu\text{m})$ 이다.

**실력 UP 문제**

94~95쪽

- 01 ④   02 ⑤   03 ④   04 ①   05 ⑤   06 ③

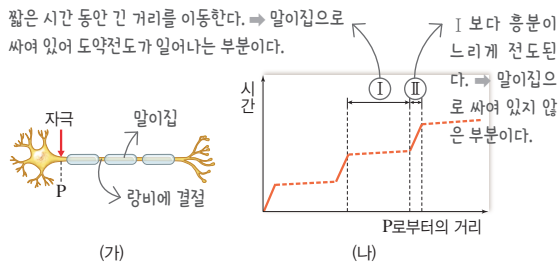
**01** 뉴런에서 활동 전위가 발생할 때  $\text{Na}^+$ 의 막 투과도가  $\text{K}^+$ 의 막 투과도보다 먼저 높아지므로 ㉑은  $\text{Na}^+$ , ㉒은  $\text{K}^+$ 이다.

④  $t_2$ 일 때  $\text{Na}^+$ (㉑)의 막 투과도는  $\text{K}^+$ (㉒)의 막 투과도보다 높으므로  $\frac{\text{K}^+\text{의 막 투과도}}{\text{Na}^+\text{의 막 투과도}}$ 는 1보다 작다.  $t_3$ 일 때  $\text{Na}^+$ (㉑)의 막 투과도와  $\text{K}^+$ (㉒)의 막 투과도는 같으므로  $\frac{\text{K}^+\text{의 막 투과도}}{\text{Na}^+\text{의 막 투과도}}$ 는 1이다. 따라서  $\frac{\text{K}^+\text{의 막 투과도}}{\text{Na}^+\text{의 막 투과도}}$ 는  $t_3$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크다.



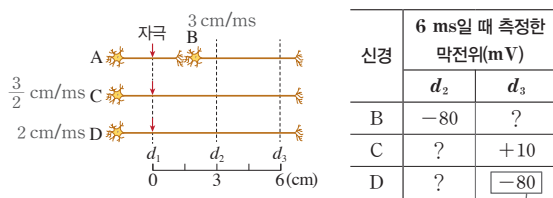
- 바로알기** ①  $t_1$ 일 때는  $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+(\ominus)$ 이 세포 안으로 확산하고 있으므로,  $\text{Na}^+(\ominus)$ 의 이동에 ATP가 사용되지 않는다.  
 ② 막전위 변화와 상관없이  $\text{K}^+(\ominus)$ 의 농도는 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다.  
 ③  $t_3$ 일 때 P에서 막전위가 하강하는 재분극이 일어나고 있다.  
 ⑤ 이 뉴런 세포막의 이온 통로를 통한  $\text{Na}^+(\ominus)$ 의 이동을 차단 하면 역치 이상의 자극을 주더라도 탈분극이 일어나지 않아 활동 전위가 생성되지 않는다.

## 02 품공 문제 분석

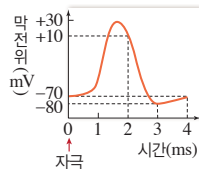


- ㄱ. (가)는 말아집 뉴런이므로, 도약전도가 일어난다.  
 ㄴ. (나)의 I에서는 흥분 전도 속도가 빠르고, II에서는 흥분 전도 속도가 느리다. 따라서 I은 말아집으로 싸여 있어 도약전도가 일어나는 부분이고, II는 말아집으로 싸여 있지 않은 부분이다. 말아집은 슈반 세포가 축삭을 여러 겹 싸고 있는 구조이므로 I에는 슈반 세포가 존재한다.  
 ㄷ. II는 랑비에 결절이므로, 활동 전위가 발생한다.

## 03 품공 문제 분석



과분극으로,  $d_2$ 에 흥분이 도달하고 3 ms가 경과한 후의 막전위이다.  
 ⇒  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은 3 ms이다.



D의  $d_1$ 에 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이 6 ms일 때  $d_3$ 에서 측정된 막전위는 -80 mV이다. 따라서 D의  $d_3$ 에서 막전위 변화는 3 ms 동안 진행되었으므로,  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은  $6 \text{ ms} - 3 \text{ ms} = 3 \text{ ms}$ 이다.

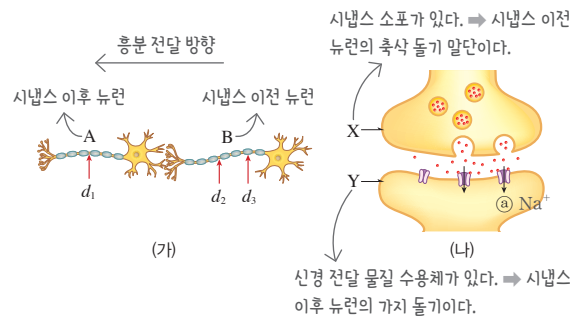
$d_1$ 에서  $d_3$ 까지의 거리는 6 cm이므로 D의 흥분 전도 속도는  $\frac{6 \text{ cm}}{3 \text{ ms}} = 2 \text{ cm/ms}$ 이다. B와 D의 흥분 전도 속도는 각각 2 cm/ms, 3 cm/ms 중 하나라고 했으므로, B의 흥분 전도 속도는 3 cm/ms이다.

ㄴ. C의 흥분 전도 속도는  $\frac{3}{2} \text{ cm/ms}$ 이고,  $d_1$ 에서  $d_2$ 까지의 거리는 3 cm이므로 C의  $d_1$ 에서  $d_2$ 까지 흥분이 전도되는 데 걸리는 시간은 2 ms이다. 그러므로 ①이 4 ms일 때는  $d_2$ 에서 막전위 변화가 2 ms( $=4 \text{ ms} - 2 \text{ ms}$ ) 동안 진행된 때로, 막전위는 +10 mV이며 재분극이 일어나고 있다.

ㄷ. D의 흥분 전도 속도는 2 cm/ms이고  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지의 거리가 6 cm이므로,  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지 흥분이 전도되는 데 걸리는 시간은 3 ms이다. 그러므로 ①이 5 ms일 때는 D의  $d_3$ 에서 막전위 변화가 2 ms( $=5 \text{ ms} - 3 \text{ ms}$ ) 동안 진행된 때로, 막전위는 +10 mV이며 재분극이 일어나고 있다. 재분극이 일어날 때는  $\text{K}^+$  통로를 통해  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산한다.

**바로알기** ㄱ. C의  $d_1$ 에 역치 이상의 자극을 주고 경과된 시간이 6 ms일 때  $d_3$ 에서 측정된 막전위는 +10 mV이다. 따라서 C의  $d_3$ 에서 막전위 변화는 2 ms 동안 진행되었으므로,  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은  $6 \text{ ms} - 2 \text{ ms} = 4 \text{ ms}$ 이다.  $d_1$ 에서  $d_3$ 까지의 거리는 6 cm이므로 C의 흥분 전도 속도는  $\frac{6 \text{ cm}}{4 \text{ ms}} = \frac{3}{2} \text{ cm/ms}$ 이며, B의  $\frac{1}{2}$ 배이다.

## 04 품공 문제 분석



ㄱ. 축삭 돌기 말단에 시냅스 소포가 있다. 따라서 X는 B의 축삭 돌기 말단, Y는 A의 가지 돌기이다.

**바로알기** ㄴ. X(B의 축삭 돌기 말단)의 시냅스 소포에 있던 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 분비되어 Y(A의 가지 돌기)의 신경 전달 물질 수용체에 결합하면 이온 통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산되면서 탈분극이 일어난다. 따라서 ①은  $\text{Na}^+$ 이다.

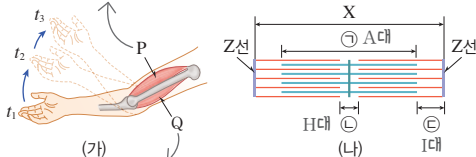
ㄷ. 흥분의 전달은 시냅스 소포가 있는 X(B의 축삭 돌기 말단)에서 Y(A의 가지 돌기) 방향으로만 일어난다. B의  $d_3$ 는 말아집이 있는 부위이므로 활동 전위가 발생하지 않는다. 따라서 역치 이상의 자극을 준 지점은 B의 랑비에 결절 부위인  $d_2$ 이다.

**05** 근육 원섬유를 관찰했을 때 어두운 부분인 ㉠가 암대(A대)이고, 밝은 부분인 ㉡가 명대(I대)이다. 골격근 수축 과정에서 A대의 길이는 변하지 않고 I대의 길이는 짧아진다. 따라서 길이가 변한 ㉠이 I대(㉡)이고, ㉢은 A대(㉠)이다.

- ㄱ. ㉠은 밝은 부분인 I대(㉡)이므로 (가)일 때 ㉠은 밝게 보인다.  
 ㄴ. (가)에서 (나)로 될 때 ㉠(I대, ㉡)의 길이가 1.2 μm 감소하였는데, 이 감소한 길이만큼 ㉢(A대, ㉠)에서 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분의 길이가 증가한다.  
 ㄷ. (가)에서 (나)로 될 때 근수축이 일어나므로 H대의 길이는 짧아진다.

**06** 꼼꼼 문제 분석

$t_1$ 에서  $t_3$ 로 갈수록 수축한다. ⇒ 근육 원섬유 마디의 길이, I대의 길이가 짧아진다.



$t_1$ 에서  $t_3$ 로 갈수록 이완한다. ⇒ 근육 원섬유 마디의 길이, I대의 길이가 길어진다.

시점	㉠-㉢	㉡의 길이	X의 길이
$t_1$	0.4	0.9	? 3.4
수축 $t_2$	1.0	? 0.6	2.8
↓ $t_3$	? 1.2	0.5	? 2.6

(단위: μm)

ㄱ.  $t_1, t_2, t_3$ 로 갈수록 팔이 구부러지므로 P는 수축, Q는 이완한다. ㉠의 길이에서 ㉢의 길이를 뺀 값(㉠-㉢)이  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 0.6 μm 길다. 이는  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 근수축이 일어나 ㉠(A대)에서 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분이 증가했기 때문이다. 따라서 X는 P의 근육 원섬유 마디 중 하나이고, 근육 원섬유 마디는 근육 섬유에 존재한다.

ㄷ.  $t_2$ 일 때 ㉠(A대)의 길이는 X의 길이-(2×㉡의 길이)이므로  $2.8 \mu\text{m} - 1.2 \mu\text{m} = 1.6 \mu\text{m}$ 이다. ㉠-㉢은 1.0 μm이므로 H대(㉢)의 길이는  $1.6 \mu\text{m} - 1.0 \mu\text{m} = 0.6 \mu\text{m}$ 이다. 따라서  $t_2$ 일 때  $\frac{\text{H대의 길이}}{\text{㉠의 길이} + \text{㉡의 길이}} = \frac{0.6}{1.6 + 0.6} = \frac{3}{11}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. ㉠의 길이에서 ㉢의 길이를 뺀 값(㉠-㉢)이  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 0.6 μm 증가했으므로 2×㉡의 길이는 0.6 μm 감소했다. 따라서  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 ㉡의 길이는 0.3 μm 감소했으므로,  $t_2$ 일 때 ㉡의 길이는  $0.9 \mu\text{m} - 0.3 \mu\text{m} = 0.6 \mu\text{m}$ 이다.  $t_2$ 일 때 X의 길이는 2.8 μm이므로,  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $2.8 \mu\text{m} + 0.6 \mu\text{m} = 3.4 \mu\text{m}$ 이다.  $t_2$ 일 때보다  $t_3$ 일 때 ㉡의 길이는 0.1 μm 감소했으므로  $t_3$ 일 때 X의 길이는  $2.8 \mu\text{m} - 0.2 \mu\text{m} = 2.6 \mu\text{m}$ 이다. 따라서 X의 길이는  $t_3$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 0.8 μm 짧다.

**신경계**

개념 확인 문제

99쪽

- ① 뇌 ② 중추 신경계 ③ 말초 신경계 ④ 평형 ⑤ 간뇌  
 ⑥ 중간뇌 ⑦ 연수 ⑧ 척수

- 1 (1) B, 간뇌 (2) A, 대뇌 (3) D, 소뇌 (4) E, 연수 (5) C, 중간뇌  
 2 (1) × (2) ○ (3) × (4) × 3 (1) B, 곁질 (2) A, 속질 (3) D, 전근 (4) C, 후근 4 척수 5 (1) 중간뇌 (2) 척수 (3) 연수

1 A는 대뇌, B는 간뇌, C는 중간뇌, D는 소뇌, E는 연수이다. (3) 대뇌와 함께 수의 운동을 조절하고, 몸의 평형을 유지하는 뇌는 소뇌(D)이다.

(5) 안구 운동과 홍채 운동을 조절하는 뇌는 중간뇌(C)이다.

2 (1) 대뇌의 바깥쪽을 싸고 있는 곁질은 회색질이고, 안쪽의 속질은 백색질이다.

(3) 대뇌에서 일어나는 정신 활동의 대부분은 곁질에서 일어난다.

(4) 대뇌의 좌반구는 몸의 오른쪽 감각과 운동을 담당하고, 우반구는 몸의 왼쪽 감각과 운동을 담당한다.

3 (1), (2) A는 속질로 신경 세포체가 모여 회색으로 보이는 회색질이고, B는 곁질로 축삭 돌기가 모여 흰색으로 보이는 백색질이다.

(3), (4) C는 척수의 등 쪽에 배열된 감각 신경 다발인 후근이고, D는 척수의 배 쪽에 배열된 운동 신경 다발인 전근이다.

4 손에 뜨거운 물체가 닿았을 때 무의식적으로 손을 떼는 반사는 회피(움츠림) 반사이며, 회피 반사의 중추는 척수이다.

5 동공 반사의 중추는 중간뇌이고, 젖분비 반사의 중추는 척수이며, 재채기 반사의 중추는 연수이다.

개념 확인 문제

102쪽

- ① 중추 신경계 ② 원심성 신경 ③ 운동 신경 ④ 대뇌  
 ⑤ 짧 ⑥ 길 ⑦ 길항 작용

- 1 ㄱ, ㄷ 2 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ 3 (1) (가) 교감 신경 (나) 부교감 신경 (2) A: 아세틸콜린, B: 노르에피네프린, C: 아세틸콜린, D: 아세틸콜린 4 ㉠ 축진, ㉢ 억제, ㉡ 억제, ㉠ 축진 5 ㄱ, ㄷ

**1 바로알기** 나. 원심성 신경이 체성 신경계와 자율 신경계로 구분된다.

다. 체성 신경계는 골격근의 반응을 조절하는 운동 신경으로 구성되며, 자율 신경계가 교감 신경과 부교감 신경으로 구성된다.

**2** (1) 체성 신경계는 운동 신경으로 이루어져 있으며 시냅스가 없다. 중추에서 나와 반응기에 이르기까지 2개의 뉴런이 신경절에서 시냅스를 형성하는 것은 자율 신경계이다.

(2) 자율 신경계는 대뇌의 조절을 직접 받지 않는다.

**3** (1) 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧은 (가)는 교감 신경이고, 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 긴 (나)는 부교감 신경이다.

(2) A, C, D는 모두 아세틸콜린이고, B는 노르에피네프린이다.

**4** 교감 신경이 흥분하면 심장 박동이 촉진되고, 소화관 운동이 억제되며, 부교감 신경이 흥분하면 심장 박동이 억제되고, 소화관 운동이 촉진된다.

**5** 알츠하이머병은 대뇌의 뉴런 손상, 파킨슨병은 뇌의 도파민 분비 부족에 의한 것이므로 모두 중추 신경계 이상으로 발생하는 신경계 질환이다. 반면 길랭·바레 증후군은 말초 신경의 말집 손상, 근위축성 측삭 경화증은 운동 신경의 손상에 의한 것이므로 모두 말초 신경계 이상으로 발생하는 신경계 질환이다.

**대표 자료 분석**

103~104쪽

**자료 1** 1 A: 대뇌, B: 간뇌, C: 중간뇌, D: 소뇌, E: 연수  
2 D    3 C    4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○ (7) ○

**자료 2** 1 척수    2 ㉠ 감각 뉴런, ㉡ 운동 뉴런    3 ㉢, ㉣  
4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ○ (6) ×

**자료 3** 1 E    2 C, D    3 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) × (6) × (7) ○ (8) ○

**자료 4** 1 F    2 A: 중간뇌, C: 연수    3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ○ (6) × (7) ×

**1-1** A는 뇌 질량의 약 80%를 차지하는 대뇌, B는 대뇌와 중간뇌 사이에 있는 간뇌, C는 간뇌 아래에 있는 중간뇌, D는 대뇌 뒤쪽 아래에 있는 소뇌, E는 뇌교와 척수 사이에 있는 연수이다.

**1-2** D(소뇌)는 내이의 평형 감각 기관에서 오는 감각 정보를 받아 대뇌와 함께 수의 운동을 조절하고, 몸의 평형을 유지한다.

**1-3** 중간뇌는 빛의 양에 따라 동공의 크기를 조절한다. 따라서 중간뇌가 손상되면 동공 반사가 나타나지 않는다.

**1-4** (1) 심장 박동을 조절하는 곳은 연수(E)이다.

(2) 시험지를 받고 문제를 푸는 것은 대뇌(A)의 조절을 받는 행동이다.

(3) 무릎 반사의 중추는 척수이다. B는 간뇌이다.

(4) C(중간뇌)는 소뇌와 함께 몸의 평형을 조절하고, 안구 운동과 홍채 운동을 조절한다.

(5) D(소뇌)는 좌우 2개의 반구로 이루어져 있다.

(6) E(연수)는 뇌와 척수를 연결하는 신경이 지나는 곳으로 신경의 좌우 교차가 일어난다.

(7) 대뇌의 기능이 분업화되어 있어서 부위에 따라 다른 기능을 한다.

**2-1** 그림은 날카로운 핀에 손이 찔렸을 때 자신도 모르게 손을 들어올리는 반응을 나타낸 것으로, 회피 반사이다. 회피 반사의 중추는 척수이다.

**2-2** ㉠은 피부에 연결된 감각 뉴런이고, ㉡은 골격근에 연결된 운동 뉴런이다.

**2-3** 날카로운 핀에 손이 찔렸을 때 자신도 모르게 손을 들어올리는 반응이 일어나는 경로는 자극 → 감각기(피부) → 감각 뉴런(㉠) → 척수 → 운동 뉴런(㉡) → 반응기(근육) → 반응이다.

**2-4** (1) 감각 뉴런(㉠)은 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경계로 전달하므로 구심성 뉴런이다.

(2) 감각 뉴런(㉠)은 척수의 후근을 이룬다.

(3) ㉡은 골격근에 연결된 운동 뉴런이므로 체성 신경에 해당한다.

(4) 운동 뉴런(㉡)의 신경 세포체는 척수의 속질(회색질)에 있다.

(5) 손을 들어올리는 반응이 일어날 때 근육 ㉢는 수축하고, 이때 근육 ㉢의 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아진다.

(6) 뇌줄기는 중간뇌, 뇌교, 연수로 구성된다. 회피 반사의 중추인 척수는 뇌줄기를 구성하지 않는다.

**3-1** 구심성 뉴런은 감각기에서 받아들인 자극 정보를 중추 신경계로 전달하는 뉴런이므로, 다리에 연결된 감각 뉴런(E)이 구심성 뉴런이다.

**3-2** 교감 신경은 자율 신경으로, 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧다. 따라서 C와 D가 교감 신경을 구성하는 뉴런이다.

01 ④	02 ⑤	03 ②	04 ⑤	05 ⑤	06 ②
07 ④	08 ⑤	09 해설 참조	10 ①	11 ③	12 ④
13 ①	14 ⑤	15 해설 참조	16 ②	17 ④	18 ④
19 해설 참조	20 ④				

**3-3** (1) 자율 신경계는 말초 신경계에 속하므로 A~D는 모두 말초 신경계에 속한다.

(2) A와 B는 부교감 신경을 이루는 뉴런, C와 D는 교감 신경을 이루는 뉴런이고, E는 감각 뉴런, F는 운동 뉴런이다. 자율 신경계는 교감 신경과 부교감 신경으로 구성되므로, E와 F는 자율 신경계에 속하지 않는다.

(3) 위에 연결된 교감 신경의 신경절 이전 뉴런(C)의 신경 세포체는 척수에 있다.

(4) 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(A)의 말단에서는 아세틸콜린이, 교감 신경의 신경절 이후 뉴런(D)의 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

(5) 위에 연결된 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런(B)이 흥분하면 위에서 소화액 분비가 촉진된다.

(6) C와 D는 교감 신경을 구성하는 뉴런이므로 길항적으로 작용하지 않는다. 교감 신경과 부교감 신경이 길항적으로 작용한다.

(7) 다리의 골격근에 연결된 운동 뉴런(F)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

(8) 무릎 반사의 중추는 척수이다.

**4-1** A와 B는 흉체에 연결된 부교감 신경, C와 D는 심장에 연결된 부교감 신경, E와 F는 심장에 연결된 교감 신경, G와 H는 방광에 연결된 부교감 신경이다. 노르에피네프린은 교감 신경의 신경절 이후 뉴런(F)의 말단에서 분비된다.

**4-2** 흉체에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(A)의 신경 세포체는 중간뇌에 있고, 심장에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(C)의 신경 세포체는 연수에 있다.

**4-3** (1) A~H는 모두 자율 신경에 속하는 원심성 뉴런이다.

(2) 흉체에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(A)의 말단과 방광에 연결된 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런(H)의 말단에서는 모두 아세틸콜린이 분비된다.

(3) 심장에 연결된 신경절 이전 뉴런(C)이 신경절 이후 뉴런(D)보다 길므로, C와 D는 부교감 신경을 구성하는 뉴런이다.

(4) 흉체에 연결된 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런(B)이 흥분하면 흉체가 확장하여 동공이 작아진다.

(5) 교감 신경은 심장 박동을 촉진하므로, 심장에 연결된 교감 신경의 신경절 이후 뉴런(F)이 흥분하면 심장 세포에서의 활동 전위 발생 빈도가 증가한다.

(6) 방광에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(G)의 신경 세포체는 척수의 회색질에 있다.

(7) 방광에 연결된 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런(H)이 흥분하면 방광이 수축된다.

**01** ①, ②, ③ 사람의 신경계는 뇌와 척수로 구성된 중추 신경계와 온몸에 퍼져 있는 말초 신경계로 구분된다.

⑤ 말초 신경계는 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경계에 전달하고, 중추 신경계의 반응 명령을 근육, 분비샘 등의 반응기에 전달한다.

**바로알기** ④ 말초 신경계가 뇌에 연결된 12쌍의 뇌 신경과 척수에 연결된 31쌍의 척수 신경으로 이루어진다.

**02** ⑤ E는 연수이며, 뇌와 척수를 연결하는 신경의 좌우 교차가 일어난다.

**바로알기** ① A는 대뇌이며, 대뇌의 겉질은 주로 신경 세포체가 모인 회색질이고, 속질은 축삭 돌기가 모인 백색질이다.

② B는 간뇌이며, 중간뇌, 뇌교, 연수가 뇌줄기에 속한다.

③ C는 중간뇌이며, 시상 하부가 있는 뇌는 간뇌(B)이다.

④ D는 소뇌이며, 항상성 유지의 중추는 간뇌(B)이다.

**03** 언어, 기억 등의 정신 활동을 담당하는 뇌는 대뇌이고, 동공 반사의 중추는 중간뇌이다. 따라서 (가)는 대뇌(A), (나)는 중간뇌(C)가 손상되었을 때 나타나는 증상이다.

**04** ① (가)의 A는 간뇌이며, 간뇌는 체온과 삼투압을 조절하는 항상성 유지의 중추이다.

② (나)의 B는 뇌교와 척수 사이에 있으므로 연수이다.

③ (다)는 소뇌의 기능이 적힌 카드이므로, ㉠에는 '수의 운동을 조절하고, 몸의 평형을 유지한다.'가 들어갈 수 있다.

④ (라)는 중간뇌의 기능이 적힌 카드이므로, '중간뇌'의 뇌 모형 그림 카드와 연결해야 한다.

**바로알기** ⑤ A는 간뇌, B는 연수이다. 중간뇌, 뇌교, 연수(B)가 뇌줄기에 속하며, 간뇌(A)는 뇌줄기에 속하지 않는다.

**05** **꼼꼼 문제 분석**

특징 \ 구조	A 중간뇌	B 소뇌	C 연수
연수, 중간뇌 뇌줄기를 구성한다.	○	×	? ○
중간뇌 동공 반사의 중추이다.	㉠ ○	? ×	×

(○: 있음, ×: 없음)

㉠. 중간뇌(A)는 동공 반사의 중추이므로 ㉠은 '○'이다.



나. 소뇌(B)는 몸의 자세와 균형 유지를 담당하는 몸의 평형 유지 중추이다.

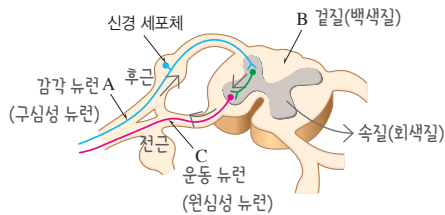
다. 연수(C)는 심장 박동, 소화 운동, 소화액 분비 등을 조절하는 중추이다.

**06** 나. 그림 (가)에서 단어를 듣거나 볼 때, 말하거나 생각할 때 대뇌 겉질이 활성화되는 부위가 각기 다른 것을 알 수 있다. 이를 통해 대뇌 겉질은 부위별로 기능이 분업화되어 있음을 알 수 있다.

**바로알기** 가. 그림 (가)에서 단어를 볼 때 활성화된 부위가 후두엽이므로 시각을 감지하는 감각영은 후두엽에 있음을 알 수 있다.

다. 그림 (가)에서 단어를 듣고, 보고, 말하고, 생각하는 것은 얼굴에 분포한 감각기로 들어온 자극과 머리에서 일어나는 반응에 의한 것이므로 척수를 거쳐 일어나지 않는다. 따라서 대뇌 겉질의 모든 정보가 척수로 전달되는 것은 아니다.

**07** 꼼꼼 문제 분석

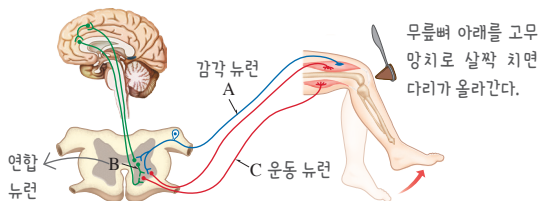


가. A는 신경 세포체가 축삭 돌기의 중간에 있으므로 감각 뉴런이다. 감각 뉴런은 후근을 구성한다.

다. C는 전근을 이루는 운동 뉴런이다.

**바로알기** 나. 척수의 겉질(B)은 주로 축삭 돌기가 모인 백색질이다.

**[08~09]** 꼼꼼 문제 분석



**08** ①, ② A는 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경으로 전달하는 감각 뉴런이고, B는 감각 뉴런에서 온 정보를 통합하여 적절한 반응 명령을 내리는 연합 뉴런이며, C는 중추 신경의 반응 명령을 반응기로 전달하는 운동 뉴런이다.

③ C는 운동 뉴런으로 체성 신경에 해당한다.

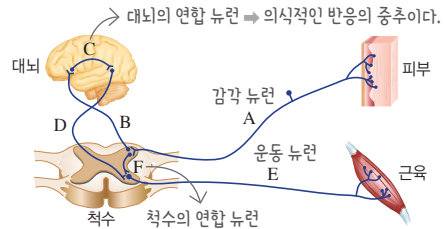
④ 무릎 반사가 일어날 때 '감각 뉴런(A) → 척수(B) → 운동 뉴런(C)'의 경로로 흥분이 전달된다.

**바로알기** ⑤ 무릎 반사의 중추는 척수이다.

**09** **모범 답안** 자극이 대뇌로 전달되기 전에 반응이 빠르게 일어나므로 위험으로부터 우리 몸을 보호할 수 있다.

채점 기준	배점
반응이 빠르게 일어난다는 내용과 우리 몸을 보호할 수 있다는 내용을 모두 포함하여 옳게 서술한 경우	100 %
반응이 빠르게 일어난다는 내용과 우리 몸을 보호할 수 있다는 내용 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

**10** 꼼꼼 문제 분석



나. E는 골격근에 연결된 운동 뉴런으로 체성 신경계에 속하므로, E의 축삭 돌기 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

**바로알기** 가. A는 감각 기관인 피부의 자극을 중추 신경계로 전달하므로 구심성 뉴런이다.

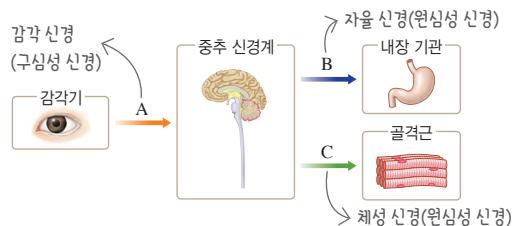
다. 어두운 방에서 손으로 더듬어 스위치를 찾아 불을 켜는 반응은 대뇌가 중추인 의식적인 반응이다. 따라서 이 반응의 경로는 피부 → 감각 뉴런(A) → B → 대뇌(C) → D → 운동 뉴런(E) → 손의 근육이다.

**11** 가. A는 자율 신경계이며, 자율 신경계의 말단은 내장 기관, 혈관, 분비샘에 분포하여 주로 소화, 순환, 호흡 운동과 호르몬 분비 등 생명 유지에 필수적인 기능을 조절한다.

나. B는 구심성 신경에 해당하므로 감각 신경이고, 감각 신경은 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경계로 전달한다.

**바로알기** 다. C는 체성 신경계에 속하는 운동 신경이며, 심장근의 반응을 조절하는 신경은 자율 신경계에 속하는 교감 신경과 부교감 신경이다.

**12** 꼼꼼 문제 분석



나. B는 내장 기관에 연결된 자율 신경이다. 자율 신경은 중추 신경계에서 나와 내장 기관에 이르기까지 2개의 뉴런으로 연결되며 신경절에서 시냅스를 형성한다.

다. C는 체성 신경계에 속한 운동 신경이다. 체성 신경계는 대뇌의 지배를 받아 골격근의 반응을 조절하므로, 운동 신경인 C는 대뇌로부터 받은 명령을 골격근에 전달하는 역할을 한다.

**바로알기** ㄱ. A는 감각기에서 받아들인 자극 정보를 중추 신경계로 전달하는 역할을 하므로 감각 신경이다. 감각 신경은 구심성 신경에 해당하며, 자율 신경계에 속하지 않는다.

**13** ② 자율 신경계는 대뇌의 조절을 직접 받지 않는다.

③, ⑤ 자율 신경계는 교감 신경과 부교감 신경으로 구성되며, 중추에서 나와 반응기에 이르기까지 2개의 뉴런이 신경절에서 시냅스를 형성한다.

④ 자율 신경계는 소화, 순환, 호흡, 호르몬 분비 등 생명 유지에 필수적인 기능을 조절한다.

**바로알기** ① 자율 신경계는 원심성 뉴런으로 구성된다.

**14** ①, ③ 교감 신경과 부교감 신경은 길항 작용으로 내장 기관의 기능을 조절한다.

② 교감 신경과 부교감 신경은 모두 대뇌의 영향을 직접 받지 않는 자율 신경계에 속한다.

④ 교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧고, 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길다.

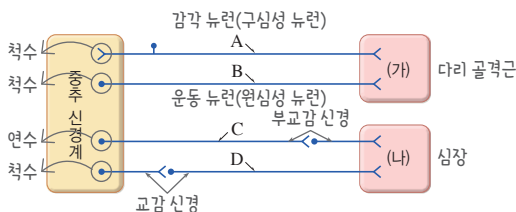
**바로알기** ⑤ 교감 신경은 몸을 긴장 상태로 만드는 작용을 하고, 부교감 신경은 긴장 상태에 있던 몸을 원래의 안정 상태로 회복시켜 주는 작용을 한다.

**15** 빠르게 낙하하는 놀이기구를 탔을 때에는 매우 긴장된 상태이므로, 교감 신경이 작용하여 심장 박동이 빨라지고 혈관이 수축하며, 소화관 운동과 소화액 분비가 억제된다.

**모범 답안** 심장 박동은 빨라지고, 소화관 운동은 억제된다. 몸을 위기 상황에 대처하기에 알맞은 긴장 상태로 만들기 위해 교감 신경이 작용하기 때문이다.

채점 기준	배점
심장 박동 변화, 소화관 운동 변화, 이 현상이 일어나는 까닭을 교감 신경과 연관 지어 모두 옳게 서술한 경우	100 %
심장 박동과 소화관 운동 변화만 옳게 서술한 경우	30 %

**16** 꼼꼼 문제 분석



① 체성 신경에 해당하는 운동 뉴런은 중추에서 나와 반응기(골격근)에 이르기까지 1개의 뉴런으로 이루어져 있고, 자율 신경은 중추에서 나와 반응기에 이르기까지 2개의 뉴런이 시냅스를 이룬다. 따라서 (가)는 다리 골격근, (나)는 심장이다.

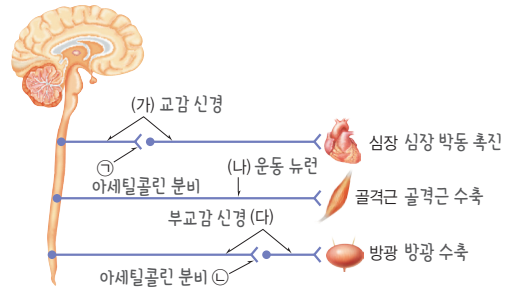
③ 감각 뉴런(A)과 운동 뉴런(B)은 모두 척수에서 나와 다리 골격근에 연결된 뉴런이므로 척수 신경에 속한다.

④ 심장에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(C)의 신경 세포체는 연수에 있다.

⑤ 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(C)의 말단에서는 아세틸콜린이 분비되고, 교감 신경의 신경절 이후 뉴런(D)의 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

**바로알기** ② 다리 골격근(가)에 연결된 감각 뉴런(A)은 척수의 후근을 구성한다.

**17** 꼼꼼 문제 분석



④ 교감 신경(가)의 신경절 이전 뉴런의 말단(㉓)에서는 아세틸콜린이 분비된다.

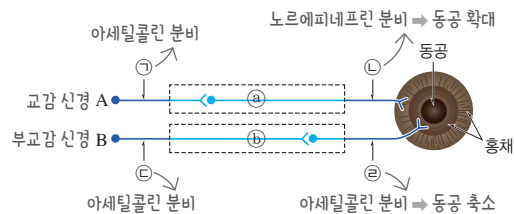
**바로알기** ① (가)는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으므로 교감 신경이다.

② (나)는 반응기인 팔의 골격근과 척수를 연결하며, 신경 세포체가 척수에 있으므로 운동 뉴런이다.

③ (다)는 신경절 이전 뉴런보다 신경절 이후 뉴런이 짧으므로 부교감 신경이다. 부교감 신경이 흥분하면 방광이 수축된다.

⑤ 부교감 신경(다)의 신경절 이전 뉴런의 말단(㉔)에서는 아세틸콜린이 분비된다.

**18** 꼼꼼 문제 분석



교감 신경의 신경절 이전 뉴런과 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린으로 같다.

㉠과 ㉡의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 서로 같다고 했으므로, A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다.

④ 부교감 신경(B)에서 신경절 이전 뉴런(㉢)의 길이는 신경절 이후 뉴런(㉣)의 길이보다 길다.

**바로알기** ① A는 교감 신경이다.

② 흉체에 연결된 교감 신경(A)의 신경절 이전 뉴런(㉠)의 신경 세포체는 척수에 있다.

③ 흉체에 연결된 교감 신경(A)의 신경절 이후 뉴런(㉡)이 흥분하면 동공이 확대된다.

⑤ 흉체에 연결된 부교감 신경(B)의 신경절 이후 뉴런(㉣)의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.

**19** A는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길고, B는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧다. 따라서 A는 부교감 신경, B는 교감 신경이다.

**모범 답안** A는 부교감 신경, B는 교감 신경이다. 부교감 신경인 A가 흥분하면 심장 박동이 억제되고, 교감 신경인 B가 흥분하면 심장 박동이 촉진된다.

채점 기준	배점
A와 B의 이름을 옳게 쓰고, 심장 박동 변화를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B의 이름만 옳게 쓴 경우	40 %

**20** ㄱ. 방광을 확장시키는 말초 신경 A는 교감 신경이며, 교감 신경의 신경절 이후 뉴런의 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

ㄴ. 소장에서 소화 작용을 촉진하는 말초 신경 B는 부교감 신경이며, 소장에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.

**바로알기** ㄷ. 피부에서 받은 자극을 척수로 전달하는 말초 신경 C는 감각 신경이다. 교감 신경(A)과 부교감 신경(B)은 원심성 신경에 속하고, 감각 신경(C)은 구심성 신경에 속한다.

**실력 UP 문제** 109쪽

01 ②    02 ②    03 ④    04 ④

**01** 사람의 신경계는 중추 신경계와 말초 신경계로 구분하며, 중추 신경계에는 뇌와 척수(A)가 있다. 말초 신경계는 구심성 신경(B)과 원심성 신경으로 구분하며, 원심성 신경에는 자율 신경과 체성 신경(C)이 있다.

ㄱ. 교감 신경은 척수(A)에 연결되어 있다.

ㄴ. 구심성 신경(B)은 감각기에서 받아들인 자극을 중추 신경계로 전달한다.

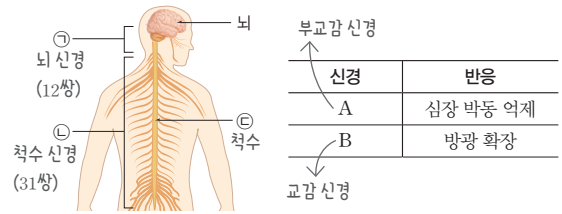
**바로알기** ㄷ. 알츠하이머병은 대뇌 기능의 저하로 나타나는 질환이다. 골격근에 연결된 체성 신경(C)이 손상되면 근위축성 측삭 경화증이 나타날 수 있다.

**02** ㄴ. 경로 A → P는 감각기 → 감각 신경 → 뇌 → 척수 → 운동 신경 → 반응기이며, 운동 신경은 체성 신경이다. 따라서 경로 A → P에는 체성 신경이 관여한다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 중추 신경계인 뇌를 이루는 뉴런이다. 뇌 신경은 뇌와 연결된 말초 신경이므로 ㉠은 뇌 신경에 속하지 않는다.

ㄷ. 어두운 곳으로 들어갈 때 동공의 크기가 커지는 반응은 동공 반사이다. 동공 반사의 중추는 중간뇌이며, 동공 반사의 경로에는 척수가 포함되지 않는다.

**03** **꼼꼼 문제 분석**



④ B는 방광을 확장시키므로 교감 신경이며, 방광에 연결된 교감 신경(B)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수(㉢)에 있다.

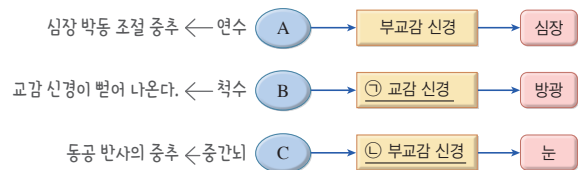
**바로알기** ① ㉠은 뇌에서 뻗어 나온 뇌 신경이며, 운동 뉴런과 감각 뉴런으로 구성되어 있다. 연합 뉴런은 뇌와 척수를 이룬다.

② A는 심장 박동을 억제하므로 부교감 신경이며, 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길다.

③ ㉣은 척수에서 뻗어 나온 척수 신경이며, 31쌍이다.

⑤ 부교감 신경(A)과 교감 신경(B)은 모두 중추 신경계의 명령을 반응기로 전달하므로 원심성 신경에 해당한다.

**04** **꼼꼼 문제 분석**



④ 방광에 연결된 교감 신경(㉠)이 흥분하면 방광이 확장된다.

**바로알기** ① 심장에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수(A)에 있다. 체온 조절의 중추는 간뇌의 시상하부이다.

② 방광에 연결된 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수(B)에 있다. 척수(B)의 길질은 백색질로, 주로 축삭 돌기가 모여 있다.

③ 눈에 연결된 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 중간뇌(C)에 있다.

⑤ 부교감 신경(C)의 신경절 이후 뉴런의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.

## 중단원 핵심 정리

110~111쪽

- ① 가지    ② 축삭    ③ 분극    ④ 탈분극    ⑤ 재분극  
 ⑥ 도약전도    ⑦ 빠르다    ⑧ 축삭 돌기    ⑨ 신경 전달 물질  
 ⑩ 마이오신    ⑪ 액틴    ⑫ H    ⑬ A    ⑭ 중추 신경계  
 ⑮ 말초 신경계    ⑯ 후근    ⑰ 전근    ⑱ 체성 신경계  
 ⑲ 자율 신경계    ⑳ 억제    ㉑ 축진

## 중단원 마무리 문제

112~115쪽

- 01 ④    02 ④    03 ⑤    04 ④    05 ②    06 ③  
 07 ④    08 ④    09 ⑤    10 A, C    11 ②    12 ②  
 13 ④    14 ①    15 ⑤    16 ③    17 해설 참조    18 해설  
 참조    19 해설 참조

**01** ① 뉴런은 신경 세포이며, 신경계를 구성하는 기본 단위이다.  
 ②, ⑤ 신경 세포체는 핵과 세포 소기관이 있으며, 가지 돌기는 다른 뉴런이나 세포에서 오는 신호를 받아들인다.  
 ③ 뉴런의 크기와 모양은 기능에 따라 다양하지만, 기본적으로는 신경 세포체, 축삭 돌기, 가지 돌기로 구성되어 있다.  
**바로알기** ④ 말미집 신경에서 절연체 역할을 하는 부분은 말미집이다. 랑비에 결절은 말미집이 없어 축삭이 노출되어 있는 부분이다.

**02** ① A는 핵과 세포 소기관이 있는 신경 세포체이다.  
 ② B는 다른 뉴런으로부터 자극을 받아들이는 가지 돌기이다.  
 ③ 축삭 돌기(C)의 말단에는 신경 전달 물질이 들어 있는 시냅스 소포가 존재한다.  
 ⑤ 이 뉴런은 말미집 신경이므로, 이 뉴런에 역치 이상의 자극을 주면 랑비에 결절에서만 활동 전위가 발생하는 도약전도가 일어난다.  
**바로알기** ④ 말미집(D)은 절연체 역할을 하므로, 말미집으로 둘러싸인 부분에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

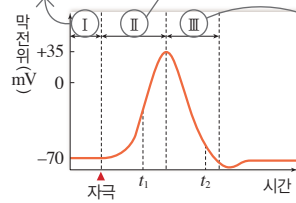
**03** ㄱ. (가)는 신경 세포체가 축삭 돌기의 한쪽에 치우쳐 있으므로 구심성 뉴런이고, (나)는 축삭 돌기가 길게 발달되어 있으므로 원심성 뉴런이다. 구심성 뉴런과 원심성 뉴런은 모두 말초 신경계에 속한다.  
 ㄴ. (나)는 구심성 뉴런(가)과 원심성 뉴런(나)을 연결하는 연합 뉴런이며, 연합 뉴런은 뇌와 척수 같은 중추 신경을 이룬다.  
 ㄷ. A 지점은 랑비에 결절이며, 랑비에 결절에서는 활동 전위가 발생한다. 흥분 전달은 '구심성 뉴런(가) → 연합 뉴런(나) → 원심성 뉴런(나)' 순으로 일어난다.

## 04 꼼꼼 문제 분석

분극 상태  $\Rightarrow$   $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖에,  $\text{K}^+$ 은 세포 안에 더 많이 분포한다.

탈분극 상태  $\Rightarrow$   $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산한다.

재분극 상태  $\Rightarrow$   $\text{Na}^+$  통로는 닫히고  $\text{K}^+$  통로가 열려  $\text{K}^+$ 이 세포 밖으로 확산한다.



④  $t_1$ 일 때 막전위가 상승하는 것은  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산하기 때문이다.  $\text{Na}^+$  통로를 통한  $\text{Na}^+$ 의 이동은 세포 안팎의  $\text{Na}^+$  농도 차이에 따른 확산에 의해 일어나므로 ATP가 소모되지 않는다.

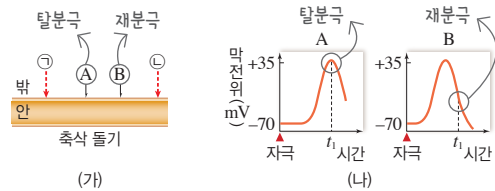
**바로알기** ① 구간 I은 분극 상태이며, 분극 상태일 때에는  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  펌프에 의해  $\text{Na}^+$ 은 세포 밖으로,  $\text{K}^+$ 은 세포 안으로 이동한다. 따라서 구간 I에서는  $\text{Na}^+$ 이 세포 안보다 밖에,  $\text{K}^+$ 이 세포 밖보다 안에 더 많이 분포한다.

②  $\text{Na}^+$  농도는 막전위 변화와 관계없이 항상 세포 밖이 세포 안보다 높다.

③ 구간 III은 재분극 상태로 막전위가 하강하는데, 그 까닭은  $\text{K}^+$ 이  $\text{K}^+$  통로를 통해 세포 밖으로 확산하기 때문이다.

⑤  $t_2$ 일 때는 대부분의  $\text{Na}^+$  통로가 닫혀  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 들어오지 못한다.

## 05 꼼꼼 문제 분석



(나)에서  $t_1$ 일 때 A에서는 탈분극, B에서는 재분극이 일어나고 있다.  $\Rightarrow$  자극이 B에 먼저 도달하였다.  $\Rightarrow$  역치 이상의 자극을 준 지점은 ㉠이다.  $\Rightarrow$  흥분 전도는 ㉡  $\rightarrow$  ㉠ 방향으로 진행된다.

ㄴ.  $\text{K}^+$ 의 농도는 막전위 변화와 상관없이 항상 세포 안이 세포 밖보다 높다.

**바로알기** ㄱ, ㄷ. (나)에서  $t_1$ 일 때 A 지점에서는 막전위가 상승한 상태이지만, B 지점에서는 막전위가 하강하는 상태이다. 이를 통해  $t_1$ 일 때 A 지점에서는 탈분극이, B 지점에서는 재분극이 일어나고 있음을 알 수 있다. 활동 전위 발생은 '탈분극  $\rightarrow$  재분극' 순으로 일어나므로 ㉡ 지점에 역치 이상의 자극이 주어졌음을 알 수 있다. 따라서 흥분 전도는 ㉡  $\rightarrow$  ㉠ 방향으로 진행된다.



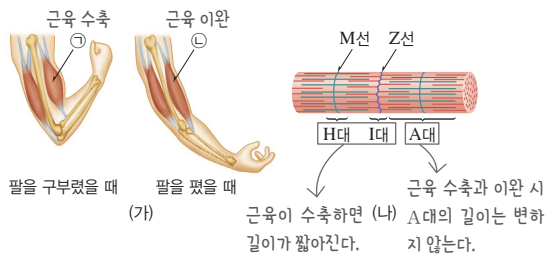
06 ㄱ. (가)에서 시냅스 이전 뉴런과 시냅스 이후 뉴런 모두 축삭 돌기가 말이집으로 싸여 있으므로 말이집 신경이다.

ㄴ. (나)에서 B의 시냅스 소포에 들어 있는 신경 전달 물질(㉠)이 시냅스 틈으로 방출되면 A의 세포막에 있는 이온 통로가 열리게 되어 A가 탈분극된다.

ㄷ. 시냅스 소포는 축삭 돌기 말단에 존재하므로 (나)에서 A는 시냅스 이후 뉴런의 신경 세포체나 가지 돌기 부위이고, B는 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단 부위이다.

**바로알기** ㄴ. 흥분 전달은 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단(B)에서 시냅스 이후 뉴런의 가지 돌기(A) 쪽으로 일어난다.

### 07 꼼꼼 문제 분석



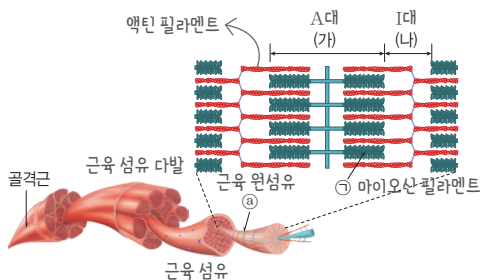
근수축은 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아짐으로써 일어난다. 그 결과 H대와 I대의 길이는 모두 짧아지지만, A대의 길이는 변하지 않는다.

ㄱ. A대는 마이오신 필라멘트가 있는 부분으로 근육 수축과 이완 시 길이 변화가 없다. 따라서 A대의 길이는 근육 수축 상태인 ㉠과 근육 이완 상태인 ㉡에서 동일하다.

ㄷ. 근육 원섬유에서 A대(암대)와 I대(명대)가 반복되므로 골격근인 ㉠에는 가로무늬가 나타난다.

**바로알기** ㄴ. 팔을 구부리면 근육 ㉠은 수축하며, 근육 수축 시 마이오신 필라멘트만 있는 H대의 길이는 짧아진다.

### 08 꼼꼼 문제 분석



골격근 > 근육 섬유 다발 > 근육 섬유(다핵성 근육 세포) > 근육 원섬유(마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트로 구성)

ㄴ. ㉠은 마이오신 필라멘트이다. 근수축 시 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트(㉡) 자체는 수축하지 않으므로 그 길이는 변하지 않는다.

ㄷ. (가)는 마이오신 필라멘트가 있는 부분인 A대, (나)는 액틴 필라멘트만 있는 부분인 I대이다. 골격근 수축 시 근육 원섬유 마디의 길이가 짧아지는데, 이때 A대의 길이는 변하지 않고 I대의 길이는 짧아진다. 따라서 골격근이 수축하면 (가)의 길이 (나)의 길이 는 증가한다.

**바로알기** ㄱ. ㉡는 근육 원섬유이다. 근육 원섬유는 굵은 마이오신 필라멘트와 가는 액틴 필라멘트로 구성된다.

### 09 꼼꼼 문제 분석

시점	X의 길이	H대의 길이
이완 ↓ $t_1$	? 2.4	0.2
↓ $t_2$	2.8	0.6

(단위:  $\mu\text{m}$ )

ㄴ.  $t_1$ 에서  $t_2$ 로 될 때 H대의 길이가  $0.4 \mu\text{m}$  증가하였으므로, X의 길이도  $0.4 \mu\text{m}$  증가하였다. 따라서  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $2.8 \mu\text{m} - 0.4 \mu\text{m} = 2.4 \mu\text{m}$ 이다.

ㄷ. 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 접치는 부분은 A대에서 관찰되므로, 그림은 A대에서 관찰되는 단면이다.

**바로알기** ㄱ.  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 H대의 길이가 짧은 것으로 보아  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 근수축 상태임을 알 수 있다. 근수축이 일어나면 액틴 필라멘트가 마이오신 필라멘트 사이로 미끄러져 들어가 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 접치는 부분이 증가하므로, ㉡는  $t_2$ , ㉢는  $t_1$ 이다.

10 학생 A: 중간뇌, 뇌교, 연수는 뇌줄기에 속한다.

학생 C: 대뇌 겉질은 주로 신경 세포체가 모인 회색질이다.

**바로알기** 학생 B: 사람에서 뇌 신경은 좌우 12쌍, 척수 신경은 좌우 31쌍으로 구성된다.

11 ㉡ B는 간뇌이며, 시상과 시상 하부로 구분된다.

**바로알기** ㉠ A는 대뇌이며, 대뇌는 추리, 기억, 상상, 언어 등 정신 활동을 담당하는데, 이러한 활동은 대부분 대뇌 겉질에서 일어난다.

㉢ C는 안구 운동과 호흡 운동을 조절하는 중간뇌이다. 항상성 유지는 간뇌(B)의 시상 하부가 관여한다.

㉣ D는 몸의 평형을 유지하는 소뇌이다. 기능에 따라 감각령, 연합령, 운동령으로 구분되는 뇌는 대뇌(A)이다.

㉤ E는 신경의 좌우 교차가 일어나고, 심장 박동, 호흡 운동 등의 중추인 연수이다. 무릎 반사의 중추는 척수이다.

12 ㉡ B는 전근을 이루는 운동 뉴런이며, 운동 뉴런의 신경 세포체는 척수의 속질(회색질)에 존재한다.

**바로알기** ㉠ A는 고무망치의 자극으로 발생한 흥분을 척수로 전달하는 감각 뉴런이다.

- ③ 감각 뉴런(A)은 구심성 신경에 속하고, 운동 뉴런(B)은 원심성 신경 중 체성 신경계에 속한다.
- ④ 근육의 수축과 이완이 일어날 때 마이오신 필라멘트의 길이는 변화 없다. 따라서 무릎 반사(㉔)가 일어나는 동안 ㉑의 근육 원섬유 마디에서 마이오신 필라멘트의 길이는 변하지 않는다.
- ⑤ 무릎 반사의 중추는 척수이며, 척수는 뇌줄기를 구성하지 않는다.

**13** ㄱ. A는 신경 세포체가 축삭 돌기의 한쪽에 치우쳐 있으므로 감각 뉴런이다.

ㄴ. B는 척수의 속질이므로 회색질이다.

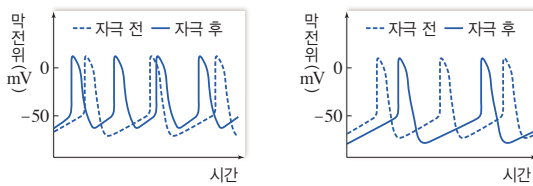
**바로알기** ㄷ. C와 D는 척수와 소장 사이에 시냅스를 형성하므로 자율 신경이다. 체성 신경이 의식적인 골격근의 반응을 조절한다.

**14** ㄱ. A와 B는 중추에서 나와 심장에 이르기까지 2개의 뉴런으로 구성되므로 자율 신경이며, A는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으므로 교감 신경, B는 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길므로 부교감 신경이다. 심장에 연결된 교감 신경(A)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 척수에 있다.

**바로알기** ㄴ. 심장에 연결된 부교감 신경(B)이 흥분하면 심장 박동이 억제된다.

ㄷ. C는 신경 세포체가 축삭 돌기의 한쪽에 치우쳐 있으므로 감각 신경이고, D는 중추 신경계에 신경 세포체가 있고 축삭 돌기 말단이 팔 골격근에 있으므로 운동 신경이다. 감각 신경(C)에서 발생한 흥분은 중추 신경계로 이동하고, 운동 신경(D)에서 발생한 흥분은 반응기(팔 골격근)로 이동한다. 따라서 C와 D에서 흥분의 이동 방향은 서로 반대이다.

**15** **꼼꼼 문제 분석**



(가) A를 자극했을 때 활동 전위 발생 빈도 증가 → 심장 박동 촉진 → A는 교감 신경  
(나) B를 자극했을 때 활동 전위 발생 빈도 감소 → 심장 박동 억제 → B는 부교감 신경

ㄱ. (가)에서 A를 자극했을 때 심장 세포에서의 활동 전위 발생 빈도가 증가하므로 심장 박동이 촉진된다. (나)에서 B를 자극했을 때 심장 세포에서의 활동 전위 발생 빈도가 감소하므로 심장 박동이 억제된다. 따라서 A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다.

ㄴ. 부교감 신경(B)의 신경절 이후 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 아세틸콜린이다.

ㄷ. 교감 신경(A)과 부교감 신경(B)은 심장 박동 속도를 반대로 조절함으로써 서로의 효과를 줄이는 길항 작용을 한다.

**16** ㄷ. (다)는 대뇌의 뉴런이 파괴되어 뇌 조직이 오프리들면서 지적 기능이 쇠퇴되는 질환인 알츠하이머병으로, 중추 신경계 이상에 의한 질환이다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 운동 신경이 선택적으로 파괴되면서 근육 약화가 나타나는 질환인 근위축성 측삭 경화증으로, 말초 신경계의 이상에 의한 질환이다.

ㄴ. (나)는 뇌에서 도파민을 분비하는 뉴런이 파괴되어 운동 장애가 나타나는 질환인 파킨슨병으로, 중추 신경계의 이상에 의한 질환이다.

**17** 활동 전위 발생 시 닫혀 있던  $Na^+$  통로가 열리면서  $Na^+$ 의 막 투과도가 증가하고,  $Na^+$ 이 세포 안으로 급격하게 확산하면서 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다. 열린  $Na^+$  통로가 닫히고, 닫혀 있던  $K^+$  통로가 열리면서  $K^+$ 의 막 투과도가 증가하고,  $K^+$ 이 세포 밖으로 확산하면서 막전위가 하강하는 재분극이 일어난다.  $t_1$ 일 때는 탈분극,  $t_2$ 일 때는 재분극 상태이다.

**모범 답안**  $Na^+$ 의 막 투과도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 크고,  $K^+$ 의 막 투과도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

채점 기준	배점
$Na^+$ 의 막 투과도와 $K^+$ 의 막 투과도를 모두 옳게 비교하여 서술한 경우	100 %
$Na^+$ 의 막 투과도와 $K^+$ 의 막 투과도 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

**18** ㉠+㉡은 I대이며 근수축이 일어날 때 I대의 길이는 짧아진다. 따라서  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 근수축 상태이다. I대(㉠+㉡)의 길이가  $t_1$ 일 때에는  $0.2 \mu m$ ,  $t_2$ 일 때에는  $0.6 \mu m$ 이므로  $t_2$ 일 때 H대의 길이는  $t_1$ 일 때보다  $0.4 \mu m$  증가한다. 따라서  $t_2$ 일 때 H대의 길이는  $0.6 \mu m$ 이다.  $t_2$ 일 때 X의 길이는  $2.2 \mu m$ 이고 I대(㉠+㉡)의 길이는  $0.6 \mu m$ 이므로 A대의 길이는  $1.6 \mu m (=2.2 \mu m - 0.6 \mu m)$ 이다. A대의 길이는 근육 수축과 이완 과정에서 변하지 않으므로  $t_1$ 일 때 A대의 길이도  $1.6 \mu m$ 이다. 따라서  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $1.8 \mu m (=1.6 \mu m + 0.2 \mu m)$ 이다.

**모범 답안**  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $1.8 \mu m$ ,  $t_2$ 일 때 H대의 길이는  $0.6 \mu m$ 이다.

채점 기준	배점
$t_1$ 일 때 X의 길이와 $t_2$ 일 때 H대의 길이를 모두 옳게 쓴 경우	100 %
$t_1$ 일 때 X의 길이와 $t_2$ 일 때 H대의 길이 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	50 %

**19** **모범 답안** 자극(가시에 찔림) → 피부 → A → F → E → 근육 → 반응(급히 손을 뺌)

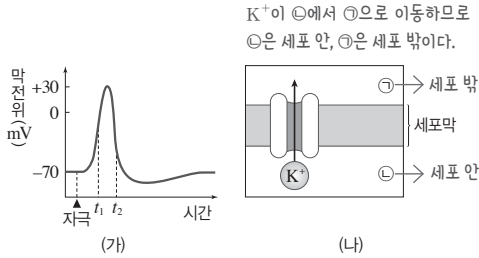
채점 기준	배점
반응 경로를 자극, 감각기, 반응기를 모두 포함하여 옳게 쓴 경우	100 %
A → F → E만 쓴 경우	70 %

수능 실전 문제

117~119쪽

- 01 ⑤    02 ①    03 ④    04 ③    05 ③    06 ③  
 07 ⑤    08 ④    09 ④    10 ③    11 ⑤

01 꼼꼼 문제 분석



- $t_1$ : 막전위가 상승하므로 탈분극이 일어나는 시기이고,  $\text{Na}^+$  통로를 통해  $\text{Na}^+$ 이 세포 밖에서 안으로 확산된다.  $\Rightarrow \text{Na}^+$ 의 막투과도가 높다.
- $t_2$ : 막전위가 하강하므로 재분극이 일어나는 시기이고,  $\text{K}^+$  통로를 통해  $\text{K}^+$ 이 세포 안에서 밖으로 확산된다.  $\Rightarrow \text{K}^+$ 의 막투과도가 높다.

선택지 분석

- ㉠  $t_1$ 일 때  $\text{Na}^+$ 은  $\text{Na}^+$  통로를 통해 ㉡에서 ㉠으로 확산된다.
- ㉡  $t_1$ 일 때 이온의  $\frac{\text{㉠에서의 농도}}{\text{㉡에서의 농도}}$ 는  $\text{Na}^+$ 이  $\text{K}^+$ 보다 크다.
- ㉢  $\text{K}^+$ 의 막 투과도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

**전략적 풀이 ①**  $\text{K}^+$  통로를 통한  $\text{K}^+$ 의 이동 방향을 파악하여 ㉠과 ㉡이 각각 세포 안과 세포 밖 중 어느 곳인지 알아낸다.

$\text{K}^+$  통로를 통해  $\text{K}^+$ 은 세포 안에서 세포 밖으로 확산되므로 ㉠은 세포 밖, ㉡은 세포 안이다.

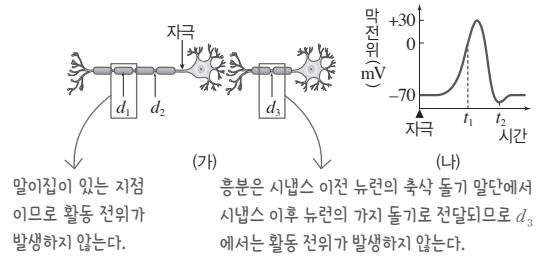
② 역치 이상의 자극을 받은 뉴런의 한 지점에서 일어나는 막전위 변화와 이온의 이동을 파악하여  $t_1$ 과  $t_2$ 에서의 이온 분포와 막 투과도를 알아낸다.

㉠.  $t_1$ 은 탈분극이 일어나는 시점이며, 이때  $\text{Na}^+$ 이  $\text{Na}^+$  통로를 통해 세포 밖(㉡)에서 안(㉠)으로 확산되어 들어와 막전위가 상승한다.

㉡. 막전위 변화와 관계없이  $\text{Na}^+$ 의 농도는 세포 밖이 세포 안보다 높고,  $\text{K}^+$ 의 농도는 세포 안이 세포 밖보다 높다. 따라서  $t_1$ 일 때  $\text{Na}^+$ 의  $\frac{\text{㉠에서의 농도}}{\text{㉡에서의 농도}}$ 는 1보다 크고,  $\text{K}^+$ 의  $\frac{\text{㉠에서의 농도}}{\text{㉡에서의 농도}}$ 는 1보다 작으므로  $\frac{\text{㉠에서의 농도}}{\text{㉡에서의 농도}}$ 는  $\text{Na}^+$ 이  $\text{K}^+$ 보다 크다.

㉢.  $\text{K}^+$  통로가 열리면  $\text{K}^+$ 의 막 투과도가 높아지는데,  $t_1$ 일 때는 탈분극 시기이므로 대부분의  $\text{K}^+$  통로는 닫혀 있고  $\text{Na}^+$  통로가 열려 있다.  $t_2$ 일 때는 재분극 시기이므로  $\text{Na}^+$  통로는 닫혀 있고  $\text{K}^+$  통로가 열려 있다. 따라서  $\text{K}^+$ 의 막 투과도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

02 꼼꼼 문제 분석



말이집이 있는 지점 이므로 활동 전위가 발생하지 않는다.      흥분은 시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 시냅스 이후 뉴런의 가지 돌기로 전달되므로  $d_3$ 에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

선택지 분석

- ㉠  $d_1$ 에는 슈반 세포가 존재한다.
- ㉡  $t_1$ 일 때  $d_3$ 에서  $\text{Na}^+$  통로를 통해  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산된다. 대부분의  $\text{Na}^+$  통로가 닫혀 있다.
- ㉢  $t_2$ 일 때  $d_2$ 에서 휴지 전위가 나타난다. 과분극이 나타난다.

**전략적 풀이 ①** (가)에서  $d_1 \sim d_3$  지점의 특징을 이해하여 (나)의 막전위 변화가  $d_1 \sim d_3$  중 어느 지점에서 일어나는지를 파악한다.

$d_1$ 은 말이집이 있는 지점이므로 활동 전위가 발생하지 않으며,  $d_2$ 는 랭비에 결절의 한 지점이므로 활동 전위가 발생한다. 흥분 전달 방향은 '시냅스 이전 뉴런의 축삭 돌기  $\rightarrow$  시냅스 이후 뉴런의 가지 돌기'이므로 그림의 위치에 역치 이상의 자극을 주어도  $d_3$ 에서는 활동 전위가 발생하지 않는다. 따라서 (나)의 막전위 변화는  $d_2$ 에서 일어난 것이다.

㉠.  $d_1$ 은 슈반 세포의 세포막이 축삭을 여러 겹으로 싸고 있는 말이집이 있는 지점으로,  $d_1$ 에는 슈반 세포가 존재한다.

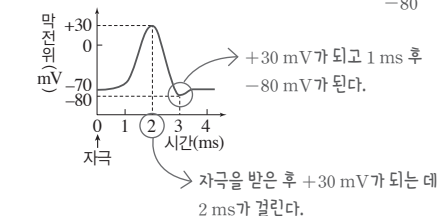
② (나)에서  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때  $d_2$ 와  $d_3$ 에서 나타나는 현상을 파악한다.

㉡.  $t_1$ 일 때  $d_3$ 에서는 분극 상태를 유지하므로 대부분의  $\text{Na}^+$  통로가 닫혀 있다.

㉢.  $t_2$ 일 때  $d_2$ 에서는 막전위가 휴지 전위(-70 mV)보다 더 낮은 상태이므로 과분극이 나타난다.

03 꼼꼼 문제 분석

자극을 준 지점	막전위(mV)	
	I $d_1$	II $d_2$
3 ms	?	+30
4 ms	+30	㉠ -80
5 ms	㉡	-70
		-80



막전위(mV) vs 시간(ms) graph. At 3ms, potential is +30 mV. At 4ms, potential is -80 mV. At 5ms, potential is -70 mV. The graph shows a peak at +30 mV and a dip at -80 mV.

**선택지 분석**

- A의 흥분 전도 속도는 1 cm/ms이다. 2 cm/ms
- ㉓와 ㉔는 같다.
- 4 ms일 때  $d_3$ 에서 재분극이 일어나고 있다.

**전략적 풀이 ①** I과 II에서의 막전위를 비교하여 A의 흥분 전도 속도를 구한 다음, I과 II가 각각 A의 어느 지점인지를 파악한다.

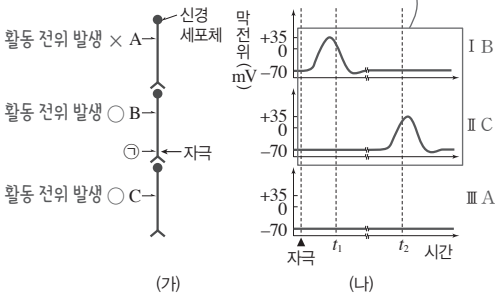
ㄱ. I과 II에서 막전위가 +30 mV인 시점이 1 ms 차이가 나며, I과 II는 각각  $d_2$ 와  $d_4$  중 하나이므로 I과 II의 거리 차이는 2 cm이다. 따라서 A의 흥분 전도 속도는  $\frac{2 \text{ cm}}{1 \text{ ms}} = 2 \text{ cm/ms}$ 이다. 4 ms일 때는 I의 막전위가 +30 mV이므로 막전위 변화는 2 ms 동안 진행된 시점이며, 자극을 준 지점으로부터 흥분이 전도되는 데 걸린 시간은  $4 \text{ ms} - 2 \text{ ms} = 2 \text{ ms}$ 이다. 그러므로 I은 자극을 준 지점으로부터 4 cm 떨어져 있다. 따라서 자극을 준 지점은  $d_1$ 이고, I은  $d_4$ , II는  $d_2$ 이다.

② A에서 활동 전위가 발생하였을 때 각 지점에서의 막전위 변화 그래프를 분석하여 ㉓와 ㉔를 구한 다음, 4 ms일 때  $d_3$ 에서의 흥분 전도 단계를 파악한다.

ㄴ. A에서 활동 전위가 발생하였을 때 각 지점에서의 막전위 변화 그래프를 보면 막전위가 +30 mV가 되고 나서 1 ms가 경과하면 -80 mV가 된다. 따라서 I( $d_4$ )과 II( $d_2$ )에서 ㉓와 ㉔는 모두 -80이다.  
 ㄷ. 4 ms일 때 I( $d_4$ )의 막전위는 +30 mV이고, II( $d_2$ )의 막전위는 -80 mV이다. 따라서  $d_3$ 의 막전위는 +30 mV와 -80 mV 사이에 있으므로, 막전위가 하강하는 재분극이 일어나고 있다.

**04 꼼꼼 문제 분석**

흥분 전도 속도는 흥분 전달 속도보다 빠르므로 C보다 B에 흥분이 먼저 도달한다. ⇒ I은 B, II는 C의 막전위 변화이다.



**선택지 분석**

- A에서의 막전위 변화는 II이다. III
- $t_1$ 일 때 B에서 휴지 전위가 나타난다. A, C
- $t_2$ 일 때 C에서 대부분의  $\text{Na}^+$  통로는 열려 있다.

**전략적 풀이 ①** (가)의 A, B, C 지점에서 일어난 막전위 변화가 (나)의 I~III 중 어느 것인지 파악한다.

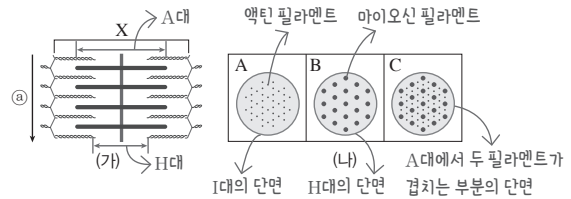
뉴런에 역치 이상의 자극을 주면 양 방향으로 흥분 전도가 일어나고, 축삭 돌기 말단에서 다른 뉴런의 신경 세포체 방향으로만 흥분 전달이 일어난다. 따라서 ㉑에 역치 이상의 자극을 주면 B와 C에서는 활동 전위가 발생하지만 A에서는 활동 전위가 발생하지 않는다. 전기적 현상에 의한 흥분 전도는 신경 전달 물질의 확산에 의한 흥분 전달보다 흥분의 이동 속도가 빠르므로 C보다 B에서 활동 전위가 먼저 발생한다.

ㄱ. A에서의 막전위 변화는 III, B에서의 막전위 변화는 I, C에서의 막전위 변화는 II이다.

②  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때 각 지점에서의 막전위를 파악하고, 이 시점에서의 이온 이동과 막전위 상태를 알아낸다.

ㄴ.  $t_1$ 일 때 B(I)에서는 막전위가 하강하므로 재분극이 일어나고 있으며, 막전위는 휴지 전위(-70 mV)보다 높다.  
 ㄷ.  $t_2$ 일 때 C(II)에서는 막전위가 상승하는 탈분극이 일어나고 있으며, 대부분의  $\text{Na}^+$  통로가 열려  $\text{Na}^+$ 이 세포 안으로 확산한다.

**05 꼼꼼 문제 분석**



**선택지 분석**

- X가 수축하면  $\frac{\text{A대의 길이}}{\text{H대의 길이}}$ 는 증가한다.
- C와 같은 단면을 갖는 부분은 I대에 존재한다. A대
- X의 길이가 10  $\mu\text{m}$  증가하면, B와 같은 단면을 갖는 부분의 길이도 10  $\mu\text{m}$  증가한다.

**전략적 풀이 ①** 근육 원섬유 마디 X가 수축할 때 A대, H대의 길이는 어떻게 변하는지 파악한다.

ㄱ. 근육 원섬유 마디 X가 수축하면 A대의 길이는 변하지 않지만, H대의 길이는 짧아진다. 따라서 X가 수축하면  $\frac{\text{A대의 길이}}{\text{H대의 길이}}$ 는 증가한다.

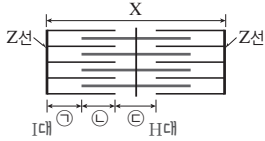
② 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트의 차이점을 파악하여 (나)의 A~C가 각각 근육 원섬유 마디 X의 단면 중 어느 부분인지 알아낸다.

ㄴ. 근육 원섬유는 굵은 마이오신 필라멘트와 가는 액틴 필라멘트로 구성된다. (나)에서 A는 가는 액틴 필라멘트만 있는 부분의 단면이므로 I대에 존재하고, B는 굵은 마이오신 필라멘트(㉑)만 있는 부분의 단면이므로 H대에 존재한다. C는 마이오신 필라멘트와 액틴 필라멘트가 겹치는 부분의 단면이므로 A대에 존재한다.



ㄷ. X의 길이가 10 μm 증가하면 액틴 필라멘트와 마이오신 필라멘트가 겹치는 부분의 길이는 10 μm 감소하고, B와 같은 단면을 갖는 부분(H대)의 길이는 10 μm 증가한다.

### 06 품공 문제 분석



- 골격근 수축 과정의 시점  $t_1$ 일 때 ㉠~㉢의 길이는 순서 없이 ㉠,  $5d$ ,  $9d$ 이고, 시점  $t_2$ 일 때 ㉠~㉢의 길이는 순서 없이 ㉢,  $3d$ ,  $5d$ 이다. ㉠+㉡+㉢의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다  $6d$ 만큼 길다.  $\Rightarrow t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 골격근이 수축한 상태이다.

#### 선택지 분석

- ㉠  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $23d$ 이다.
- ~~㉡~~ ㉡의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다  $4d$  짧다.  $3d$
- ㉢  $t_2$ 일 때  $\frac{A대의 길이+㉡의 길이}{H대의 길이}$ 는 6이다.

**전략적 풀이 ①** 제시된 자료를 분석하여  $t_1$ 과  $t_2$ 일 때의 ㉠~㉢의 길이와 X의 길이를 파악한다.

$t_1$ 일 때 ㉠+㉡+㉢의 길이는 ㉠+ $5d$ + $9d$ 이고,  $t_2$ 일 때 ㉠+㉡+㉢의 길이는 ㉢+ $3d$ + $5d$ 이다. 따라서  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다  $6d$ 만큼 길므로  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 수축한 상태이다. 근수축이 일어날 때 액틴 필라멘트(㉠+㉡)의 길이는 변하지 않으므로  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때의 ㉠+㉡+㉢의 길이 차이  $6d$ 는 ㉢의 길이 변화량이다. 근수축 시 X의 길이 변화량은 ㉢의 길이 변화량과 같고, ㉠의 길이 변화량은 ㉢의 길이 변화량의  $\frac{1}{2}$ 만큼 감소, ㉡의 길이 변화량은 ㉢의 길이 변화량의  $\frac{1}{2}$ 만큼 증가하므로,  $t_1$ 일 때와  $t_2$ 일 때의 ㉠~㉢의 길이는 다음과 같다.

시점	㉠의 길이	㉡의 길이	㉢의 길이
$t_1$	$5d$	㉠( $2d$ )	$9d$
$t_2$	㉢( $2d$ )	$5d$	$3d$

ㄱ.  $t_1$ 일 때 X의 길이는  $2(㉠+㉡)+㉢$ 의 길이= $2(5d+2d)+9d=23d$ 이다.

ㄴ. ㉡의 길이는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다  $3d$  짧다.

② A대와 H대가 ㉠~㉢ 중 어디에 해당하는지를 파악하고,  $t_2$ 일 때의 A대의 길이와 H대의 길이를 구한다.

ㄷ.  $t_2$ 일 때 A대의 길이는  $2(㉡+㉢)$ 의 길이= $10d+3d=13d$ 이고, H대는 ㉢이므로  $t_2$ 일 때 H대의 길이는  $3d$ 이다. 따라서  $t_2$ 일 때  $\frac{A대의 길이+㉡의 길이}{H대의 길이} = \frac{13d+5d}{3d} = 6$ 이다.

### 07 품공 문제 분석

구조	특징	㉠	㉡	㉢
대뇌 A		×	?×	○
중간뇌 B		○	○	×
척수 C		?×	○	×

(○: 있음, ×: 없음)

(가)

특징(㉠~㉢)
• 뇌줄기를 구성한다. 중간뇌-㉠
• 수의 운동의 중추이다. 대뇌-㉡
• 부교감 신경이 나온다. 중간뇌, 척수-㉢

(나)

#### 선택지 분석

- ㉠ ㉠은 '뇌줄기를 구성한다.'이다.
- ㉡ A는 청각 기관으로부터 오는 정보를 받아들이는 영역이 있다.
- ㉢ C는 뜨거운 냄비를 만졌을 때 무의식적으로 팔을 들어 올리는 반응의 중추이다.

**전략적 풀이 ①** 대뇌, 중간뇌, 척수가 각각 어떤 특징을 가지는지 생각해 주어 특징 ㉠~㉢과 A~C가 각각 무엇인지 파악한다.

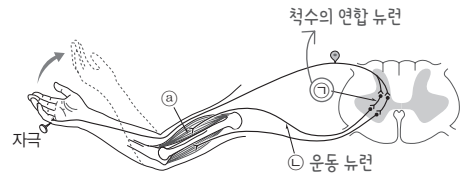
ㄱ. 대뇌, 중간뇌, 척수 중 뇌줄기를 구성하는 것은 중간뇌이고, 수의 운동의 중추는 대뇌이며, 부교감 신경이 나오는 것은 중간뇌와 척수이다. 따라서 특징 ㉡은 '부교감 신경이 나온다.'이고, 특징 ㉢은 '수의 운동의 중추이다.'이며, 나머지 특징 ㉠은 '뇌줄기를 구성한다.'이고, A는 대뇌, B는 중간뇌, C는 척수이다.

② 각 중추 신경계의 특징을 이해한다.

ㄴ. 대뇌(A)는 감각의 중추로, 감각 기관인 청각 기관으로부터 오는 정보를 받아들이는 영역인 감각영역이 있다.

ㄷ. 뜨거운 냄비를 만졌을 때 무의식적으로 팔을 들어 올리는 반응은 회피 반사이며, 회피 반사의 중추는 척수(C)이다.

### 08 품공 문제 분석



- 회피(움츠림) 반사의 경로: 자극(핀에 찔림) → 감각기(피부) → 감각 뉴런 → 척수 → 운동 뉴런 → 반응기(근육) → 반응(팔을 들어올림)
- 근육 ㉠이 수축할 때 근육 원섬유 마디의 길이는 짧아진다.  $\Rightarrow$  A대의 길이는 변하지 않으며, I대, H대의 길이는 모두 짧아진다.

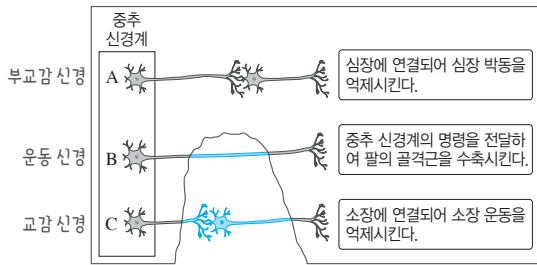
#### 선택지 분석

- ~~㉠~~ ㉠은 척수의 백색질에 존재한다. 회색질
- ㉡ ㉡은 체성 신경계에 속한다.
- ㉢ 자극이 주어지면 ㉠의 근육 원섬유 마디에서 H대와 I대의 길이는 모두 짧아진다.

**전략적 풀이** ① 흥분 전달 경로에서 ㉠과 ㉡이 각각 무엇인지 파악한다. 날카로운 핀에 손이 찔렸을 때 자신도 모르게 손을 들어올리는 반응은 회피 반사(움츠림 반사)로, '감각 뉴런 → 척수 → 운동 뉴런' 순으로 일어난다. 따라서 ㉠은 척수의 연합 뉴런이고, ㉡은 운동 뉴런이다.

- ㄱ. ㉠은 척수의 속질인 회색질에 존재한다.
- ㄴ. ㉡은 골격근에 연결된 운동 뉴런이므로 체성 신경계에 속한다.
- ② 근수축이 일어날 때 H대와 I대의 길이 변화를 파악한다.
- ㄷ. 근육 ㉢가 수축할 때 ㉢를 구성하는 근육 원섬유 마디의 길이는 짧아지며, 이때 마이오신 필라멘트만 있는 H대와 액틴 필라멘트만 있는 I대의 길이는 모두 짧아진다.

**09** **꼼꼼 문제 분석**



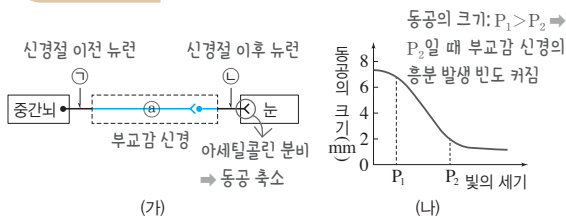
**선택지 분석**

- ㉠ A는 자율 신경계에 속한다.
- ㉡ B는 대뇌의 지배를 받는다.
- ㉢ C는 2개의 뉴런으로 연결되며, 신경절 이후 뉴런의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다. **노르에피네프린**

**전략적 풀이** ① 말초 신경계에 속하는 A~C가 각각 어떤 신경인지를 파악하고, 그 특징을 이해한다.

- A는 부교감 신경, B는 운동 신경, C는 교감 신경이다.
- ㄱ. A(부교감 신경)와 C(교감 신경)는 자율 신경계에 속한다.
- ㄴ. B는 의식적인 골격근의 반응을 조절하는 운동 신경이므로, 대뇌의 지배를 받는다.
- ② 교감 신경의 구조와 신경절에서 분비되는 신경 전달 물질을 이해한다.
- ㄷ. 교감 신경(C)은 2개의 뉴런으로 연결되며, 신경절 이전 뉴런의 말단에서는 아세틸콜린이, 신경절 이후 뉴런의 말단에서는 노르에피네프린이 분비된다.

**10** **꼼꼼 문제 분석**



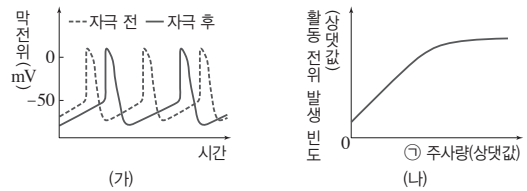
**선택지 분석**

- ㉠ ㉠은 교감 신경을 구성한다. **부교감**
- ㉡ ㉠과 ㉡의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 서로 **다**르다. **같다**
- ㉢ ㉡에서의 흥분 발생 빈도는  $P_2$ 일 때가  $P_1$ 일 때보다 **크다**.

**전략적 풀이** ① ㉠과 ㉡이 어느 자율 신경을 이루는 뉴런인지 파악한다.

- ㄱ. 중간뇌와 눈을 연결하는 자율 신경은 부교감 신경이므로, ㉠은 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런, ㉡은 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런이다.
- ㄴ. 부교감 신경의 신경절 이전 뉴런(㉠)과 신경절 이후 뉴런(㉡)의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질은 모두 아세틸콜린이다.
- ② 자율 신경이 동공의 크기를 어떻게 조절하는지 이해하고,  $P_1$ 과  $P_2$ 일 때의 동공의 크기를 비교하여 ㉡에서의 흥분 발생 빈도를 파악한다.
- ㄷ. 홍체에 연결된 부교감 신경이 흥분하면 동공의 크기가 감소한다. (나)에서 동공의 크기는  $P_1 > P_2$ 이므로, 부교감 신경의 신경절 이후 뉴런(㉡)에서의 흥분 발생 빈도는  $P_1 < P_2$ 이다.

**11** **꼼꼼 문제 분석**



A를 자극했을 때 활동 전위 발생 빈도가 감소하였다.  $\Rightarrow$  심장 박동이 억제된다.  $\Rightarrow$  A는 부교감 신경이다. 
 ㉠의 주사량이 증가하면 활동 전위 발생 빈도가 증가한다.  $\Rightarrow$  심장 박동수가 증가한다.

**선택지 분석**

- ㉠ A의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.
- ㉡ B는 말초 신경계에 속한다.
- ㉢ ㉠이 작용하면 심장 박동 수가 증가한다.

**전략적 풀이** ① 자극 전과 후 활동 전위 발생 빈도를 비교하여 자율 신경 A와 B가 각각 무엇인지 파악한다.

- (가)에서 A를 자극했을 때 심장 세포에서의 활동 전위 발생 빈도가 감소하므로 심장 박동이 억제된다. 따라서 A는 부교감 신경이고, B는 교감 신경이다.
- ㄱ. 심장에 연결된 부교감 신경(A)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.
- ㄴ. 교감 신경(B)은 자율 신경으로, 말초 신경계에 속한다.
- ② 물질 ㉠의 주사량에 따른 활동 전위 발생 빈도 변화를 분석하여 ㉠이 어떤 영향을 주는지 파악한다.
- ㄷ. (나)에서 ㉠을 주사하면 심장 세포에서의 활동 전위 발생 빈도가 증가하므로, ㉠이 작용하면 심장 박동 수가 증가한다.

## 2 호르몬과 항상성

### 1 항상성 유지

#### 개념 확인 문제

124쪽

- ① 표적 세포(표적 기관)    ② 느리다    ③ 빠르다    ④ 갑상샘  
 ⑤ 전엽    ⑥ 후엽    ⑦ 당뇨병

- 1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 ㉠ 빠르, ㉡ 느리    3 (1) ○ (2) × (3) ○    4 (1) ㉠ (2) ㉡ (3) ㉢ (4) ㉣ (5) ㉤    5 ㉠ 글루카곤, ㉡ 인슐린    6 성장 호르몬

- 1 (1) 호르몬은 특정 호르몬의 수용체가 있는 표적 세포, 표적 기관에만 작용한다.  
 (2) 호르몬은 내분비샘에서 생성되며, 혈액을 따라 이동한다.  
 (3) 호르몬은 매우 적은 양으로 생리 작용을 조절하며, 결핍증과 과다증이 있다.

- 2 신경은 직접 연결된 세포에 작용하므로 신호 전달 속도가 빠르지만, 호르몬은 혈액을 따라 이동하면서 표적 세포에 작용하므로 신호 전달 속도가 느리다.

- 3 (1) 간뇌의 시상 하부는 호르몬의 분비를 조절하는 중추로서 항상성 유지에 관여한다.  
 (2) 옥시토신은 자궁 수축을 촉진한다. 사람의 2차 성징 발현에 관여하는 호르몬에는 테스토스테론과 에스트로젠이 있다.  
 (3) 이자에서 분비되는 글루카곤과 부신 속질에서 분비되는 에피네프린은 모두 혈당량을 증가시키는 호르몬이다.

- 4 (1) 이자에서는 인슐린과 글루카곤이 분비된다.  
 (2) 갑상샘에서는 티록신과 칼시토닌이 분비된다.  
 (3) 부신 속질에서는 에피네프린이 분비된다.  
 (4), (5) 뇌하수체 전엽에서는 성장 호르몬, 갑상샘 자극 호르몬, 생식샘 자극 호르몬, 부신 겉질 자극 호르몬 등이 분비되며, 뇌하수체 후엽에서는 항이노 호르몬과 옥시토신이 분비된다.

- 5 이자에서는 인슐린과 글루카곤이 분비된다. 인슐린은 혈당량을 감소시키고, 글루카곤은 혈당량을 증가시킨다.

- 6 거인증은 성장 호르몬이 과다하게 분비되어 나타나는 질환으로 키가 비정상적으로 많이 자라며, 소인증은 성장 호르몬이 결핍되어 나타나는 질환으로 뼈와 근육의 발달이 미흡하여 키가 잘 자라지 않는다.

#### 개념 확인 문제

128쪽

- ① 음성 피드백(음성 되먹임)    ② 시상 하부    ③ 티록신  
 ④ 높아    ⑤ 낮아

- 1 음성 피드백(음성 되먹임)    2 (1) 음성 피드백(음성 되먹임)  
 (2) ㉠ 시상 하부, ㉡ 뇌하수체 전엽 (3) 높아 (4) ㉠ 높아, ㉡ 억제  
 (5) 갑상샘종    3 ㉠, ㉡    4 A: 인슐린, B: 글루카곤, C: 에피네프린    5 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○

- 2 (1) (가)는 티록신의 분비량 증가가 원인이 되어 티록신의 분비를 억제하는 작용이므로, (가)에 해당하는 조절 작용은 음성 피드백(음성 되먹임)이다.

- (2) 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)은 시상 하부에서 분비되어 뇌하수체 전엽을 자극하여 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비를 촉진한다.

- (3) 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)은 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비를 촉진하고, 갑상샘 자극 호르몬(TSH)은 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 따라서 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)의 분비가 촉진되면 티록신의 혈중 농도가 높아진다.

- (4) 티록신의 혈중 농도가 과다하게 높아지면 음성 피드백으로 시상 하부에서 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)의 분비가 억제되고, 그 결과 뇌하수체 전엽에서 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비가 억제된다.

- (5) 갑상샘종은 갑상샘이 비대해지는 질병으로, 티록신의 주성분인 아이오딘의 섭취가 오랫동안 부족했을 때 나타난다.

- 3 길항 작용이란 같은 기관에 작용하여 서로 반대 효과를 나타내는 것이다. 인슐린과 글루카곤은 모두 간에 작용하여 인슐린은 혈당량을 감소시키고, 글루카곤은 혈당량을 증가시킨다. 교감 신경과 부교감 신경은 심장, 방광 등에 분포하여 교감 신경은 긴장 상태로, 부교감 신경은 안정 상태로 기관의 작용을 조절한다. 한편, 갑상샘 자극 호르몬(TSH)은 갑상샘을 자극하고 티록신은 물질대사를 촉진하므로 서로 반대 효과를 나타내지 않는다.

- 4 이자의 β세포에서 분비되는 인슐린은 혈당량을 감소시키고, 이자의 α세포에서 분비되는 글루카곤과 부신 속질에서 분비되는 에피네프린은 혈당량을 증가시킨다.

- 5 (1) 식사 후 혈당량이 정상 수준보다 높아지면 혈당량을 낮추기 위해 이자의 β세포에서 인슐린의 분비가 촉진된다.

- (2) 운동을 하면 혈당량이 정상 수준보다 낮아져 글루카곤의 분비가 촉진되므로 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정이 촉진된다.

- (4) 글루카곤의 분비가 촉진되면 간에서 글리코젠이 포도당으로 분해되어 혈액으로 방출됨으로써 혈당량이 증가한다.

## 개념 확인 문제

131쪽

- ① 촉진   ② 감소   ③ 증가   ④ 증가   ⑤ 증가   ⑥ 감소  
⑦ 감소

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×   2 A: 교감, B: 에피네프린, C: 티록신   3 (1) ㉠ 감소, ㉡ 높아, ㉢ 높아 (2) ㉠ 증가, ㉡ 낮아, ㉢ 낮아   4 감소한다.   5 d, e

1 (1), (3) 날씨가 추워져 체온이 정상보다 낮아지면 열 발생량을 증가시키기 위해 몸 떨림과 같은 근육 운동이 활발해진다. 또한 피부 근처 혈관이 수축하여 몸 표면을 통한 열 발산량이 감소한다.

(4) 티록신은 물질대사를 촉진하므로 체온이 정상보다 높아지면 티록신의 분비량이 감소하여 열 발생량이 감소한다.

2 날씨가 추워져 체온이 낮아지면 교감 신경의 작용 강화로 피부 근처 혈관이 수축하여 열 발산량을 감소시키고, 부신 속질에서의 에피네프린 분비량 증가와 갑상샘에서의 티록신 분비량 증가로 열 발생량을 증가시킨다.

3 체내 수분량이 감소하면 체액의 농도가 높아져 혈장 삼투압이 높아지며, 체내 수분량이 증가하면 체액의 농도가 낮아져 혈장 삼투압이 낮아진다.

4 물을 많이 마시면 혈장 삼투압이 정상보다 낮아져 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 감소한다.

5 혈장 삼투압이 정상 수준보다 높으면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다. 그 결과 같은 시간 동안 생성되는 오줌양은 감소하고 체내 수분량이 증가하여 혈장 삼투압이 정상 수준으로 회복된다.

## 대표 자료 분석

132~133쪽

- 자료 ①** 1 ㉠ 뇌하수체 전엽, ㉡ 갑상샘   2 음성 피드백  
3 TRH: 감소한다. TSH: 감소한다.   4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○
- 자료 ②** 1 ㉠ 인슐린, ㉡ 글루카곤   2 ㉠ β세포, ㉡ α세포  
3 B   4 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ○ (6) ○
- 자료 ③** 1 ㉠   2 A: 땀 분비량, B: 열 발생량   3 간뇌의 시상 하부   4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○
- 자료 ④** 1 항이뇨 호르몬(ADH)   2 II   3 I   4 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○

1-1 TRH(갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬)의 표적 기관(㉠)은 뇌하수체 전엽이고, TSH(갑상샘 자극 호르몬)의 표적 기관(㉡)은 갑상샘이다.

1-2 TRH와 TSH의 분비량 증가(원인)로 혈액 속 티록신의 분비량이 증가(결과)하고, 티록신의 분비량 증가로 TRH와 TSH의 분비량이 억제됨으로써 혈액 속 티록신의 농도가 일정하게 유지된다. 이와 같이 어떤 원인으로 나타난 결과가 원인을 다시 억제하는 조절 원리를 음성 피드백이라고 한다.

1-3 혈관에 티록신을 주사하면 혈액 속 티록신의 농도가 높아지므로 음성 피드백에 의해 TRH와 TSH의 분비가 모두 억제되어 분비량이 감소한다.

1-4 (1) TSH는 갑상샘을 자극하는 호르몬이므로 표적 기관은 갑상샘이다.

(2) 갑상샘에서의 티록신 분비량은 음성 피드백으로 조절되어 혈액 속 티록신의 농도가 일정하게 유지된다.

(3) 티록신은 물질대사를 촉진하는 호르몬이다.

(4) TRH는 뇌하수체 전엽을 자극하여 TSH의 분비를 촉진하고, TSH는 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 따라서 TRH의 분비량이 증가하면 티록신의 분비량이 증가한다.

(5) 티록신의 분비량이 정상 수준보다 적으면 TRH의 분비량이 증가하여 뇌하수체 전엽을 자극한다.

(6) 갑상샘종은 갑상샘이 비대해지는 질병으로, 티록신의 주성분인 아이오딘의 섭취가 오랫동안 부족했을 때 나타난다.

2-1 (가)에서 정상인이 탄수화물을 섭취하여 혈당량이 증가하면 혈중 인슐린의 농도는 증가하고, 혈중 글루카곤의 농도는 감소한다. 따라서 ㉠은 인슐린, ㉡은 글루카곤이다.

2-2 인슐린(㉠)은 이자의 β세포에서, 글루카곤(㉡)은 이자의 α세포에서 분비된다.

2-3 혈당량이 낮을 때는 글루카곤(㉡)의 분비량이 증가하여 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정(B)이 촉진된다.

2-4 (1) 인슐린(㉠)과 글루카곤(㉡)은 모두 간에 작용하여, 인슐린(㉠)은 혈당량을 감소시키고 글루카곤(㉡)은 혈당량을 증가시킨다. 따라서 인슐린(㉠)과 글루카곤(㉡)은 혈중 포도당 농도 조절에 길항적으로 작용한다.

(2) 혈중 포도당 농도가 높을수록 인슐린(㉠)의 혈중 농도가 높다. 따라서 혈중 포도당 농도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.

(3) 인슐린(㉠)은 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정(A)과 세포로의 포도당 흡수를 촉진하여 혈당량을 감소시킨다.



- (4) 정상인에서 혈중 포도당 농도가 증가하면 이를 정상 수준으로 회복시키기 위해 인슐린의 분비가 촉진된다.
- (5) 글리코젠의 합성은 인슐린에 의해 촉진되므로, 간에서 단위 시간당 합성되는 글리코젠의 양은 혈중 인슐린(㉠)의 농도가 높은  $t_1$ 일 때가 혈중 인슐린(㉡)의 농도가 낮은  $t_2$ 일 때보다 많다.
- (6) 인슐린(㉠)이 생성되지 못하면 혈중 포도당의 농도가 높게 나타나 오줌으로 포도당이 빠져나가는 당뇨병에 걸릴 수 있다.

**3-1** ㉠일 때 체온이 높아지므로 ㉡은 '체온보다 높은 온도의 물에 들어갔을 때'이다.

**3-2** 체온이 정상 수준보다 높아지면(㉠) 땀 분비량이 증가하여 열 발산량이 증가하고, 열 발생량은 감소한다. 반면, 체온이 정상 수준보다 낮아지면(㉡) 땀 분비량이 감소하여 열 발산량이 감소하고, 열 발생량은 증가한다. 따라서 A는 땀 분비량, B는 열 발생량이다.

**3-3** 체온 변화 감지와 체온 조절의 중추는 간뇌의 시상 하부이다.

**3-4** (1), (2) 체온 조절의 중추인 간뇌의 시상 하부가 체온보다 높은 온도를 감지하면 땀 분비량을 증가시키고 피부 근처 혈관을 확장시켜 열 발산량을 증가시킨다. 반대로, 시상 하부가 체온보다 낮은 온도를 감지하면 골격근의 떨림과 같은 근육 운동을 통해 열 발생량을 증가시킨다.

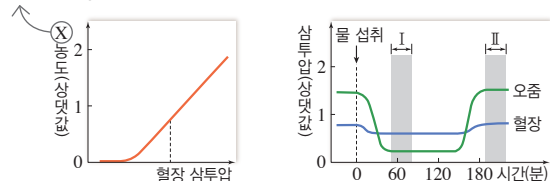
(3) 구간 I에서는 땀 분비량(A)이 많고, 구간 II에서는 땀 분비량(A)이 적다. 따라서 열 발산량은 구간 I에서가 구간 II에서보다 많다.

(4) 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량이 증가하면 열 발산량이 증가한다. 열 발산량 증가는 체온이 높아졌을 때 일어나므로, 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 ㉠일 때가 ㉡일 때보다 많다.

(5) ㉡일 때(체온이 낮아졌을 때) 교감 신경의 작용 강화로 피부 근처 혈관이 수축하여 열 발산량이 감소된다.

**4-1** **꼼꼼 문제 분석**

혈장 삼투압이 높아질수록 혈중 농도가 높아지므로 항이뇨 호르몬이다.  
 물 섭취 → 체내 수분량 증가 → 혈장 삼투압 낮아짐 → ADH 분비량 감소 → 콩팥에서 수분 재흡수량 감소 → 오줌양 증가, 오줌 삼투압 낮아짐, 혈장 삼투압 높아짐



혈장 삼투압이 높아질수록 X의 혈중 농도가 높아지므로 X는 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

**4-2** 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가하면 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하므로 오줌 생성량은 감소하고, 오줌 삼투압은 높아진다. 따라서 호르몬 X의 분비량이 더 많은 구간은 오줌 삼투압이 높은 II이다.

**4-3** 다량의 물을 섭취하면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하여 오줌 생성량이 증가하고, 오줌 삼투압은 낮아진다. 따라서 구간 I에서가 구간 II에서보다 오줌 생성량이 많다.

**4-4** (1) 항이뇨 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하므로, 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가하면 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다.

(2) 혈장 삼투압이 정상 수준보다 낮아지면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하고, 콩팥에서의 수분 재흡수량도 줄어든다. 그 결과 오줌 생성량은 증가한다.

(3) 물을 많이 마시면 혈장 삼투압이 낮아지므로 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량은 감소하고, 오줌 생성량은 증가한다.

(4) 짠 음식을 많이 섭취하면 혈장 삼투압이 높아지므로 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 촉진된다. 그 결과 콩팥에서 수분 재흡수량이 많아지므로 체내 수분량이 증가한다.

**내신 안정 문제**

134~137쪽

01 ②	02 ②	03 ⑤	04 ②	05 ①	06 해설 참조
07 ①	08 ⑤	09 ③	10 ⑤	11 ②	12 ④
13 ③	14 (가), (나), (라)	15 ②	16 ④	17 ③	18 ③

**01** ①, ③ 호르몬은 혈액을 따라 온몸으로 운반되며, 신경에 비해 작용 범위가 넓고 오래 지속된다.

④ 호르몬의 작용을 받는 세포(기관)를 표적 세포(표적 기관)라고 하며, 호르몬은 표적 세포(표적 기관)에만 작용한다.

⑤ 매우 적은 양의 호르몬에도 표적 세포는 반응을 나타내며, 분비량에 따라 결핍증과 과다증이 나타날 수 있다.

**바로알기** ② 호르몬은 내분비샘에서 생성·분비되어 특정 조직이나 기관의 기능을 조절하는 화학 물질이다.

## 02 꼼꼼 문제 분석

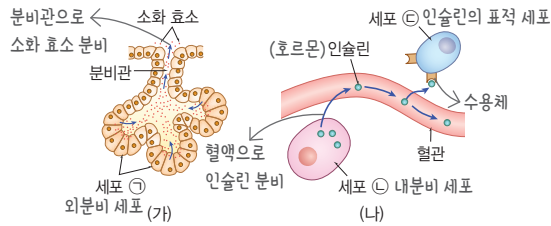


그림 (가)는 외분비샘을 이루는 외분비 세포(㉠)에서 분비관을 통해 소화 효소가 분비되는 과정이고, (나)는 내분비샘을 이루는 내분비 세포(㉡)에서 인슐린이 혈액으로 분비되어 표적 세포(㉢)에 작용하는 과정이다.

나. ㉢에는 인슐린의 수용체가 있으므로, ㉢은 인슐린의 표적 세포이다.

**바로알기** 가. (가)에서 소화 효소가 분비관을 통해 분비되므로, ㉠은 외분비샘을 이루는 세포이다. 내분비샘을 이루는 세포(㉡)에서는 분비관 없이 혈액으로 호르몬을 분비한다.

다. 소화 효소는 소화관으로 분비되며, 인슐린은 혈액으로 분비된다.

**03** 가. (가)는 뉴런에서의 흥분 전도와 시냅스를 통한 흥분 전달에 의해 신호가 전달되므로, 신경에 의한 신호 전달이다. (나)는 내분비 세포에서 분비된 호르몬이 혈액을 따라 이동하여 표적 세포에 작용하므로, 호르몬에 의한 신호 전달이다.

나. 신경에 의한 신호 전달 과정은 빠르게 일어나고, 호르몬에 의한 신호 전달 과정은 느리게 일어난다.

다. (가)에서는 뉴런의 축삭 돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질에 의해 신호 전달이 일어나며, (나)에서는 화학 물질인 호르몬에 의해 신호 전달이 일어난다.

**04** ② B는 뇌하수체 전엽이며, 부신(D)의 겉질을 자극하는 부신 겉질 자극 호르몬이 분비된다.

**바로알기** ① A는 시상 하부이며, 뇌하수체 전엽(B)에서 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이 분비된다.

③ C는 갑상샘이며, 티록신이 분비된다. 옥시토신은 뇌하수체 후엽에서 분비된다.

④ D는 부신이며, E가 이자이다.

⑤ 이자(E)에서는 혈당량 조절에 관여하는 호르몬을 분비하며, 부신 속질에서 분비되는 에피네프린이 심장 박동을 촉진한다.

**05** ② A는 뇌하수체 후엽이며, 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 항이뇨 호르몬(ADH)이 분비된다.

③ 성장 호르몬은 뇌하수체 전엽(B)에서 분비된다.

④ 물질대사를 촉진하는 호르몬은 티록신이며, 갑상샘 자극 호르몬(TSH)은 뇌하수체 전엽에서 분비된다. 따라서 뇌하수체 전엽(B)을 제거하면 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이 분비되지 않아 티록신의 분비가 억제되어 물질대사가 억제된다.

⑤ 간뇌에 있는 시상 하부는 호르몬의 분비를 조절하는 중추이다. **바로알기** ① 시상 하부의 아래쪽에 있는 내분비샘은 뇌하수체이며, B는 다른 내분비샘을 자극하는 호르몬을 분비한다고 했으므로 뇌하수체 전엽이고, A는 뇌하수체 후엽이다.

**06** 성장 호르몬은 뇌하수체 전엽에서 분비되는 호르몬으로 몸의 성장을 촉진한다.

**모범 답안** 성장 호르몬, 얼굴, 손, 발 등의 몸의 말단부가 커지는 말단 비대증이 나타난다.

채점 기준	배점
호르몬의 이름, 과다증의 이름과 특징을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
호르몬의 이름과 과다증의 이름만 옳게 쓴 경우	50 %
호르몬의 이름과 과다증의 이름 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	20 %

**07** 가. ㉠은 에피네프린, ㉡은 항이뇨 호르몬(ADH), ㉢은 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이다.

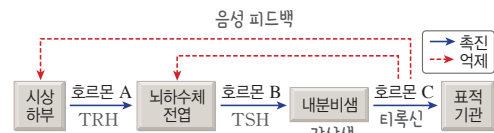
**바로알기** 나. 요붕증은 콩팥에서의 수분 재흡수가 저하되어 많은 양의 오줌을 자주 배출하는 내분비계 질환이며, 항이뇨 호르몬(㉡)의 결핍으로 나타날 수 있다.

다. 항이뇨 호르몬(㉡)은 뇌하수체 후엽에서, 갑상샘 자극 호르몬(㉢)은 뇌하수체 전엽에서 분비된다.

**08** 나, 다. 실내 온도가 설정 온도보다 높아지거나 낮아지면 변화된 온도가 냉방기의 온도 조절기에 영향을 주고, 온도 조절기는 냉방기의 작동을 조절하여 실내 온도를 설정 온도로 맞춘다. 이와 같이 온도 조절기에 의해 실내 온도가 일정하게 유지되는 원리는 음성 피드백이며, 음성 피드백에 의해 체온과 혈액 속 티록신의 농도가 일정하게 유지된다.

**바로알기** 가. 음식을 입에 넣었을 때 침이 나오는 것은 자극에 대한 반응이다.

## 09 꼼꼼 문제 분석

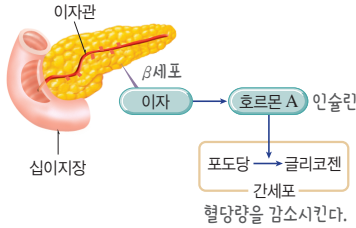


가. TRH는 시상 하부에서 분비되며, 뇌하수체 전엽을 자극하여 TSH의 분비를 촉진한다. TSH는 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 따라서 호르몬 A가 TRH라면 B는 TSH, C는 티록신이다.

ㄷ. 혈액 속 호르몬 C의 농도가 높아지면 시상 하부와 뇌하수체 전엽에서 호르몬의 분비가 억제됨으로써 C의 농도는 일정하게 유지된다. 이와 같이 혈액 속 호르몬 C의 농도는 음성 피드백에 의해 일정하게 유지된다.

**바로알기** ㄴ. 호르몬 B의 주사로 혈액 속 B의 농도가 높아지면 호르몬 C의 농도가 높아지게 되며, 음성 피드백에 의해 시상 하부에서 A의 분비가 억제된다.

### 10 꼼꼼 문제 분석



⑤ 한 기관에 2개의 요인이 함께 작용할 때 한 요인이 기관의 기능을 촉진하면, 나머지 한 요인은 기관의 기능을 억제하는 원리를 길항 작용이라고 한다. 호르몬 A는 인슐린으로, 이자에서 분비되는 글루카곤과 길항 작용을 한다.

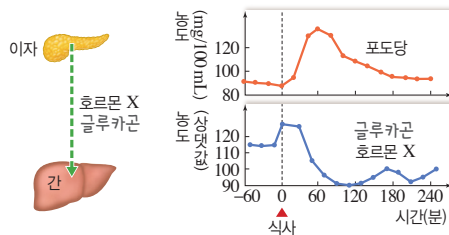
**바로알기** ① 인슐린은 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정을 촉진하고, 세포로의 포도당 흡수를 촉진하여 혈당량을 감소시킨다.

② 이자의  $\alpha$ 세포에서는 글루카곤이,  $\beta$ 세포에서는 인슐린이 분비된다.

③ 운동을 하면 세포 호흡으로 포도당이 분해되어 혈당량이 감소하므로 인슐린의 혈중 농도는 낮아지고, 글루카곤의 혈중 농도가 높아진다.

④ 에피네프린은 혈당량을 증가시키고, 인슐린은 혈당량을 감소시킨다. 따라서 인슐린과 에피네프린은 같은 역할을 하는 호르몬이 아니다.

### 11 꼼꼼 문제 분석



(가) 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비되는 글루카곤은 간에 저장되어 있는 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진한다.

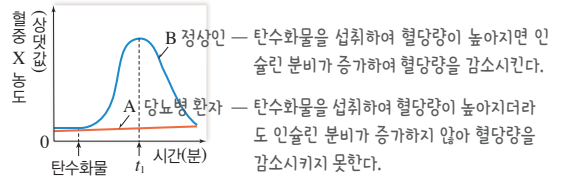
(나) 식사 후 포도당의 혈중 농도가 증가하였을 때 호르몬 X의 혈중 농도가 감소하였으므로 호르몬 X는 글루카곤이다.

ㄴ. 글루카곤은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비된다.

**바로알기** ㄱ. 호르몬 X는 이자에서 분비되며 식사 후 포도당의 혈중 농도가 증가하였을 때 혈중 농도가 감소하므로 글루카곤이다.

ㄷ. 세포로의 포도당 흡수가 촉진되면 혈당량이 감소한다. X는 글루카곤으로 혈당량을 높이는 호르몬이므로 세포로의 포도당 흡수를 촉진하지 않는다.

### 12 꼼꼼 문제 분석



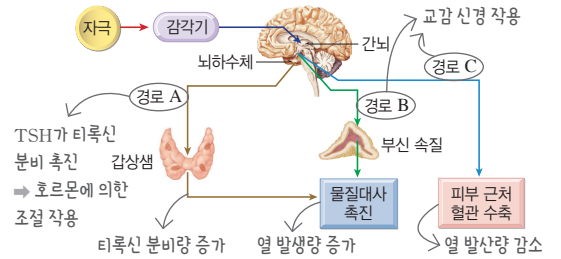
X는 이자의  $\beta$ 세포에서 분비된다고 했으므로 인슐린이다. 정상인의 경우 탄수화물을 섭취하여 혈중 포도당 농도가 높아지면 인슐린(X)의 분비량이 증가하고, 혈중 포도당 농도가 낮아지면 인슐린(X)의 분비량이 감소한다. 따라서 B가 정상인, A가 당뇨병 환자이다.

ㄴ. 인슐린(X)은 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정을 촉진한다.

ㄷ. 당뇨병 환자(A)는 탄수화물 섭취 후 혈중 인슐린(X) 농도가 거의 증가하지 않았으므로, 혈중 포도당 농도가 높게 유지된다. 반면, 정상인(B)은 인슐린(X)의 분비량이 증가하여 혈중 포도당 농도가 낮아진다. 따라서  $t_1$ 일 때 혈중 포도당 농도는 당뇨병 환자(A)가 정상인(B)보다 높다.

**바로알기** ㄱ. A는 당뇨병 환자, B는 정상인이다.

### 13 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. A는 TSH가 갑상샘을 자극하여 갑상샘에서 분비된 티록신에 의해 물질대사가 촉진되는 경로이므로 호르몬에 의한 조절 과정이다.

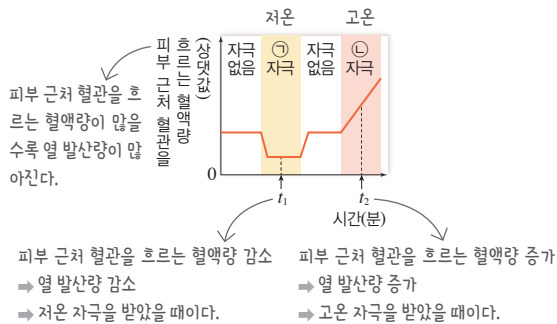
ㄴ. B는 교감 신경의 자극으로 부신 속질에서 분비된 에피네프린에 의해 물질대사가 촉진되는 경로로 체내 열 발생량이 증가한다.

**바로알기** ㄷ. 피부 근처 혈관 수축은 교감 신경의 작용 강화에 의해 일어나므로, C는 교감 신경의 작용에 의한 조절 과정이다.

**14** 날씨가 추워져 체온이 정상보다 낮아지면 물질대사가 촉진되고 몸 떨림과 같은 근육 운동이 활발해져 열 발생량이 증가한다. 또한 피부 근처 혈관이 수축하여 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 줄어들어 몸 표면을 통한 열 발생량이 감소한다.

**바로알기** (다) 날씨가 더워져 체온이 정상보다 높아지면 물질대사가 억제되어 열 발생량이 감소한다. 또한 피부 근처 혈관이 확장하여 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 늘어나며, 땀 분비가 증가되어 열 발생량이 증가한다.

**15** **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 정상인에게 저온 자극이 주어지면 피부 근처 혈관의 수축으로 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량이 감소하여 열 발생량이 감소한다. 반대로 고온 자극이 주어지면 피부 근처 혈관의 확장으로 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량이 증가하여 열 발생량이 증가한다. 따라서 ㉠은 저온, ㉡은 고온이다.

ㄴ. 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 저온(㉠) 자극을 준 시점인  $t_1$  일 때가 고온(㉡) 자극을 준 시점인  $t_2$  일 때보다 적다.

**바로알기** (다) 시상 하부는 체온 변화 감지와 체온 조절의 중추이므로, 시상 하부에 고온(㉡) 자극을 주면 교감 신경의 작용 완화로 피부 근처 혈관이 확장되어 열 발생량이 증가한다.

**16** ① 혈장 삼투압이 증가하면 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하므로 오줌 생성량이 감소한다.

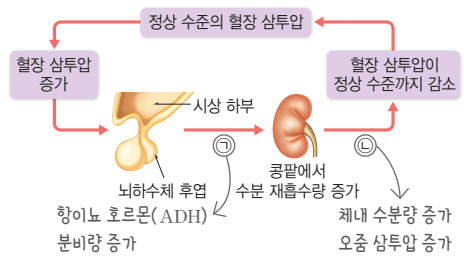
② 물을 많이 마시면 체내 수분량이 증가하여 혈장 삼투압이 감소하게 되므로 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 억제된다.

③ 땀을 많이 흘리면 체내 수분량이 감소하여 혈장 삼투압이 증가하게 되므로 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다.

⑤ 항이뇨 호르몬(ADH)의 혈중 농도가 높아지면 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하므로 체내 수분량이 증가한다.

**바로알기** ④ 혈장 삼투압이 감소하면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 감소한다.

**17** **꼼꼼 문제 분석**

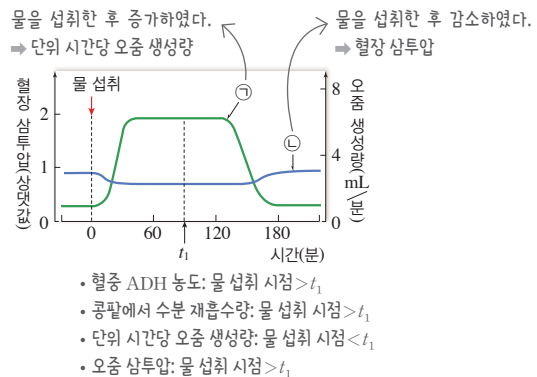


ㄱ. 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 호르몬은 뇌하수체 후엽에서 분비되는 항이뇨 호르몬(ADH)이다. 따라서 혈장 삼투압이 정상 수준보다 증가하면 과정 ㉠에서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 증가한다.

ㄴ. 혈장 삼투압의 증가는 짠 음식을 많이 섭취하였거나 땀을 많이 흘렸을 때 일어난다.

**바로알기** (나) 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하면 오줌 생성량이 감소하게 되므로 과정 ㉡에서 오줌 삼투압이 증가한다.

**18** **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. 물을 많이 섭취하면 혈장 삼투압이 정상 범위보다 낮아지므로 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하며, 이에 따라 콩팥에서 수분 재흡수량이 감소하여 단위 시간당 오줌 생성량이 많아진다. 따라서 ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량, ㉡은 혈장 삼투압이다.

ㄴ. 혈장 삼투압이 낮아지면 항이뇨 호르몬의 분비량이 감소한다. 물 섭취 시점보다  $t_1$  일 때 혈장 삼투압(㉡)이 낮으므로, 혈중 항이뇨 호르몬(ADH)의 농도는 물 섭취 시점보다  $t_1$  일 때가 낮다.

**바로알기** (나) 단위 시간당 오줌 생성량이 많아지면 오줌 삼투압은 낮아진다. 물 섭취 시점보다  $t_1$  일 때 단위 시간당 오줌 생성량(㉠)이 많으므로, 오줌 삼투압은 물 섭취 시점보다  $t_1$  일 때가 낮다.



01 ① 02 ④ 03 ⑤ 04 ③

01 품공 문제 분석

특징	호르몬		
	글루카곤	에피네프린	인슐린
이차에서 분비된다.	? ○	×	? ○
혈당량을 감소시킨다.	×	? ×	? ○
㉠	×	×	○

(○: 있음, ×: 없음)

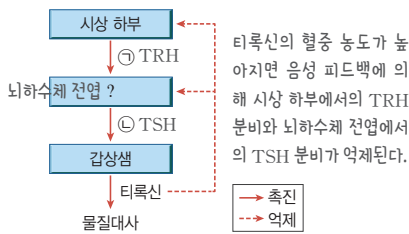
ㄱ. 인슐린, 글루카곤, 에피네프린 중 이차에서 분비되는 호르몬은 인슐린과 글루카곤이고, 혈당량을 감소시키는 호르몬은 인슐린이다. 따라서 A는 글루카곤, B는 에피네프린, C는 인슐린이다.

**바로알기** ㄴ. 인슐린(C)은 이차에 연결된 부교감 신경에 의해 분비가 촉진된다.

ㄷ. 글루카곤(A)과 에피네프린(B)은 모두 간에서 글리코젠 분해를 촉진하고, 인슐린(C)은 간에서 글리코젠 합성을 촉진한다. 따라서 '간에서 글리코젠 분해를 촉진한다.'는 ㉠에 해당하지 않는다.

02 품공 문제 분석

시상 하부에서 TRH(갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬)가 분비되어 뇌하수체 전엽을 자극하면 뇌하수체 전엽에서 TSH(갑상샘 자극 호르몬)가 분비되어 갑상샘을 자극하고, 갑상샘에서 티록신 분비량이 증가하여 물질대사가 촉진된다.



ㄴ. 시상 하부에서 분비되는 TRH(갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬)는 뇌하수체 전엽을 자극하여 TSH(갑상샘 자극 호르몬) 분비를 촉진하고, TSH(갑상샘 자극 호르몬)는 갑상샘을 자극하여 티록신의 분비를 촉진한다. 따라서 갑상샘은 TSH(㉠)의 표적 기관으로, 갑상샘에는 TSH의 수용체가 있다.

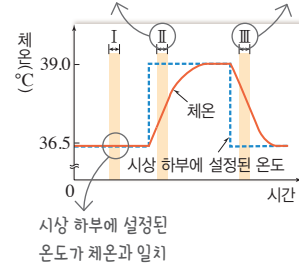
ㄷ. 아이오딘은 티록신의 주성분이므로 아이오딘이 결핍되면 티록신이 부족해져 시상 하부와 뇌하수체 전엽이 자극을 받으므로 TRH(㉠)과 TSH(㉡)의 분비량이 모두 증가한다.

**바로알기** ㄱ. 시상 하부에서 분비되는 ㉠은 TRH(갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬)이다.

03 품공 문제 분석

시상 하부에 설정된 온도가 높아지면 체온을 높이는 반응이 일어난다. → 열 발생량 증가, 열 발산량 감소

시상 하부에 설정된 온도가 낮아지면 체온을 낮추는 반응이 일어난다. → 열 발생량 감소, 열 발산량 증가

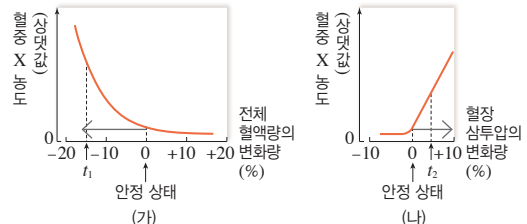


ㄱ. 시상 하부는 체온 변화를 감지하고 체내의 열 발생량과 열 발산량 조절을 통해 체온을 조절하는 중추이다.

ㄴ. 구간 II에서 체온이 상승한 것은 시상 하부에 설정된 온도가 높아져 체내 열 발생량이 증가했기 때문이다. 따라서 열 발생량은 구간 II에서가 구간 I에서보다 많다.

ㄷ. 피부 근처 혈관이 확장되어 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량이 많아지면 열 발산량이 증가한다. 구간 II에서는 열 발산량이 감소하고, 구간 III에서는 열 발산량이 증가하므로, 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 구간 III에서가 구간 II에서보다 많다.

04 품공 문제 분석



전체 혈액량이 감소할 때 ADH 분비가 촉진된다. → 콩팥에서 수분 재흡수량 증가

혈장 삼투압이 증가할 때 ADH 분비가 촉진된다. → 콩팥에서 수분 재흡수량 증가

ㄱ. 뇌하수체 후엽에서 분비되는 X는 항이뇨 호르몬(ADH)이다. 간뇌의 시상 하부는 삼투압 조절 중추로 혈장 삼투압을 감지하여 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 분비를 조절한다.

ㄴ. 항이뇨 호르몬(ADH, X)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는데, 혈중 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 농도는  $t_1$ 일 때가 안정 상태일 때보다 높다. 따라서 콩팥에서 단위 시간당 수분 재흡수량은  $t_1$ 일 때가 안정 상태일 때보다 많다.

**바로알기** ㄷ. 혈중 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 농도가 높을수록 콩팥의 단위 시간당 수분 재흡수량이 증가하므로 오줌양은 감소하고 오줌 삼투압은 증가한다. 따라서 오줌 삼투압은  $t_2$ 일 때가 안정 상태일 때보다 높다.

**중단원 핵심 정리**

139쪽

- ① 호르몬    ② 혈액    ③ 좁    ④ 넓    ⑤ 항이노 호르몬 (ADH)
- ⑥ 갑상샘    ⑦ 에피네프린    ⑧ 이자    ⑨ 성장 호르몬
- ⑩ 당뇨병    ⑪ 음성 피드백(음성 되먹임)    ⑫ 인슐린
- ⑬ 글루카곤    ⑭ 에피네프린    ⑮ 증가    ⑯ 감소
- ⑰ 감소    ⑱ 증가    ⑲ 촉진    ⑳ 감소    ㉑ 감소    ㉒ 증가

**중단원 마무리 문제**

140~142쪽

- 01 ④    02 ②    03 ③    04 ⑤    05 ⑤    06 ③
- 07 ④    08 ③    09 ⑤    10 ④    11 ②    12 해설 참조
- 13 해설 참조    14 해설 참조

**01** ① 내분비샘에는 분비관이 따로 없어 호르몬 ㉑은 혈관으로 분비되어 혈액을 따라 이동한다.

② 호르몬은 내분비샘에서 생성되고 분비된다. 따라서 세포 A는 내분비샘을 구성하는 세포이다.

③ 세포 B에는 호르몬 ㉑의 수용체가 있으므로 세포 B는 호르몬 ㉑의 표적 세포이다.

⑤ 호르몬은 매우 적은 양으로 생리 작용을 조절하며, 혈중 농도가 매우 높으면 과다증, 매우 낮으면 결핍증이 나타난다.

**바로알기** ④ 호르몬 ㉑은 혈액을 따라 이동하면서 호르몬 ㉑의 모든 표적 세포에 영향을 주므로 지속적이고 광범위하게 작용한다.

**02** ①, ③, ④ 신경의 신호 전달은 뉴런과 연결된 세포에서만 일어나므로 속도는 빠르지만 효과는 곧 사라진다. 반면, 호르몬의 신호 전달은 혈액을 통해 이동하여 표적 세포에 작용하므로 속도는 느리지만 효과는 오래 지속된다.

⑤ 동공 반사는 중간뇌와 자율 신경에 의한 것이므로 신경에 의한 신호 전달로 일어나며, 생장은 성장 호르몬이 관여하므로 호르몬에 의한 신호 전달로 일어난다.

**바로알기** ② 신경은 뉴런이 연결되는 좁은 범위에만 신호를 전달하지만, 호르몬은 특정 호르몬 수용체가 있는 모든 표적 세포에 작용하므로 넓은 범위에 신호를 전달한다.

**03** ③ 부신 속질에서 분비되는 에피네프린은 혈당량 증가, 심장 박동 증가 등의 작용을 한다.

- 바로알기** ① 이자에서 분비되는 인슐린은 혈당량을 감소시킨다.  
 ② 갑상샘에서 분비되는 티록신은 물질대사를 촉진시킨다.  
 ④ 옥시토신은 뇌하수체 후엽에서 분비되며, 출산 시 자궁 수축을 촉진하는 작용을 한다.  
 ⑤ 생장을 촉진하는 성장 호르몬은 뇌하수체 전엽에서 분비된다.

**04** ① (가)는 호르몬 분비 과정의 산물인 호르몬 ㉑이 이 과정을 억제하는 조절을 하므로 음성 피드백이다. 티록신의 분비는 음성 피드백(가)에 의해 조절된다.

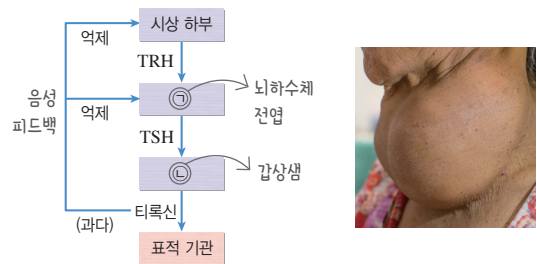
② (나)는 호르몬 ㉑과 ㉒이 같은 기관에 서로 반대로 작용하여 서로의 효과를 줄이는 길항 작용이다.

③ ㉑이 과다 분비되면 ㉑에 의해 내분비샘 A에서의 ㉑ 분비가 억제되므로, ㉑의 분비량은 감소한다.

④ ㉑은 내분비샘 D에서 혈액으로 분비되어 혈액을 통해 ㉑의 수용체가 있는 표적 기관 E로 이동한다.

**바로알기** ⑤ 인슐린은 이자에서, 에피네프린은 부신 속질에서 분비된다. 호르몬 ㉑과 ㉒은 같은 내분비샘에서 분비되므로, ㉑이 인슐린이면 ㉒은 글루카곤이다.

**05 품공 문제 분석**

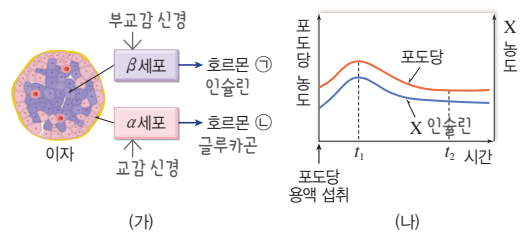


아이오딘 섭취 부족 → 티록신이 적게 생성됨 → 티록신의 혈중 농도 낮아짐 → TRH, TSH의 분비량 증가로 혈중 농도가 높아짐 → TSH가 갑상샘을 계속 자극하므로 갑상샘이 비대해짐 → 갑상샘종에 걸림

⑤ 아이오딘은 티록신의 구성 성분이므로 아이오딘의 섭취가 부족하면 티록신의 분비량이 적어 음성 피드백에 의해 TSH의 분비량이 증가하여 갑상샘을 자극하게 되므로 갑상샘이 비대해진다. 따라서 (나)는 티록신 부족으로 갑상샘종에 걸린 환자의 모습이다.

- 바로알기** ① TSH가 분비되는 ㉑은 뇌하수체 전엽이다.  
 ② ㉑은 티록신을 분비하는 내분비샘이므로, 갑상샘이다.  
 ③ 티록신의 분비는 음성 피드백을 통해 조절된다.  
 ④ 티록신은 호르몬이며, 호르몬은 내분비샘에서 분비되어 혈액을 통해 표적 기관으로 운반된다.

**06 품공 문제 분석**



혈중 포도당 농도가 증가하면 인슐린의 분비량이 증가하여 혈당량을 감소시킨다.

ㄱ. 호르몬 ㉠은 이자의  $\beta$ 세포에서 분비되는 인슐린, 호르몬 ㉡은 이자의  $\alpha$ 세포에서 분비되는 글루카곤이다. (나)에서 혈중 포도당 농도가 증가하면 인슐린의 분비량은 증가하고, 글루카곤의 분비량은 감소하여 혈중 포도당 농도가 정상 범위로 낮아진다. 따라서 X는 인슐린(㉠)이다.

ㄴ. 혈중 포도당 농도가 높으면 혈중 글루카곤(㉡) 농도가 낮고, 혈중 포도당 농도가 낮으면 혈중 글루카곤(㉡) 농도가 높다. 따라서 글루카곤(㉡)의 혈중 농도는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 낮다.

**바로알기** ㄷ. 이자에 연결된 교감 신경이 흥분하면 글루카곤(㉡)의 분비가 촉진되고, 이자에 연결된 부교감 신경이 흥분하면 X(인슐린, ㉠)의 분비가 촉진된다.

### 07 꼼꼼 문제 분석



ㄴ. 교감 신경의 작용에 의해 부신 속질에서 에피네프린이 분비되므로, A는 교감 신경에 의한 자극 전달 경로이다.

ㄷ. 호르몬 ㉠은 에피네프린이며, 에피네프린은 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하여 혈당량을 증가시킨다.

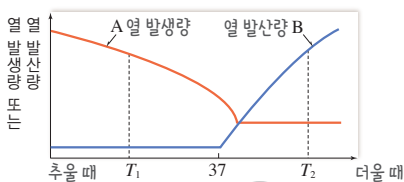
**바로알기** ㄱ. 글루카곤은 이자에서, 에피네프린은 부신 속질에서 분비된다. 글루카곤과 에피네프린은 모두 혈당량을 증가시키는 호르몬이므로 ㉠(에피네프린)은 글루카곤과 길항 작용을 하지 않는다.

**08** ㄱ. 과정 A는 시상 하부가 저온을 감지하였을 때 교감 신경의 작용 강화에 의해 피부 근처 혈관이 수축되는 과정으로, 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 감소하여 열 발산량이 감소한다. 따라서 과정 A는 교감 신경에 의한 조절 경로이다.

ㄴ. 과정 B는 시상 하부가 저온을 감지하였을 때 티록신의 분비가 촉진되는 과정으로, 티록신에 의해 간과 근육에서 물질대사가 촉진되어 열 발생량이 증가한다.

**바로알기** ㄷ. 피부 근처 혈관이 수축(㉠)하면 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량이 감소한다.

### 09 꼼꼼 문제 분석



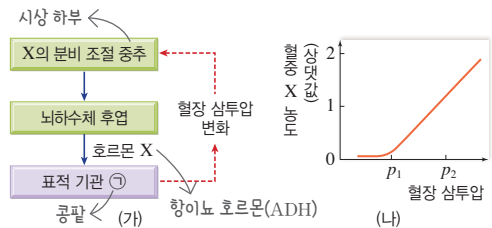
- 피부 근처로 흐르는 혈액의 양:  $T_1 < T_2$
  - 티록신의 분비량:  $T_1 > T_2$
- 시상 하부 온도(°C) → 체온 조절 증추

ㄱ. 간뇌의 시상 하부는 체온 조절의 중추로서 체온 변화를 감지하여 체온을 조절한다. 시상 하부의 온도가 높아지면 체내 열 발생량은 감소하고 열 발산량은 증가한다. 따라서 A는 열 발생량, B는 열 발산량이다.

ㄷ. 티록신의 분비량이 많으면 물질대사가 촉진되어 체내 열 발생량이 증가한다.  $T_1$ 일 때가  $T_2$ 일 때보다 열 발생량이 많으므로 티록신의 분비량도 많다.

**바로알기** ㄴ. 피부 근처로 흐르는 혈액의 양이 많아지면 피부 표면을 통한 열 발산량이 많아진다.  $T_1$ 일 때가  $T_2$ 일 때보다 열 발산량이 적으므로 피부 근처로 흐르는 혈액의 양도 적다.

### 10 꼼꼼 문제 분석



- 혈중 ADH(X) 농도:  $p_1 < p_2$
- 콩팥에서 수분 재흡수량:  $p_1 < p_2$
- 단위 시간당 오줌 생성량:  $p_1 > p_2$
- 오줌 삼투압:  $p_1 < p_2$

① 뇌하수체 후엽에서 분비되며, 혈장 삼투압 조절에 관여하는 호르몬 X는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

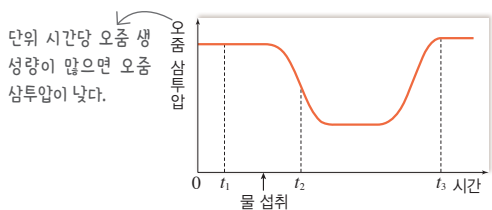
② 항이뇨 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하므로, 콩팥은 항이뇨 호르몬(ADH)의 표적 기관(㉠)에 해당한다.

③ 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 분비 조절 증추는 시상 하부이다.

⑤ 혈중 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 농도가 높아지면 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하므로 단위 시간당 오줌 생성량은 감소한다. 따라서 단위 시간당 오줌 생성량은 혈중 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 농도가 낮은  $p_1$ 일 때가 혈중 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 농도가 높은  $p_2$ 일 때보다 많다.

**바로알기** ④ 체내 수분량이 증가하면 혈장 삼투압이 낮아지므로, 혈중 항이뇨 호르몬(ADH, X)의 농도는 낮아진다.

### 11 꼼꼼 문제 분석



- 물 1 L 섭취 → 체내 수분량 증가(혈장 삼투압 감소) → 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량 감소 → 콩팥에서 수분 재흡수량 감소 → 오줌양 증가, 오줌 삼투압 감소

다.  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 오줌 삼투압이 높은 것을 통해  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 항이뇨 호르몬(ADH)의 혈중 농도가 높다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ, ㄴ.  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 오줌 삼투압이 낮은 것은  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 단위 시간당 오줌 생성량이 많기 때문이다. 따라서  $t_2$ 일 때가  $t_3$ 일 때보다 콩팥에서 재흡수되는 물의 양이 적다.

**12** TSH의 분비량이 증가하면 티록신의 분비량이 증가하고, 티록신의 분비량이 증가하면 음성 피드백에 의해 TSH의 분비량이 감소한다. 따라서 갑상샘 기능이 저하되어 티록신의 혈중 농도가 정상 수준보다 낮아지면 TSH의 혈중 농도는 높아진다. 그림에서  $t_1$ 일 때 갑상샘 기능이 저하되면서 호르몬 A의 혈중 농도는 감소하고, 호르몬 B의 혈중 농도는 증가했으며,  $t_2$ 일 때 호르몬 A 주사를 맞아 호르몬 A의 혈중 농도가 증가했을 때 호르몬 B의 혈중 농도는 감소하였다. 이를 통해 A는 티록신이고, B는 TSH임을 알 수 있다.

**모범 답안** A는 티록신, B는 TSH이다. 티록신의 혈중 농도가 낮아지면 TSH의 분비가 촉진되고, 티록신의 혈중 농도가 높아지면 음성 피드백에 의해 TSH의 분비가 억제되기 때문이다.

채점 기준	배점
호르몬 A와 B를 옳게 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 음성 피드백과 연관 지어 옳게 서술한 경우	100 %
호르몬 A와 B만 옳게 쓴 경우	50 %

**13** 포도당 투여로 혈당량이 정상 수준보다 높아졌으므로 혈당량을 정상 수준으로 감소시키기 위해 이자에서 인슐린 분비가 촉진된다. 따라서 호르몬 A는 인슐린이다. 혈중 인슐린의 농도 변화 곡선과 혈당량의 농도 변화 곡선의 양상은 비슷하므로 혈중 인슐린의 농도가 높으면 혈당량도 높다.

**모범 답안** 인슐린, 인슐린은 혈당량이 높을 때 분비가 촉진되어 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정과 세포로의 포도당 흡수를 촉진하여 혈당량을 낮추는 작용을 하므로 혈당량은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.

채점 기준	배점
호르몬 A의 이름을 옳게 쓰고, 혈당량이 높은 시점을 A의 기능과 연관 지어 옳게 서술한 경우	100 %
호르몬 A의 이름을 옳게 쓰고, 혈당량이 높은 시점만 옳게 서술한 경우	50 %
호르몬 A의 이름만 옳게 쓴 경우	30 %

**14** **모범 답안** ㉠은 단위 시간당 오줌 생성량이다. 혈중 ADH 농도가 높아지면 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가하므로 생성되는 오줌의 양은 감소하고, 오줌 삼투압은 증가하기 때문이다.

채점 기준	배점
㉠을 옳게 쓰고, 그 까닭을 ADH의 기능과 연관 지어 옳게 서술한 경우	100 %
㉠만 옳게 쓴 경우	40 %

### 수능 실전 문제

144~145쪽

01 ④    02 ②    03 ④    04 ③    05 ⑤    06 ①  
07 ③

#### 01 품공 문제 분석

호르몬	기능
ADH ㉠	콩팥에서 물의 재흡수를 촉진한다.
TSH ㉡	갑상샘에서 티록신의 분비를 촉진한다.

#### 선택지 분석

- A. 뇌하수체 전엽에서 ㉠이 분비된다. **후엽**
- B. ㉠과 ㉡은 모두 혈액을 통해 표적 세포로 이동한다.
- C. 혈중 티록신의 농도가 증가하면 ㉡의 분비가 억제된다.

**전략적 풀이** ① 호르몬 ㉠과 ㉡의 기능을 보고 호르몬 ㉠과 ㉡이 각각 어떤 호르몬인지 판단한다.

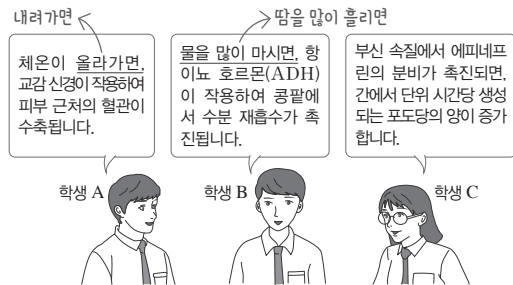
콩팥에서 물의 재흡수를 촉진하는 호르몬 ㉠은 항이뇨 호르몬(ADH)이고, 갑상샘에서 티록신의 분비를 촉진하는 호르몬 ㉡은 갑상샘 자극 호르몬(TSH)이다.

ㄱ, ㄴ. 항이뇨 호르몬(ADH, ㉠)은 뇌하수체 후엽에서, 갑상샘 자극 호르몬(TSH, ㉡)은 뇌하수체 전엽에서 분비되며, ㉠과 ㉡ 모두 혈액을 통해 표적 세포로 이동한다.

② 음성 피드백에 의한 티록신의 분비 조절 과정을 이해한다.

다. 혈중 티록신의 농도가 증가하면 음성 피드백에 의해 뇌하수체 전엽에서 갑상샘 자극 호르몬(TSH, ㉡)의 분비가 억제되어 혈중 티록신의 농도가 감소한다.

#### 02 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- A
- B
- C
- D. A, C
- E. B, C
- F. A, B, C

**전략적 풀이** ① 체온 조절 과정에서 피부 근처 혈관의 수축이 어느 경우에 일어나는지 파악한다.

학생 A: 교감 신경의 작용 강화로 피부 근처 혈관이 수축하면 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량이 감소하므로 열 발산량이 감소한다.



체온 조절 과정에서 열 발생량 감소는 체온이 정상 범위보다 낮아졌을 때 일어나는 현상이다.

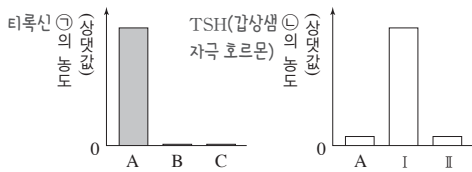
② 삼투압 조절 과정과 항이뇨 호르몬(ADH)의 기능을 연관 지어 생각해 본다.

학생 B: 항이뇨 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진한다. 따라서 물을 많이 마셔 혈장 삼투압이 정상 범위보다 낮아지면 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량이 감소하여 콩팥에서 수분 재흡수량이 감소한다. 따라서 물을 많이 마시면 콩팥에서 수분 재흡수는 촉진되지 않는다.

③ 에피네프린의 기능을 혈당량 조절 과정과 연관 지어 생각해 본다.

학생 C: 부신 속질에 연결된 교감 신경에 의해 에피네프린의 분비가 촉진되며, 에피네프린은 간에 저장되어 있는 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진하여 혈당량을 증가시킨다. 따라서 에피네프린의 분비가 촉진되면 간에서 단위 시간당 생성되는 포도당의 양이 증가한다.

### 03 꼼꼼 문제 분석



- A: 갑상샘(ⓐ) → 티록신 분비 → 혈중 티록신(ⓐ) 농도 높음 → 뇌하수체 전엽에서 TSH 분비 억제 → 혈중 TSH(ⓒ) 농도 낮음
- B: 갑상샘 제거 → 티록신 분비 안 됨 → 혈중 티록신(ⓐ) 농도 거의 0 → 티록신 주사 → 혈중 티록신 농도 증가 → 뇌하수체 전엽에서 TSH 분비 억제 → 혈중 TSH(ⓒ) 농도 낮음 ⇒ II
- C: 갑상샘 제거 → 티록신 분비 안 됨 → 혈중 티록신(ⓐ) 농도 거의 0 → 뇌하수체 전엽에서 TSH 분비 촉진 → 혈중 TSH(ⓒ) 농도 높음 ⇒ I

#### 선택지 분석

- ✗ 내분비샘 ②는 뇌하수체 전엽이다. 갑상샘
- ㉠(라)에서 I 은 C이다.
- ㉠은 순환계를 통해 표적 세포로 이동한다.

전략적 풀이 ① 티록신의 분비 과정을 생각해 보고, TSH의 표적 기관이 무엇인지 파악한다.

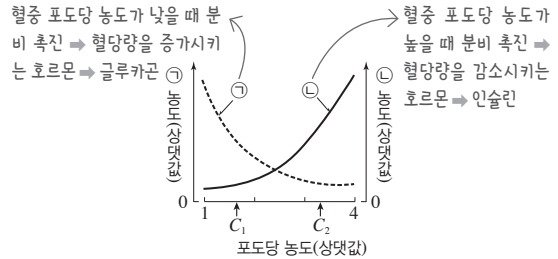
ㄱ. 간뇌의 시상 하부에서 분비되는 TRH(갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬)는 뇌하수체 전엽에서 TSH(갑상샘 자극 호르몬)의 분비를 촉진하고, TSH는 갑상샘에서 티록신의 분비를 촉진한다. 따라서 TSH의 표적 기관인 내분비샘 ②는 갑상샘이다.

ㄷ. 호르몬인 티록신(ⓐ)은 갑상샘에서 혈관으로 분비되어 혈액을 따라 표적 세포로 이동한다. 즉, 티록신(ⓐ)은 순환계를 통해 표적 세포로 이동한다.

② 혈중 티록신의 농도가 높아지면 혈중 TSH의 농도가 어떻게 변하는지 생각해 보고, I 과 II 가 어느 것인지 파악한다.

ㄴ. 갑상샘(ⓐ)을 제거하면 티록신이 분비되지 않으므로, (나)에서 B와 C의 혈중 티록신의 농도는 갑상샘을 제거하지 않은 A보다 매우 낮다. 따라서 ㉠은 티록신, ㉡은 TSH이다. 생쥐에 티록신(ⓐ)을 주사하면 혈중 티록신의 농도가 높아지므로 음성 피드백에 의해 뇌하수체 전엽에서 TSH의 분비가 억제된다. 따라서 혈중 TSH(ⓒ)의 농도가 낮은 II가 B이고, I은 C이다.

### 04 꼼꼼 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ 간은 ㉠의 표적 기관이다.
- ✗ ㉡은 이자의 α세포에서 분비된다. β세포
- 혈중 글루카곤 농도는 C<sub>1</sub>일 때가 C<sub>2</sub>일 때보다 높다.

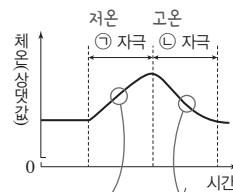
전략적 풀이 ① 혈중 포도당 농도에 따른 인슐린과 글루카곤의 혈중 농도가 어떻게 다른지 이해하여 ㉠과 ㉡이 어떤 호르몬인지 파악한다.

ㄷ. 혈중 포도당 농도가 높아지면 혈중 인슐린의 농도가 증가하고, 혈중 글루카곤의 농도는 감소한다. 따라서 ㉠은 글루카곤, ㉡은 인슐린이므로, 혈중 글루카곤(㉠)의 농도는 C<sub>1</sub>일 때가 C<sub>2</sub>일 때보다 높다.

② 인슐린과 글루카곤이 어떤 내분비 세포에서 분비되며, 표적 기관이 무엇인지 생각해 본다.

ㄱ, ㄴ. 인슐린(㉡)은 이자의 β세포에서 분비되며, 간에 작용하여 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정을 촉진한다. 반면, 글루카곤(㉠)은 이자의 α세포에서 분비되며, 간에 작용하여 글리코젠을 포도당으로 분해하는 과정을 촉진한다. 따라서 간은 인슐린(㉡)과 글루카곤(㉠)의 표적 기관이다.

### 05 꼼꼼 문제 분석



체온 조절 중추에 저온 자극을 주었을 때: 열 발생량 증가, 열 발생량 감소 ⇒ 체온 상승

체온 조절 중추에 고온 자극을 주었을 때: 열 발생량 감소, 열 발생량 증가 ⇒ 체온 하강

**선택지 분석**

- ㉠ ㉠은 저온이다.
- ㉡ 사람의 체온 조절 중추는 시상 하부이다.
- ㉢ 사람의 체온 조절 중추에 ㉣ 자극을 주면 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량이 증가한다.

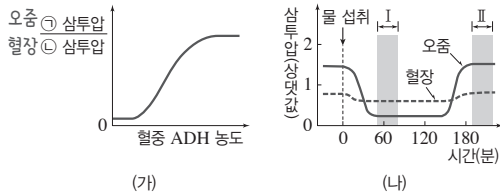
**전략적 풀이** ① 체온 조절 중추에 고온 자극과 저온 자극을 주었을 때 체온 변화가 어떻게 나타나는지 생각해 본다.

㉠, ㉡. 사람의 체온 조절 중추는 간뇌의 시상 하부이다. 체온 조절 중추는 고온 자극을 받으면 체온을 낮추고, 저온 자극을 받으면 체온을 높임으로써 체온을 일정하게 유지한다. 따라서 ㉠은 저온, ㉡은 고온이다.

② 피부 근처 혈관을 흐르는 단위 시간당 혈액량은 고온 자극과 저온 자극을 각각 주었을 때 어떻게 다른지 체온 조절 과정과 연관 지어 생각해 본다.

㉢. 사람의 시상 하부에 저온(㉠) 자극을 주면 교감 신경의 작용 강화로 피부 근처 혈관이 수축하여 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량이 감소함으로써 열 발산량이 감소한다. 반면 고온(㉡) 자극을 주면 피부 근처 혈관이 확장하여 피부 근처 혈관을 흐르는 혈액량이 증가함으로써 열 발산량이 증가한다.

**06** **꼼꼼 문제 분석**



- 구간 I : 물 섭취  $\Rightarrow$  혈장 삼투압 낮아짐  $\Rightarrow$  ADH 분비량 감소  $\Rightarrow$  콩팥에서 수분 재흡수량 감소  $\Rightarrow$  오줌 생성량 증가, 오줌 삼투압 낮아짐
- 구간 II : 혈장 삼투압 높아짐  $\Rightarrow$  ADH 분비량 증가  $\Rightarrow$  콩팥에서 수분 재흡수량 증가  $\Rightarrow$  오줌 생성량 감소, 오줌 삼투압 높아짐

**선택지 분석**

- ㉠ ㉠은 오줌이다.
- ㉡ ADH의 분비 조절 중추는 시상이다. 시상 하부
- ㉢  $\frac{\text{오줌 생성량}}{\text{혈중 ADH 농도}}$ 은 구간 II에서가 구간 I에서보다 크다. 적다

**전략적 풀이** ① 혈중 ADH 농도와 혈장 삼투압, 오줌 삼투압의 관계를 이해하여 ㉠과 ㉡이 각각 혈장과 오줌 중 어느 것인지 파악한다.

㉠. 혈중 ADH 농도가 높아지면 혈장 삼투압은 낮아지고 오줌 삼투압은 높아진다. (가)에서 혈중 ADH 농도가 높아지면

㉠ 삼투압  
㉡ 삼투압 이 커지므로 ㉠은 오줌, ㉡은 혈장이다.

② ADH의 분비 조절 중추를 이해하고, ADH의 분비량과 오줌 생성량의 변화를 파악하여 구간 I과 II에서의  $\frac{\text{오줌 생성량}}{\text{혈중 ADH 농도}}$ 을 비교한다.

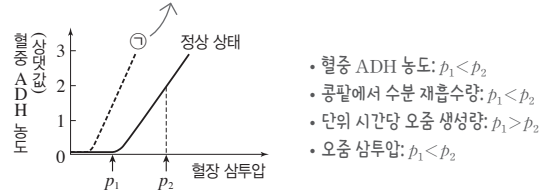
㉢. ADH의 분비 조절 중추는 체내 삼투압 조절의 중추인 간뇌의 시상 하부이다.

㉣. 다량의 물을 섭취하면 체내 수분량이 증가하여 혈장 삼투압이 낮아지므로 혈중 ADH 농도는 감소하고 오줌 생성량은 증가한다. 따라서 혈중 ADH 농도는 구간 I에서가 구간 II에서보다 낮고, 오줌 생성량은 구간 I에서가 구간 II에서보다 많다.

따라서  $\frac{\text{오줌 생성량}}{\text{혈중 ADH 농도}}$ 은 구간 I에서가 구간 II에서보다 크다.

**07** **꼼꼼 문제 분석**

혈장 삼투압이 같을 때 혈중 ADH 농도가 정상 상태보다 높다.  $\Rightarrow$  전체 혈액량이 정상보다 감소한 상태일 때 ADH 분비가 촉진되어 콩팥에서 수분 재흡수량이 증가한다.



- 혈중 ADH 농도:  $p_1 < p_2$
- 콩팥에서 수분 재흡수량:  $p_1 < p_2$
- 단위 시간당 오줌 생성량:  $p_1 > p_2$
- 오줌 삼투압:  $p_1 < p_2$

**선택지 분석**

- ㉠ 시상 하부는 ADH의 분비를 조절한다.
- ㉡ ㉠은 전체 혈액량이 정상보다 감소한 상태이다.
- ㉢ 정상 상태일 때 생성되는 오줌의 삼투압은  $p_1$ 일 때가  $p_2$ 일 때보다 높다. 낮다

**전략적 풀이** ① 삼투압 조절 중추가 무엇인지 생각해 본다.

㉠. 삼투압 조절 중추는 간뇌의 시상 하부이며, 시상 하부는 혈장 삼투압 변화를 감지하여 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비량을 조절한다.

② 항이뇨 호르몬(ADH)의 기능과 연관 지어  $p_1$ 과  $p_2$ 일 때의 오줌 삼투압을 비교한다.

㉢. 항이뇨 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하므로 혈중 ADH 농도가 높은  $p_2$ 일 때가  $p_1$ 일 때보다 콩팥에서 수분 재흡수량이 많으므로 생성되는 오줌의 양은 적고, 오줌 삼투압은 높다.

③ 혈장 삼투압이 일정할 때 혈중 ADH 농도에 따라 전체 혈액량이 어떻게 달라지는지 생각해 보고, ㉠이 어떤 상태인지 파악한다.

㉡. 항이뇨 호르몬(ADH)은 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하여 혈액량을 증가시키는 작용을 하므로, 전체 혈액량이 정상보다 감소한 상태일 때 혈중 ADH 농도가 높다. 따라서 혈장 삼투압이  $p_1$ 으로 같을 때 혈중 ADH 농도가 정상 상태보다 높은 ㉠은 전체 혈액량이 정상 상태보다 감소한 상태이다.

### 3 방어 작용

#### 1 질병과 병원체

##### 개념 확인 문제

150쪽

##### 1 비감염성 2 감염성

- 1 가, 나, 다, 바 2 (1) ⊕ (2) ⊕ (3) ⊕ (4) ⊖ (5) ⊕ 3 (1) 세 (2) 바 (3) 세 4 (1) ○ (2) ○ (3) ×

1 결핵, 파상풍은 세균, 독감은 바이러스, 말라리아는 원생생물에 감염되어 발생하는 감염성 질병이다.

3 세균은 핵이 없는 단세포 생물로 효소가 있어 스스로 물질대사를 할 수 있다. 세균과 달리 바이러스는 세포 구조를 갖추고 있지 않아 숙주 세포 내에서만 증식할 수 있다.

4 (3) 냉장고 안에서도 세균, 곰팡이가 증식할 수 있으므로 냉장고에 오래 보관한 음식은 먹지 않도록 한다.

##### 대표 자료 분석

151쪽

- 자료 1 1 (1) ⊕ (2) ⊖ (3) ⊕ 2 A, C 3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○ (6) × (7) × (8) ○  
 자료 2 1 A: 바이러스, B: 세균 2 다 3 ⊕ 4 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ×

1-1 말라리아의 병원체는 원생생물이고, 독감, 홍역의 병원체는 바이러스이며, 결핵, 탄저병의 병원체는 세균이다.

1-2 A의 병원체인 원생생물과 C의 병원체인 세균은 (나)의 특징을 모두 갖지만, B의 병원체인 바이러스는 세포 구조로 되어 있지 않으며, 독립적으로 물질대사를 하지 못한다.

1-3 (1) A~C의 질병은 모두 병원체에 감염되어 발생하는 감염성 질병이다.

(2), (3) 말라리아의 병원체는 원생생물로, 모기를 매개로 사람 몸에 들어와 말라리아를 일으킨다.

(4) 독감의 병원체인 바이러스는 세포 구조로 되어 있지 않다.

(5) A~C의 병원체인 원생생물, 바이러스, 세균은 모두 핵산을 가지고 있다.

(6) B의 병원체는 바이러스이므로, 항바이러스제로 치료할 수 있다.

(7) 결핵의 병원체는 세균이므로, 항생제로 치료할 수 있다.

(8) 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체는 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)이므로, B에 포함된다.

2-1 독감을 일으키는 병원체 A는 바이러스이고, 결핵을 일으키는 병원체 B는 세균이다.

2-2 다. ㉠은 세균(B)에는 없고 바이러스(A)에만 있는 특징이다. 세균(B)은 스스로 물질대사를 하고, 바이러스(A)는 스스로 물질대사를 하지 못하므로 '스스로 물질대사를 하지 못한다.'는 ㉠에 해당한다.

바로알기 가, 나. 세포로 되어 있는 것은 세균(B)의 특징(⊕)이고, 유전 물질을 가지고 있는 것은 바이러스(A)와 세균(B)의 공통적인 특징(⊖)이다.

2-3 바이러스는 세포 분열을 통해 스스로 증식하지 못하고, 세균은 세포 분열을 통해 스스로 증식한다. 따라서 '분열을 통해 스스로 증식한다.'는 병원체 B만 가지는 특징인 ⊕에 해당한다.

2-4 (1), (3) 독감을 일으키는 병원체 A는 바이러스로, 살아 있는 숙주 세포 내에서만 증식할 수 있으며, 항바이러스제를 사용하여 치료한다.

(2) 독감은 바이러스, 결핵은 세균에 감염되어 발생하는 감염성 질병이다.

(4) B(세균)은 A(바이러스)보다 크기가 크다.

(5) A(바이러스)와 B(세균)는 모두 돌연변이가 일어날 수 있다.

(6) B(세균)은 단세포 원핵생물이므로 세포 구조를 갖추고 있다.

#### 내신 안정 문제

152~154쪽

- 01 ② 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ③ 05 ③ 06 ④  
 07 ③ 08 ⑤ 09 해설 참조 10 ① 11 ① 12 ③  
 13 ② 14 나 15 ⑤ 16 ②

01 ① 혈우병은 혈액 응고에 관여하는 단백질 유전자의 결함으로 생기는 비감염성 질병이므로 타인에게 전염되지 않는다.

③ 무좀은 곰팡이의 일종인 백선균에 감염되어 발생한다.

④ 결핵을 일으키는 병원체는 세균이며, 세균은 핵막이 없어 뚜렷하게 구분되는 핵이 없는 단세포 생물이다.

⑤ 고혈압은 병원체 없이 발생하는 비감염성 질병으로, 생활 방식, 유전, 환경 등이 복합적으로 작용하여 발생한다.

바로알기 ② 독감을 일으키는 병원체는 인플루엔자 바이러스이다.

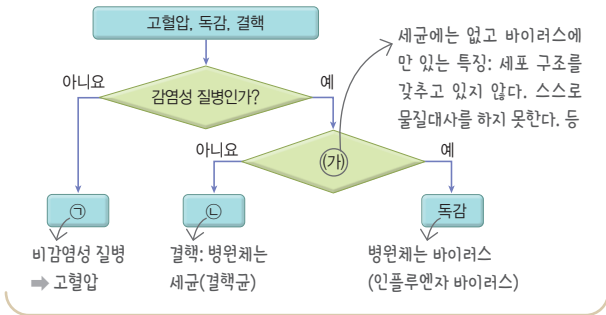
**02** ㄱ. A의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 단백질 껍질 속에 핵산이 들어 있는 구조이므로 단백질을 가지고 있다.  
 ㄴ. B의 병원체는 세균이며, 세균은 세포벽이 있다.  
 ㄷ. 혈우병과 고혈압은 모두 병원체 없이 발생하는 비감염성 질병이다.

**03** 결핵, 감기, 독감은 감염성 질병이고, 고혈압, 당뇨병, 비만은 비감염성 질병이다.

**모범 답안** 병원체에 감염되어 발생하는지의 여부이다. 다른 사람에게 전염되는지의 여부이다. 등

채점 기준	배점
감염 또는 전염 용어를 포함하여 분류 기준을 옳게 서술한 경우	100 %
감염 또는 전염 용어를 사용하지 않고 분류 기준을 옳게 서술한 경우	70 %

**04** 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. 고혈압, 독감, 결핵 중 감염성 질병은 독감과 결핵이고, 비감염성 질병은 고혈압이다. 따라서 ㉠은 고혈압이고, ㉡은 결핵이다.  
 ㄴ. 결핵(㉡)을 일으키는 병원체는 세균이며, 세균은 단세포 생물이므로 분열법으로 증식한다.

**바로알기** ㄷ. 독감을 일으키는 병원체는 바이러스이므로 세포 구조를 갖추고 있지 않고, 결핵(㉡)을 일으키는 병원체는 세균이므로 세포 구조를 갖추고 있다. 따라서 '병원체가 세포 구조를 갖추고 있는가?'는 (가)에 해당하지 않는다.

**05** ③ 결핵은 결핵균, 파상풍은 파상풍균, 탄저병은 탄저균에 의해 발생하는 질병이다.

**바로알기** ① 세균에 의해 발생하는 감염성 질병이다.  
 ②, ⑤ 파상풍과 탄저병은 피부 상처를 통해 병원체에 감염되어 발생하고, 결핵은 결핵 환자의 기침, 재채기로 호흡기를 통해 병원체에 감염되어 발생한다.  
 ④ 세균에 의해 발생하는 질병이므로 항생제로 치료할 수 있다.

**06** 유전 물질이 단백질 껍질에 싸인 구조를 가지며, 살아 있는 숙주 세포 내에서만 증식할 수 있는 병원체는 바이러스이다. 감기, 독감, 홍역, 소아마비는 모두 바이러스에 의해 발생한다.

**바로알기** ④ 콜레라를 일으키는 병원체는 세균이다.

**07** ① 결핵의 병원체 (가)는 세균(결핵균)이고, 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체 (나)는 바이러스이다.  
 ② 세균(가)은 단세포 원핵생물로, 스스로 물질대사를 한다.  
 ④, ⑤ 세균(가)과 바이러스(나)는 모두 단백질과 유전 물질인 핵산을 갖는다.

**바로알기** ③ 바이러스(나)는 세포 구조로 되어 있지 않다.

**08** ① 병원체 ㉠은 원생생물인 말라리아 원충으로, 모기를 매개로 사람 몸에 들어간다.

② 병원체 ㉡은 곰팡이인 백선균으로, 피부에서 번식하여 무좀을 일으키므로 피부 접촉을 통해 감염될 수 있다.

③ 원생생물(말라리아 원충)과 곰팡이(백선균)는 모두 세포 구조를 갖추고 있는 생물이다.

④ 말라리아와 무좀은 모두 병원체에 감염되어 발생하는 감염성 질병이다.

**바로알기** ⑤ 무좀을 일으키는 병원체 ㉡은 곰팡이(백선균)이므로 무좀의 치료에는 항진균제가 사용된다.

**09** (가)는 세균에 의해 발생하는 질병이고, (나)는 원생생물에 의해 발생하는 질병이다.

**모범 답안** • 공통점: 세포 구조를 갖추고 있다. 등

• 차이점: (가)를 일으키는 병원체는 핵막(핵)이 없고, (나)를 일으키는 병원체는 핵막(핵)이 있다. (가)를 일으키는 병원체는 세균이고, (나)를 일으키는 병원체는 원생생물이다. 등

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

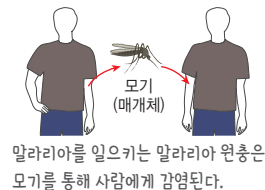
**10** 독감, 콜레라는 모두 감염성 질병이고, 고혈압은 비감염성 질병이다. 독감의 병원체는 바이러스, 콜레라의 병원체는 세균이다. 따라서 A는 독감, B는 콜레라, C는 고혈압이다.

ㄱ. 독감(A)의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 세포 구조를 갖추지 못하였고 스스로 물질대사를 하지 못한다.

**바로알기** ㄴ. 대사성 질환은 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 질환으로, 비감염성 질병이다. 콜레라(B)는 세균에 감염되어 발생하므로 대사성 질환이 아니다.  
 ㄷ. C는 고혈압이다.

**11** 꼼꼼 문제 분석

질병	병원체의 종류
말라리아 A	? 원생생물
홍역 B	바이러스
무좀 C	④ 곰팡이



말라리아를 일으키는 말라리아 원충은 모기를 통해 사람에게 감염된다.



A는 모기를 매개로 전염되므로 말라리아이며, 말라리아의 병원체는 원생생물이다. 무좀과 홍역 중 병원체가 바이러스인 것은 홍역이므로, B는 홍역, C는 무좀이다.

ㄱ. 말라리아(A)의 병원체는 원생생물이며, 원생생물은 핵이 있는 진핵생물이다.

**바로알기** ㄴ. 홍역(B)의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 세포 구조로 되어 있지 않고 독립적으로 물질대사를 하지 못하므로 스스로 증식하지 못한다.

ㄷ. C는 무좀이므로 병원체 ㉠은 곰팡이이다. 곰팡이에 의한 질병은 항진균제를 사용하여 치료한다.

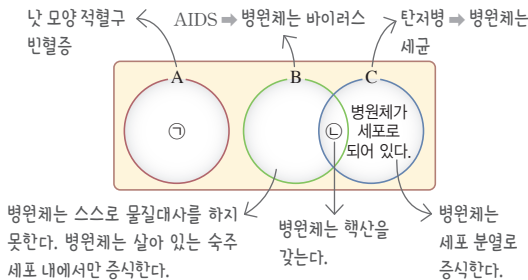
**12** 인슐린 주사로 치료할 수 있는 질병은 당뇨병이다. 무좀의 병원체는 곰팡이이며, 곰팡이는 세포로 이루어져 있다. 독감의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못한다. 따라서 A는 당뇨병, B는 무좀, C는 독감이다.

ㄱ. 당뇨병(A)은 인슐린이 분비되지 않거나 표적 세포가 인슐린에 적절하게 반응하지 못하여 나타나는 질병으로, 병원체 없이 나타나는 비감염성 질병이다.

ㄷ. 독감(C)의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 살아 있는 숙주 세포 내에서 증식한 다음 숙주 세포를 파괴하고 나온다.

**바로알기** ㄴ. 무좀(B)의 병원체는 곰팡이이다.

**13** 꼼꼼 문제 분석



㉠과 ㉡ 중 하나가 '감염성 질병이 아니다.'라고 했는데 C는 병원체가 있으므로 '감염성 질병이 아니다.'는 ㉠에 해당한다. 따라서 A는 병원체 없이 나타나는 비감염성 질병인 낫 모양 적혈구 빈혈증이다. C는 병원체가 세포로 되어 있으므로 세균성 질병인 탄저병이고, B는 병원체가 바이러스인 후천성 면역 결핍증(AIDS)이다.

ㄴ. 후천성 면역 결핍증(B)의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못한다.

**바로알기** ㄱ. 낫 모양 적혈구 빈혈증(A)은 유전자 돌연변이에 의한 유전병으로, 비감염성 질병이므로 타인에게 전염되지 않는다.

ㄷ. 탄저병(C)의 병원체인 세균은 세포 분열을 통해 증식하지만, 후천성 면역 결핍증(B)의 병원체인 바이러스는 세포 구조가 아니며 분열을 통해 증식하는 것이 아니다. 따라서 '병원체는 세포 분열로 증식한다.'는 B와 C의 공통점인 ㉡에 해당하지 않는다.

**14** ㄴ. 결핵(B)의 병원체는 세균이므로, 결핵(B)의 치료에는 세균의 증식을 억제하는 항생제가 사용된다.

**바로알기** ㄱ. 말라리아(A)의 병원체는 원생생물이다.

ㄷ. (가)는 감염성 질병을 예방하는 홍보 포스터인데, C(당뇨병, 혈우병)는 비감염성 질병이다. 따라서 (가)를 통해 A~C를 모두 예방할 수는 없다.

**15** 말라리아를 일으키는 병원체는 모기를 통해 감염되며, 결핵은 결핵 환자의 기침이나 재채기로 호흡기를 통해 병원체가 감염된다. 콜레라는 병원체에 오염된 물을 섭취함으로써 감염된다. 따라서 (가)는 말라리아, (나)는 결핵, (다)는 콜레라이다.

**16** ① 기침이나 재채기를 할 때 입을 가리거나 마스크를 착용하면 환자의 병원체가 다른 사람에게 전염되는 것을 막을 수 있다.

③ 감염성 질병은 손으로도 감염되므로, 비누를 이용해 손을 흐르는 물에 자주 씻으면 병원체의 감염을 막을 수 있다.

④ 냉장고 안이라도 세균, 곰팡이가 증식할 수 있으므로 냉장고에 오래 보관한 음식은 먹지 않도록 한다.

⑤ 대부분의 병원체는 가열하면 죽으므로 물을 끓여 먹고, 음식을 익혀 먹으면 병원체의 감염을 예방할 수 있다.

**바로알기** ② 주삿바늘을 공동으로 사용하면 감염성 질병에 전염될 수 있으므로, 반드시 일회용 주삿바늘을 사용해야 한다.

**실력 UP 문제**

155쪽

01 ⑤    02 ②    03 ④    04 ④

**01** 파상풍, 탄저병은 모두 병원체가 세균이므로 A는 세균성 질병이고, 혈우병, 뇌졸중은 모두 병원체 없이 발생하므로 B는 비감염성 질병이다. 그리고 광견병, 홍역은 모두 병원체가 바이러스이므로 C는 바이러스성 질병이다.

ㄱ. A의 병원체인 세균은 핵이 없는 단세포 원핵생물에 속하므로, 세포 구조로 되어 있다.

ㄴ. 고혈압은 병원체의 감염 없이 발생하는 비감염성 질병이므로 B에 해당한다.

ㄷ. 광견병, 홍역의 병원체인 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못하며, 살아 있는 숙주 세포 내에서만 물질대사를 하고 증식할 수 있다.

**02** (다)에서 ㉠을 주사한 소만 결핵에 걸렸고, (라)에서 결핵에 걸린 소로부터 분리한 병원체가 ㉠과 동일한 것으로 확인되었으므로, ㉠은 결핵의 병원체임을 알 수 있다. 또 (라)에서 결핵의 병원체는 스스로 물질대사를 하였으므로 ㉠은 세균이고, ㉡은 바이러스이다.

- ① 세균(㉠)은 세포 구조로 되어 있는 단세포 생물이다.  
 ③ 항생제는 세균의 증식을 억제하는 물질이므로, 세균(㉠)의 감염으로 발생한 질병의 치료에 사용된다.  
 ④, ⑤ 세균(㉠)과 바이러스(㉡)는 모두 핵산과 단백질을 갖는다.  
**바로알기** ② 바이러스(㉡)는 살아 있는 숙주 세포 내에서 자신의 유전 물질을 복제하고 단백질을 합성한 후 조립하여 새로운 바이러스를 만드는 방법으로 증식한다.

**03** 결핵, 당뇨병, 후천성 면역 결핍증(AIDS) 중에서 병원체에 의한 감염성 질병은 결핵과 후천성 면역 결핍증(AIDS)이다. 결핵의 병원체인 세균은 세포막 바깥에 세포벽이 있고, 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체인 바이러스는 세포 구조로 되어 있지 않으므로 세포벽이 없다. 따라서 A는 결핵, B는 후천성 면역 결핍증(AIDS), C는 당뇨병이다.  
 나. 후천성 면역 결핍증(B)의 병원체는 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)이다.  
 다. 당뇨병(C)은 물질대사에 이상이 생겨 발생하는 대사성 질환에 해당한다.

**바로알기** 가. 결핵(A)의 병원체는 핵이 없는 원핵생물이다.

**04** **꼼꼼 문제 분석**

특징	㉠	㉡	㉢
병원체			
무좀균 A	○	○	㉣○
B	×	?○	×
파상풍균 C	×	㉤○	○

무좀균, 인플루엔자 바이러스, 파상풍균-㉣  
 특징(㉠~㉣)  
 • 곰팡이이다. 무좀균-㉠  
 • 유전 물질을 갖는다.  
 • 스스로 물질대사를 한다.  
 무좀균, 파상풍균-㉤  
 인플루엔자 바이러스 (㉡: 있음, x: 없음) (가) (나)

파상풍균은 세균이고, 무좀균은 곰팡이이며, 인플루엔자 바이러스는 바이러스이다. 따라서 A에만 있는 특징 ㉠은 '곰팡이이다.'이며 A는 무좀균이다. 파상풍균과 인플루엔자 바이러스는 모두 유전 물질인 핵산을 가지고 있고, 파상풍균은 스스로 물질대사를 하지만 인플루엔자 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못한다. 따라서 ㉡은 '유전 물질을 갖는다.'이고, ㉢은 '스스로 물질대사를 한다.'이며, B는 인플루엔자 바이러스, C는 파상풍균이다.

④ A~C는 모두 단백질과 유전 물질인 핵산을 갖는다.

**바로알기** ① A는 무좀균, B는 인플루엔자 바이러스, C는 파상풍균이다.

- ② 인플루엔자 바이러스(B)는 세포 구조로 되어 있지 않다.  
 ③ 파상풍균(C)을 치료할 때는 항생제를 사용한다. 항바이러스제는 바이러스성 질병 치료에 사용한다.  
 ⑤ 무좀균(A)은 핵이 있는 진핵생물이므로 스스로 물질대사를 하며, 파상풍균(C)은 유전 물질인 핵산을 갖는다. 따라서 ㉣과 ㉤는 모두 '○'이다.

**2** **우리 몸의 방어 작용**

**개념 확인 문제**

160쪽

- ① 비특이적    ② 특이적    ③ 세포독성 T    ④ 형질 세포  
 ⑤ 기억 세포

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) ×    2 가, 나, 다    3 T 림프구    4 항원 항체 반응의 특이성    5 (1) 대식 세포 (2) 보조 T 림프구 (3) ㉠ 형질 세포, ㉡ 기억 세포    6 (1) × (2) × (3) ○    7 (1) 알레르기 (2) 자가 면역 질환 (3) 면역 결핍

**1** (2) 특이적 방어 작용은 병원체의 종류를 인식하고 그에 따라 특정 림프구가 작용하여 병원체를 제거한다.

(3) 특이적 방어 작용은 병원체를 인식하고 특정 림프구가 증식·분화하여 작용하기까지 시간이 걸리므로 병원체에 감염된 즉시 일어나지 않는다. 반면 피부, 점막, 염증 등의 비특이적 방어 작용은 병원체에 감염된 즉시 일어난다.

**2** 항원 항체 반응은 병원체를 인식하여 선별적으로 작용하는 특이적 방어 작용에 해당한다.

**3** 골수에서 만들어진 림프구 중 가슴샘으로 이동하여 가슴샘에서 성숙하는 것은 T 림프구이다. T 림프구 중 세포독성 T 림프구는 병원체에 감염된 세포를 직접 파괴하는 작용을 하고, 보조 T 림프구는 B 림프구를 활성화시켜 항체를 생성하도록 돕는 작용을 한다.

**4** 항체는 Y자 모양으로, 종류에 따라 항원 결합 부위의 입체 구조가 다르다.

**5** (1) 체내로 침입한 병원체를 세포 안으로 끌어들이고 후 분해하여 항원을 세포 표면에 제시하는 세포는 대식 세포이다.  
 (2), (3) 보조 T 림프구는 대식 세포의 표면에 제시된 항원 조각을 인식하고 활성화되며, 활성화된 보조 T 림프구는 B 림프구를 활성화시킨다. 활성화된 B 림프구는 형질 세포와 기억 세포로 분화하는데, 형질 세포는 항체를 생성·분비하고, 기억 세포는 항원의 특성을 기억한다.

**6** (1) 백신은 질병 치료가 아니라 예방을 위해 체내에 주입하는 항원을 포함하는 물질이다.

(2), (3) 백신은 인위적으로 1차 면역 반응을 일으켜 특정 병원체에 대한 기억 세포를 생성하도록 하여 이후에 이 병원체가 체내에 침입하였을 때 다량의 항체를 신속하게 만들어 효과적으로 병원체를 제거하도록 한다. 따라서 백신으로 감염성 질병을 예방할 수 있다.

**완다쌤  
비법 특강**

**Q1** 처음 침입하였을 때보다 두 번째 침입하였을 때 항체 농도가 더 빠르고 높게 증가하였다.

**Q1** 항원 A가 처음 침입하면 보조 T 림프구의 도움을 받은 B 림프구가 기억 세포와 형질 세포로 분화되고, 형질 세포에서 항체를 생성하는 1차 면역 반응이 일어난다. 항원 A가 두 번째 침입하면 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 많은 양의 항체를 빠르게 생성하는 2차 면역 반응이 일어난다. 따라서 항원 A가 처음 침입하였을 때보다 두 번째 침입하였을 때 항체 농도가 빠르고 높게 증가한다.

**개념 확인 문제**

- ① A    ② B    ③ AB    ④ O    ⑤ A    ⑥ B    ⑦ Rh<sup>+</sup>  
⑧ Rh<sup>-</sup>

1 (1) ○ (2) × (3) ○    2 ㉠ A, B, ㉡ 없음, ㉢ β, ㉣ α, ㉤ 없음, ㉥ α, β    3 응집원 A, 응집소 β    4 (가) AB형 (나) A형 (다) B형 (라) O형    5 (1) ○ (2) × (3) ○    6 (1) AB형 (2) 응집원 (3) ㉠ 응집원, ㉡ 응집소

**1** 혈액의 응집 반응은 적혈구 세포막에 있는 응집원과 혈장에 있는 응집소가 특이적으로 결합하여 일어나는 항원 항체 반응이다.

**3** 항 A 혈청에는 응집소 α가, 항 B 혈청에는 응집소 β가 들어 있으며, 응집원 A는 응집소 α와, 응집원 B는 응집소 β와 만나면 응집 반응이 일어난다. 이 사람의 혈액은 항 A 혈청에서만 응집 반응이 일어났으므로 A형이다. 따라서 이 사람의 적혈구 세포막에는 응집원 A가 있고, 혈장에는 응집소 β가 있다.

**4** 항 A 혈청(응집소 α)에 응집하면 응집원 A를, 항 B 혈청(응집소 β)에 응집하면 응집원 B를 가지고 있는 것이다. 항 A 혈청과 항 B 혈청 모두에 응집하면(가) AB형, 항 A 혈청에만 응집하면(나) A형, 항 B 혈청에만 응집하면(다) B형, 항 A 혈청과 항 B 혈청에 모두 응집하지 않으면(라) O형이다.

**5** (1) Rh식 혈액형에서 Rh 응집원이 있으면 Rh<sup>+</sup>형, Rh 응집원이 없으면 Rh<sup>-</sup>형이다.  
(2) Rh<sup>+</sup>형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원이 있고, Rh 응집소는 없으며 생성되지도 않는다.  
(3) Rh<sup>-</sup>형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원과 Rh 응집소가 모두 없지만, Rh 응집원이 들어오면 Rh 응집소가 생성될 수 있다.

**6** (1) AB형인 사람의 혈액에는 응집소 α와 β가 없으므로 A형, B형, O형의 혈액을 모두 소량 수혈받을 수 있다.  
(2) O형의 혈액은 응집원 A와 B가 없으므로 ABO식 혈액형이 다른 모든 사람에게 소량 수혈할 수 있지만, 응집소 α와 β가 있으므로 다량 수혈은 할 수 없다.  
(3) 주는 혈액의 응집원과 받는 혈액의 응집소 사이에 응집 반응이 일어나지 않으면 소량 수혈이 가능하다.

**대표 자료 분석**

- 자료 ①** 1 ㉠ 기억 세포, ㉡ 형질 세포    2 (1) 체액성 면역 (2) 형질 세포 (3) 기억 세포    3 (1) × (2) ○ (3) × (4) ○  
**자료 ②** 1 항 A 혈청: 응집소 α, 항 B 혈청: 응집소 β    2 (다) 3 (가) B형, Rh<sup>+</sup>형 (나) B형, Rh<sup>-</sup>형 (다) AB형, Rh<sup>+</sup>형 4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ○

**1-1** 보조 T 림프구에 의해 활성화된 B 림프구는 항원의 특성을 기억하는 기억 세포(㉠)와 항체를 생성·분비하는 형질 세포(㉡)로 분화된다.

**1-2** (1) 형질 세포에서 생성·분비된 항체가 항원과 결합함으로써 항원을 효율적으로 제거하는 (가)는 특이적 방어 작용 중 체액성 면역 과정이다.

(2) 구간 I에서 항체 농도가 감소하는 것은 항체를 생성·분비하는 형질 세포의 수가 줄어들기 때문이다.

(3) 구간 II에서 항체 농도가 빠르게 증가하는 것은 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 형질 세포의 수가 빠르게 늘어났기 때문이다.

**1-3** (1) B 림프구는 골수에서 만들어져 골수에서 성숙하고, T 림프구는 골수에서 만들어져 가슴샘에서 성숙한다.

(2) 보조 T 림프구는 대식 세포가 세포 표면에 제시한 항원의 종류를 인식하고 활성화된다.

(3) 세균이 1차 침입하면 1차 면역 반응이 일어나 형질 세포와 기억 세포가 만들어진다. 따라서 구간 I에서는 형질 세포와 기억 세포가 모두 존재한다.

(4) 세균이 2차 침입하면 2차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 다량의 항체가 빠르게 생성된다. 따라서 구간 II에서는 2차 면역 반응이 일어나 항체가 빠르게 생성된다.

**2-1** 항 A 혈청에는 응집원 A와 결합하는 응집소 α가, 항 B 혈청에는 응집원 B와 결합하는 응집소 β가 있다.

**2-2** 응집원 A는 응집소  $\alpha$ 와 결합하므로 적혈구 세포막에 응집원 A가 있는 사람의 혈액은 항 A 혈청에서 응집한다. 따라서 (다)는 응집원 A가 있다.

**2-3** (가)의 혈액은 항 A 혈청(응집소  $\alpha$ )에는 응집하지 않고 항 B 혈청과 항 Rh 혈청에 응집하므로 (가)의 혈액형은 B형, Rh<sup>+</sup>형이다. (나)의 혈액은 항 A 혈청과 항 Rh 혈청에는 응집하지 않고 항 B 혈청에만 응집하므로 (나)의 혈액형은 B형, Rh<sup>-</sup>형이다. (다)의 혈액은 항 A 혈청, 항 B 혈청, 항 Rh 혈청에 모두 응집하므로 (다)의 혈액형은 AB형, Rh<sup>+</sup>형이다.

**2-4** (1) (가)는 B형이므로, 응집소  $\alpha$ 를 가지고 있다.

(2) (나)는 Rh<sup>-</sup>형이므로, Rh 응집원이 없다.

(3) (다)(AB형)가 (가)(B형)에게 소량 수혈해 줄 경우 (다)의 응집원 A가 (가)의 응집소  $\alpha$ 와 만나 응집 반응이 일어난다. 따라서 (다)(AB형)는 (가)(B형)에게 소량 수혈해 줄 수 없다.

(4) A형인 사람의 혈액에는 응집소  $\beta$ 가 있고, (가)(B형)의 혈액에는 응집원 B가 있기 때문에 Rh<sup>+</sup>, A형인 사람은 (가)로부터 소량 수혈을 받을 수 없다.

(5) O형의 혈액에는 응집원 A와 응집원 B가 모두 없으므로 항 A 혈청과 항 B 혈청에서 모두 응집 반응이 일어나지 않는다.

### 나신 안정 문제

166~169쪽

- |      |      |      |      |          |      |
|------|------|------|------|----------|------|
| 01 ④ | 02 ② | 03 ⑤ | 04 ① | 05 해설 참조 | 06 ④ |
| 07 ① | 08 ④ | 09 ⑤ | 10 ① | 11 ⑤     | 12 ④ |
| 13 ⑤ | 14 ③ | 15 ④ | 16 ④ | 17 ③     | 18 ③ |

**01** ①, ② 피부와 점막, 염증 반응, 식균 작용 같은 비특이적 방어 작용은 병원체에 감염된 즉시 일어난다.

③ 피부의 각질층은 우리 몸의 바깥쪽을 둘러싸고 있으면서 병원체가 몸속으로 들어오는 것을 막는 물리적 장벽 역할을 한다.

⑤ 인체는 일상적으로 병원체에 노출되어 있지만 병원체의 침입에 대항할 수 있는 면역 체계를 갖추고 있어 스스로 보호한다.

**바로알기** ④ 병원체의 종류를 구별하지 않고 동일한 방식으로 일어나는 방어 작용은 비특이적 방어 작용이다.

**02** 나. 비특이적 방어 작용(가)은 병원체에 감염된 즉시 일어나며 병원체의 종류를 구분하지 않는다. 반면, 특이적 방어 작용(나)은 병원체에 노출되면 병원체의 종류를 인식하고 그에 따라 선별적으로 일어나므로 시간이 걸린다. 따라서 비특이적 방어 작용(가)이 특이적 방어 작용(나)보다 먼저 일어난다.

**바로알기** 가, 나. (가)는 비특이적 방어 작용이고, (나)는 특이적 방어 작용이다. 항원 항체 반응은 체액성 면역이므로 특이적 방어 작용(나)에 포함된다.

**03** ① 라이소자임(㉠)은 세균의 세포벽을 파괴하여 세균의 침입을 막는 효소이며, 눈물, 땀, 침 등에 있다.

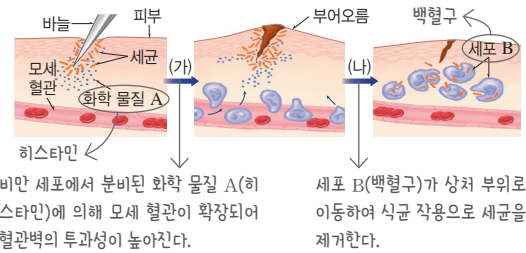
② 기관과 기관지에서 먼지와 병원체는 점막 주변의 섬모 운동으로 점액과 함께 바깥으로 내보내진다. 따라서 (나)의 점액에 의해 호흡기로 들어온 병원체의 침입을 차단할 수 있다.

③ 위액(㉡)에는 강한 산성을 띠는 위산이 포함되어 있어 음식물 속의 병원체를 제거한다.

④ (가)와 (나)는 모두 병원체의 종류나 감염 경험의 유무와 관계 없이 일어나는 비특이적 방어 작용이다.

**바로알기** ⑤ (다)와 (라)는 모두 비특이적 방어 작용이다.

### 04 꼼꼼 문제 분석



②, ⑤ (나) 과정에서 모세 혈관 밖으로 나간 세포 B(백혈구)가 상처 부위로 이동하여 식균 작용으로 세균을 제거한다.

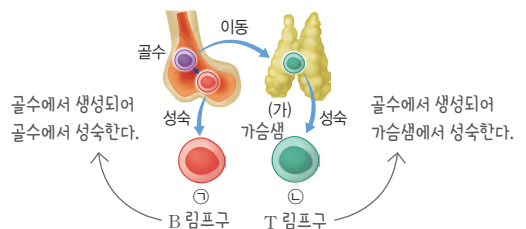
③, ④ (가) 과정에서 화학 물질 A(히스타민)가 모세 혈관을 확장시키고 혈관벽의 투과성을 높여 세포 B(백혈구)와 혈장이 모세 혈관 밖으로 쉽게 빠져나가도록 한다.

**바로알기** ① 화학 물질 A는 히스타민이며, 히스타민은 손상된 부위의 비만 세포에서 분비된다.

**05** **모범 답안** 히스타민, 히스타민의 작용으로 모세 혈관이 확장하여 혈관벽의 투과성이 증가한다.

채점 기준	배점
㉠의 이름을 쓰고, ㉠의 작용으로 나타나는 모세 혈관의 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
㉠의 작용으로 나타나는 모세 혈관의 변화만 옳게 서술한 경우	60 %
㉠의 이름만 옳게 쓴 경우	40 %

### 06 꼼꼼 문제 분석





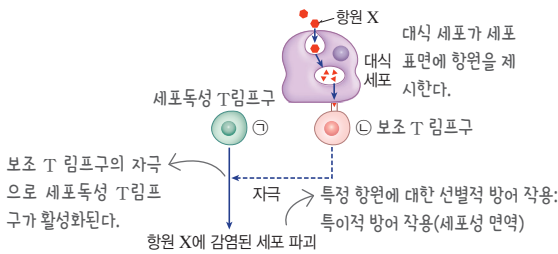
- ① 골수에서 생성된 림프구 중 일부는 가슴샘으로 이동하여 성숙하므로 (가)는 가슴샘이다.
  - ② ㉠(B 림프구)은 증식하여 항체를 생성하는 형질 세포로 분화하므로 체액성 면역에 관여한다.
  - ③ 림프구는 백혈구의 일종으로 골수에서 만들어진다.
  - ⑤ ㉠(B 림프구)과 ㉡(T 림프구)은 모두 항원의 종류를 인식하고 그 항원에만 특이적으로 반응한다.
- 바로알기** ④ 항원을 인식하여 형질 세포로 분화하는 세포는 B 림프구(㉠)이다.

**07** ㄱ. ㉠은 특정 항원이 결합하는 부위로, 항체의 종류에 따라 입체 구조가 다르다.

**바로알기** ㄴ. 항체는 Y자 모양의 단백질로 이루어져 있다.

ㄷ. 항체는 종류에 따라 항원 결합 부위(㉠)의 구조가 다르므로 항원 결합 부위와 입체 구조가 맞는 특정 항원하고만 결합한다.

**08** **꼼꼼 문제 분석**

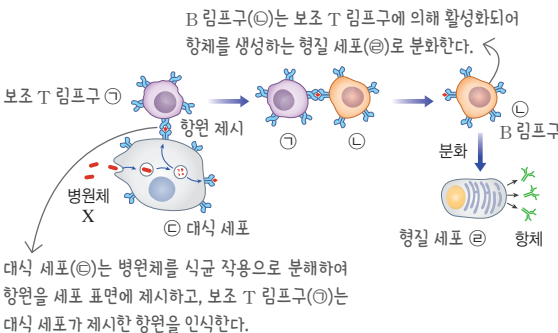


ㄱ. 대식 세포가 세포 표면에 제시한 항원 X를 인식하고 항원 X에 감염된 세포를 선별적으로 파괴하므로, 특이적 방어 작용이다.

ㄷ. ㉡은 보조 T 림프구이다. T 림프구는 골수에서 만들어져 가슴샘에서 성숙한다.

**바로알기** ㄴ. ㉠은 보조 T 림프구(㉡)에 의해 활성화된 세포독성 T림프구로, 항원에 감염된 세포를 직접 공격하여 파괴한다. 이와 같은 방어 작용을 세포성 면역이라고 한다.

**09** **꼼꼼 문제 분석**

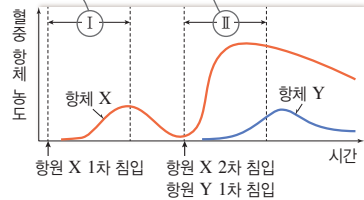


- ① 보조 T 림프구(㉠)는 골수에서 생성된 후 가슴샘으로 이동하여 성숙한다.
  - ② ㉡은 항체를 생성하는 형질 세포로 분화하므로 B 림프구이다.
  - ③ 대식 세포(㉢)는 X를 분해한 후 항원을 세포 표면에 제시하여 보조 T 림프구(㉠)가 인식하도록 함으로써, X의 정보를 보조 T 림프구(㉠)에 전달하는 역할을 한다.
  - ④ 체액성 면역는 항원 항체 반응으로 항원을 제거하는 면역 반응이며, 항체는 형질 세포(㉡)에서 생성된다.
- 바로알기** ⑤ 형질 세포(㉡)는 분화가 끝난 세포로, 기억 세포로 분화되지 않는다.

**10** **꼼꼼 문제 분석**

항원 X에 대한 1차 면역 반응: 항원을 인식한 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화 → 항체가 생성되기까지 잠복기가 있다.

항원 X에 대한 2차 면역 반응: 기억 세포가 증식 및 형질 세포로 분화 → 많은 수의 형질 세포에서 다량의 항체가 빠르게 생성된다.



- ② 특정 항원을 인식한 B 림프구의 분화로 형성된 형질 세포에서 만들어진 항체는 특정 항원하고만 결합한다. 따라서 서로 다른 항원 X, Y와 각각 항원 항체 반응을 하는 항체 X, Y는 서로 다른 형질 세포에서 생성된 것이다.
  - ③ 항원 X가 2차 침입하였을 때 구간 II에서 2차 면역 반응이 일어난 것으로 보아 항원 X의 1차 침입 시 기억 세포가 형성되었음을 알 수 있다.
  - ④ 항원 X가 1차 침입하였을 때 항체 X가 생성되는 과정이 1차 면역 반응이고, 항원 X가 2차 침입하였을 때 기억 세포의 빠른 증식과 분화로 많은 양의 항체 X가 생성되는 과정이 2차 면역 반응이다. 따라서 구간 I에서는 항원 X에 대한 1차 면역 반응이, 구간 II에서는 항원 X에 대한 2차 면역 반응이 일어난다.
  - ⑤ 구간 I(1차 면역 반응)에서는 항체 X가 생성되기까지 잠복기가 있지만, 구간 II(2차 면역 반응)에서는 기억 세포의 작용으로 신속하게 다량의 항체가 생성된다. 따라서 구간 II에서는 구간 I에서보다 항체 X가 생성되는 데 걸리는 시간이 짧다.
- 바로알기** ① 항체 X는 항원 X에 대해 생성된 것이므로 항원 X와 항원 항체 반응을 한다. 항원 Y는 항체 Y와 항원 항체 반응을 한다.

- 11** ①, ③ 백신은 감염성 질병을 예방하기 위해 체내에 주입하는 항원을 포함하는 물질로, 병원성을 제거하거나 약화시킨 병원체, 병원체가 생산한 독소 등으로 만든다.
- ② 특정 병원체에 관한 백신을 접종받으면 1차 면역 반응이 일어나 형질 세포와 기억 세포가 생성된다.

④ 백신으로 예방한 병원체에 감염되면 체내에 해당 병원체에 대한 기억 세포가 존재하므로 2차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 빠르게 증식한 후 분화하여 형질 세포가 생성된다.

**바로알기** ⑤ 백신을 접종하면 1차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 생성된다. 그 결과 병원체가 침입하였을 때 2차 면역 반응이 일어나 빠르게 병원체를 제거한다.

**12** 홍역, 독감, 소아마비, 대상 포진은 모두 병원체의 감염에 의한 질병으로, 백신으로 예방할 수 있다.

**바로알기** ④ 알레르기는 특정 항원에 면역계가 과민하게 반응하는 현상으로, 백신으로 예방하기 어렵다.

**13** X의 병원성을 약화시켜 만든 백신 ㉠을 생쥐 A에게 1차 주사하였을 때 잠복기를 거쳐 혈중 항체 농도가 증가하였으므로 B 림프구가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성하는 1차 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다. ㉠을 2차 주사하였을 때 혈중 항체 농도가 급격히 증가하였으므로 기억 세포가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성하는 2차 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다.

ㄱ. ㉠은 생쥐 A에게 항원으로 작용하였으므로 ㉠을 주사 시 대식 세포의 식균 작용 등과 같은 비특이적 방어 작용이 일어난다. 따라서 구간 I에서 ㉠에 대한 비특이적 방어 작용이 일어난다.

ㄴ. ㉠을 1차 주사했을 때보다 구간 II에서 혈중 항체 농도가 급격하게 증가한 것은 1차 면역 반응 시 형성된 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 다량의 항체가 생성되는 2차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

ㄷ. ㉠은 X에 대한 백신이므로, ㉠을 2차 접종 받은 A의 체내에는 X에 대한 기억 세포가 형성되어 있다. 따라서 (ㄷ)에서 A에게 X를 주사하면 X에 대한 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 다량의 항체가 생성된다.

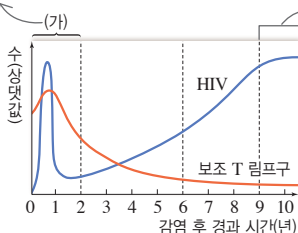
**14** A는 자가 면역 질환, B는 면역 결핍, C는 알레르기이다.  
ㄱ. 류머티즘 관절염은 면역 세포가 연골을 파괴하여 생기는 질환이므로, 자가 면역 질환(A)에 해당한다.

ㄷ. 알레르기(C)는 꽃가루, 먼지, 집먼지진드기, 음식물 등의 특정 항원에 대해 면역계가 과민하게 반응하는 질환이다.

**바로알기** ㄴ. B는 면역 결핍이다.

**15** **꼼꼼 문제 분석**

대식 세포의 식균 작용 등으로 HIV의 수가 감소한다.



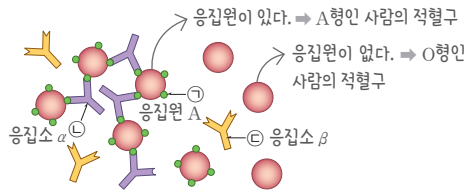
HIV가 보조 T 림프구 내에 증식하면서 보조 T 림프구가 파괴되어 그 수가 감소한다. → 특이적 방어 작용이 일어나지 않아 면역 결핍 증상이 나타난다.

ㄴ. 구간 (가)에서 체내 HIV의 수가 증가하였다가 감소한 것으로 보아 HIV에 대한 식균 작용이 일어났음을 알 수 있다.

ㄷ. HIV의 수가 증가함에 따라 보조 T 림프구의 수가 감소하는 것은 바이러스인 HIV가 보조 T 림프구를 숙주 세포로 하여 증식한 후 숙주 세포인 보조 T 림프구를 파괴하기 때문이다.

**바로알기** ㄱ. 감염 초기에는 식균 작용과 B 림프구의 체액성 면역으로 HIV가 제거되어 HIV의 수가 감소하고, 보조 T 림프구의 수는 크게 감소하지 않는다. 시간이 경과하여 HIV의 수가 증가하여 보조 T 림프구의 수가 크게 감소하면 B 림프구가 항체를 만들지 못하기 때문에 면역 결핍 증상이 나타난다. 따라서 HIV에 감염된 즉시 면역 결핍 증상이 나타나지는 않는다.

**16** **꼼꼼 문제 분석**



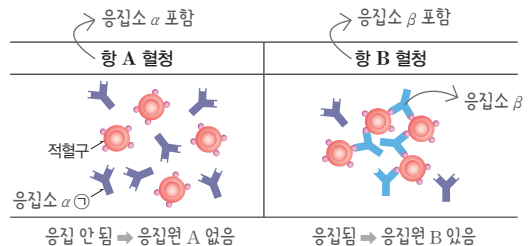
A형인 사람의 적혈구 세포막에는 응집원 A가, 혈장에는 응집소 β가 있고, O형인 사람의 적혈구 세포막에는 응집원이 없고, 혈장에는 응집소 α와 β가 있다. 응집원 A와 응집소 α가 만나 응집 반응을 일으키므로, ㉠은 응집원 A, ㉡은 응집소 α, ㉢은 응집소 β이다.

ㄴ. 항 A 혈청에는 응집소 α(㉡)가 들어 있다.

ㄷ. A형인 사람의 혈액에는 응집소 β가, O형인 사람의 혈액에는 응집소 α와 β가 있다. 따라서 A형인 사람과 O형인 사람의 혈액에는 모두 응집소 β(㉢)가 있다.

**바로알기** ㄱ. ㉠은 응집원 A이며, O형인 사람의 적혈구 세포막에는 응집원 A와 B가 모두 없다.

**17** **꼼꼼 문제 분석**



① 항 A 혈청에는 응집소 α(㉡)가 들어 있다.

② 이 사람은 항 A 혈청에서는 응집 반응이 일어나지 않았고, 항 B 혈청에서는 응집 반응이 일어났으므로, 이 사람의 ABO식 혈액형은 B형이다. 따라서 이 사람은 응집원 B를 가지고 있다.

④ 이 사람은 B형이므로, B형인 사람에게 수혈받을 수 있다.

⑤ 주는 사람의 응집원과 받는 사람의 응집소 사이에 응집 반응이 일어나지 않으면 소량 수혈이 가능하다. 이 사람의 혈액에는 응집원 B가 있지만 AB형인 사람의 혈액에는 응집소 β가 없다. 따라서 이 사람은 AB형인 사람에게 소량 수혈해 줄 수 있다.

**바로알기** ③ 이 사람은 응집원 A는 없고 응집원 B는 있으므로 B형이다.

**18** ㄱ. ABO식 혈액형이 B형인 사람의 혈액에는 응집원 B가 있으며, 응집소 β와 만나면 응집 반응이 일어난다. 따라서 응집 반응이 일어난 혈청 ㉠은 응집소 β가 들어 있는 항 B 혈청이다.

ㄴ. 이 사람의 ABO식 혈액형은 B형이므로 적혈구 세포막에는 응집원 B가, 혈장에는 응집소 α가 있다.

**바로알기** ㄴ. 혈청 ㉠은 B형의 혈액을 떨어뜨렸을 때 응집이 안된 것으로 보아 응집소 α가 들어 있는 항 A 혈청이다. O형의 혈액에는 응집원 A와 응집원 B가 모두 없으므로 항 A 혈청과 항 B 혈청에 모두 응집 반응이 일어나지 않는다.

**실력 UP 문제** 170쪽

01 ④    02 ④    03 ③

**01** (가)는 세포독성 T림프구(㉠)가 병원체 X에 감염된 세포를 직접 제거하는 면역 반응이므로 세포성 면역 반응이다. (나)는 B림프구(㉡)가 기억 세포와 형질 세포(㉢)로 분화하고 항체를 만드는 면역 반응이므로 체액성 면역 반응이다.

④ (나)의 형질 세포(㉢)는 X에 대한 방어 작용으로 만들어진 것이므로 X에 대한 항체를 분비한다.

**바로알기** ① (가)는 세포성 면역, (나)는 체액성 면역에 해당한다.

② 세포독성 T림프구(㉠)는 골수에서 만들어져 가슴샘에서 성숙한다.

③ ㉠은 B림프구이다.

⑤ ㉢는 X에 대한 기억 세포가 형질 세포로 분화하고, 형질 세포에서 항체가 생성되는 과정이므로, 2차 면역 반응에서 일어난다.

**02** **꼼꼼 문제 분석**

생쥐	주사액 조성	생존 여부	항체 생성 여부
I	물질 ㉠	산다.	생성됨
II	물질 ㉡	산다.	? 생성 안됨
III	A	죽는다.	?

A는 병원성이 있다. ㉢에는 항체가 있다. ←

생쥐	주사액 조성	생존 여부
IV	혈청 ㉣ + A	산다.
V	혈청 ㉤ + A	죽는다.

㉤에는 항체가 없다.

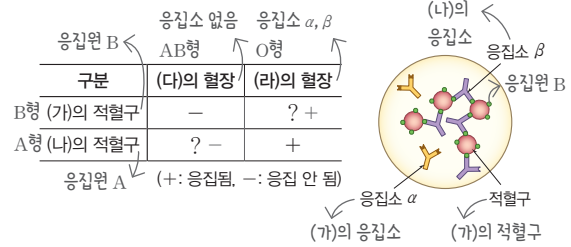
ㄴ. (다)에서 A를 주사한 생쥐 III이 죽었으므로 A는 병원성이 있는 병원체이다. ㉠을 주사한 생쥐 I과 혈청 ㉢와 A를 함께 주사한 생쥐 IV가 생존한 것은 생쥐 I에서 ㉠을 인식한 B림프구가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성하는 1차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

ㄴ. ㉢는 (다)의 I에서 얻은 혈청이므로 A에 대한 항체가 들어 있다. (마)의 IV에 ㉢와 A를 함께 주사하였을 때 IV가 생존한 것은 (마)의 IV에서 A에 대한 항원 항체 반응이 일어나 A를 제거할 수 있었기 때문이다.

**바로알기** ㄱ. 혈청은 혈액에서 세포 성분과 혈액 응고에 관여하는 성분을 제거한 액체 성분이다. 혈청에는 세포 성분이 들어 있지 않으므로, 혈청 ㉢에는 A에 대한 기억 세포가 들어 있지 않다.

**03** **꼼꼼 문제 분석**

(가)~(라)의 ABO식 혈액형은 서로 다르다.



그림은 (가)의 혈액과 (나)의 혈장을 섞은 결과이므로 응집원이 있는 적혈구는 (가)의 것인데, 응집원이 응집소 β와 응집 반응을 일으켰으므로 (가)의 적혈구에 있는 응집원은 응집원 B이고, 응집소 β는 (나)의 것이다. 따라서 (가)는 응집원 B와 응집소 α를 가지므로, ABO식 혈액형이 B형이다.

(나)는 응집소 β를 가지므로 ABO식 혈액형이 A형 또는 O형이다. 표에서 (나)의 적혈구를 (라)의 혈장과 섞었을 때 응집 반응이 일어나므로 (나)의 적혈구에는 응집원 A가, (라)의 혈장에는 응집소 α가 있다. 따라서 (나)의 ABO식 혈액형은 A형이다.

ABO식 혈액형이 AB형인 사람의 혈장에는 응집소가 없고 O형인 사람의 혈장에는 응집소 α와 β가 있다. (라)는 응집소 α를 가지므로 ABO식 혈액형이 O형이고, (다)는 ABO식 혈액형이 AB형이다.

ㄱ. B형인 (가)의 혈장에는 응집소 α가 있고, AB형인 (다)의 적혈구에는 응집원 A와 B가 있다. 따라서 (가)의 혈장과 (다)의 적혈구를 섞으면 응집 반응이 일어난다.

ㄴ. B형인 학생의 혈액에는 응집소 α가 있고, O형인 (라)의 혈액에는 응집소 α와 β가 있다. 따라서 B형인 학생과 (라)의 혈액에는 응집소 α가 공통으로 있다.

**바로알기** ㄴ. A형인 (나)의 적혈구에는 응집원 A는 있지만 응집원 B가 없고, 항 B 혈청에는 응집소 β가 들어 있다. 따라서 (나)의 적혈구와 항 B 혈청을 섞으면 응집 반응이 일어나지 않는다.

## 중단원 핵심 정리

171쪽

- ① 병원체    ② 세균    ③ 바이러스    ④ 라이소자임  
 ⑤ 식균 작용    ⑥ 항원 항체    ⑦ 기억    ⑧ 응집원    ⑨ 응집소

## 중단원 마무리 문제

172~175쪽

- 01 ③    02 ①    03 ③    04 ②    05 ⑤    06 ②  
 07 ④    08 ①    09 ⑤    10 ③    11 ①    12 ⑤    13 ④  
 14 ③    15 해설 참조    16 해설 참조    17 해설 참조    18  
 해설 참조

01 (가)는 독감을 일으키는 인플루엔자 바이러스이고, (나)는 결핵을 일으키는 결핵균이다.

ㄷ. 세균(가)과 바이러스(나)는 모두 유전 물질인 핵산을 갖는다.

**바로알기** ㄱ. 바이러스(가)는 독립적으로 물질대사를 하지 못한다.

ㄴ. (나)는 세균으로, 단세포 원핵생물이다.

### 02 곱셈 문제 분석

질병	특징	병원체가 세포 분열을 한다.		
		㉠	㉡	㉢
무좀 A		×	○	×
파상풍 B		×	?○	○
당뇨병 C		?○	×	?×

(○: 있음, ×: 없음)

무좀과 파상풍은 모두 감염성 질병이고, 당뇨병은 비감염성 질병이다. 무좀의 병원체는 곰팡이, 파상풍의 병원체는 세균이며, 곰팡이와 세균은 모두 세포 분열을 한다. 따라서 ㉠은 '비감염성 질병이다.' ㉡은 '병원체가 세포 분열을 한다.' ㉢은 '병원체가 세균이다.'이고, A는 무좀, B는 파상풍, C는 당뇨병이다.

ㄱ. 무좀(A)의 병원체는 곰팡이이며, 곰팡이는 핵막으로 둘러싸인 핵을 가지고 있는 진핵생물이다.

**바로알기** ㄴ. B는 파상풍이다.

ㄷ. 홍역의 병원체는 바이러스이며, 바이러스는 세포 구조를 갖지 않으므로 세포 분열을 하지 않는다.

03 ㄱ. 변형 프라이온이 체내에 들어오면 정상 프라이온을 변형 프라이온으로 바꾸고, 변형 프라이온이 중추 신경계에 축적되면 정상적인 신경 조직이 붕괴되면서 질병을 일으킨다. 따라서 변형 프라이온은 감염성 질병을 일으키는 병원체이다.

ㄴ. 정상 프라이온이 변형 프라이온과 접촉하면 비정상적인 구조를 가진 변형 프라이온으로 바뀐다.

**바로알기** ㄷ. 변형 프라이온에 의한 질병은 변형 프라이온이 포함된 동물의 뇌나 신경 조직을 섭취함으로써 감염된다.

04 ㄴ. (나)는 형질 세포에서 생성·분비된 항체에 의해 항원을 제거하는 체액성 면역이다. 체액성 면역 과정에는 1차 면역 반응과 2차 면역 반응이 있다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 세포독성 T림프구가 특정 병원체에 감염된 세포를 직접 제거하는 세포성 면역이므로 특이적 방어 작용이다.

ㄷ. (다)에서 라이소자임에 의한 병원체 제거는 병원체의 종류를 구분하지 않고 일어나는 비특이적 방어 작용이다.

05 ㄱ. 그림은 염증 반응을 나타낸 것으로, 염증 반응은 병원체의 종류를 구분하지 않고 일어나는 비특이적 방어 작용이다.

ㄴ. ㉠은 비만 세포에서 분비되는 히스타민으로, 히스타민에 의해 모세 혈관이 확장되어 혈관벽의 투과성이 증가한다.

ㄷ. 상처 부위에 모인 백혈구(㉡)의 식균 작용으로 X가 제거된다.

06 ㉠은 보조 T 림프구에 의해 활성화되어 X에 감염된 세포를 제거하므로(세포성 면역) 세포독성 T림프구이다. ㉡은 보조 T 림프구에 의해 활성화되어 기억 세포와 형질 세포로 분화하므로 B 림프구이며, ㉢은 항체를 생성하므로 형질 세포이다.

ㄴ. 세포독성 T림프구(㉠)와 B 림프구(㉡)는 모두 골수에서 만들어진다.

**바로알기** ㄱ. 활성화된 세포독성 T림프구(㉠)가 X에 감염된 세포를 용해하여 제거하는 면역 반응은 세포성 면역이다.

ㄷ. X에 대한 2차 면역 반응에서 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화한다. 형질 세포(㉢)는 분화가 끝난 세포이다.

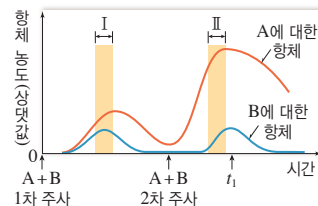
07 ①, ② 항원 항체 반응은 특이적 방어 작용 중 체액성 면역 과정에서 일어난다.

③ 혈액의 응집 반응은 응집원과 응집소의 항원 항체 반응이다.

⑤ 항체는 종류에 따라 항원 결합 부위의 구조가 달라 입체 구조가 맞는 특정 항원하고만 결합할 수 있다.

**바로알기** ④ 항체 한 개에 2개의 항원 결합 부위가 있으므로 한 개의 항체는 최대 두 개의 항원과 결합할 수 있다.

### 08 곱셈 문제 분석



• 항원 A와 B를 1차 주사했을 때: 잠복기를 거쳐 혈중 항체 농도가 서서히 증가하였다. → 1차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

• 항원 A를 2차 주사했을 때: A에 대한 항체 농도가 급격히 증가하였다. → 1차 면역 반응에서 만들어진 A에 대한 기억 세포에 의해 2차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

• 항원 B를 2차 주사했을 때: B에 대한 항체 농도가 서서히 증가하였다. → 1차 주사 때 B에 대한 기억 세포가 만들어지지 않아 1차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

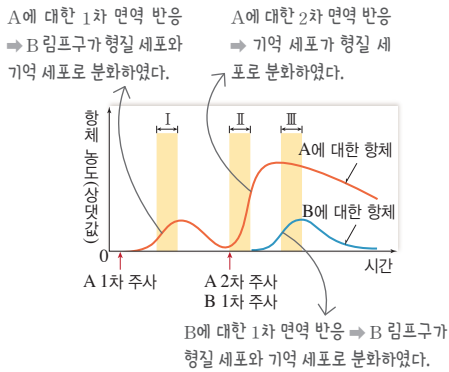


ㄱ. 구간 I에서 A에 대한 혈중 항체 농도가 증가하므로 A에 대한 항체가 만들어져 항원 항체 반응으로 항원 A가 제거되는 체액성 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다.

**바로알기** ㄴ. X에서 B에 대한 기억 세포가 형성되지 않았으며, 구간 II에서 B에 대한 혈중 항체 농도 변화는 B를 1차 주사했을 때 나타난 항체 농도 변화와 같다. 따라서 구간 II에서는 B에 대한 1차 면역 반응이 일어났다.

ㄷ. t<sub>1</sub>일 때 X로부터 분리한 혈청에는 A에 대한 항체와 B에 대한 항체가 모두 들어 있으므로, 이 혈청을 B와 섞으면 B에 대한 항원 항체 반응이 일어난다.

**09** **꼼꼼 문제 분석**



A를 1차 주사하였을 때는 1차 면역 반응이 일어나 A에 대한 혈중 항체 농도가 서서히 증가하였다. A를 2차 주사하였을 때는 2차 면역 반응이 일어나 A에 대한 혈중 항체 농도가 급격하게 증가하였다.

ㄱ. 구간 I에서 A에 대한 혈중 항체 농도가 증가한 것은 A에 대한 형질 세포로부터 항체가 생성되기 때문이다. 따라서 구간 I에는 A에 대한 형질 세포가 존재한다.

ㄴ. 구간 II에서는 A에 대한 2차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 형질 세포로 분화되었다.

ㄷ. B를 1차 주사하였을 때 잠복기를 거쳐 구간 III에서 B에 대한 혈중 항체 농도가 서서히 증가하였으므로, 구간 III에서 B에 대한 1차 면역 반응이 일어났다.

**10** ㄱ. 독감의 병원체(㉠)는 바이러스이다.

ㄴ. 독감의 병원체(㉠)인 바이러스는 숙주 세포(㉡) 표면에 부착하여 유전 물질인 핵산을 숙주 세포 안으로 주입한다.

**바로알기** ㄷ. 백신은 1차 면역 반응을 일으키기 위해 체내에 주입하는 항원을 포함한 물질이다. 백신 원액(㉢)은 독감의 병원체(㉠)를 죽인 뒤 희석한 것이므로, 독감의 병원체(㉠)에 대한 항체가 들어 있지 않다.

**11** ㄱ. 병원체 X가 체내에 침입하면 이를 인식한 B 림프구의 증식·분화로 형질 세포와 기억 세포가 만들어지며, 형질 세포에서 X에 대한 항체가 생성·분비된다.

**바로알기** ㄴ. X는 바이러스이다. 항생제는 세균의 성장과 증식을 억제하는 물질이므로 바이러스에 의해 발생하는 질병은 항생제로 치료할 수 없다.

ㄷ. (나)에서는 병원체 X를 인식하여 기억 세포를 만들므로 이 과정에서 생성된 기억 세포는 병원체 X를 기억하고 있다. X에 대한 백신은 (나)의 기억 세포를 형성하게 하는 항원을 포함한 물질이므로, 기억 세포는 포함되어 있지 않다.

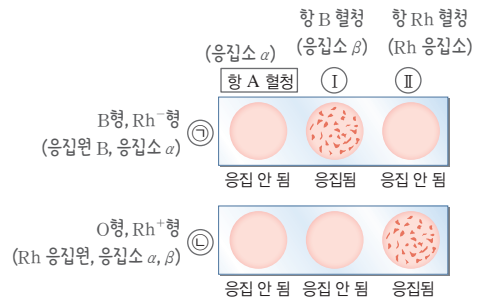
**12** ①, ③ 토끼의 항 Rh 혈청에는 Rh 응집소가 들어 있다. (가)와 (나)의 혈액을 각각 토끼의 항 Rh 혈청과 섞었을 때 응집 반응이 일어나지 않은 (가)는 Rh<sup>-</sup>형이고, 응집 반응이 일어난 (나)는 Rh<sup>+</sup>형이다.

② (나)의 혈액은 항 Rh 혈청과 응집 반응을 하였으므로 Rh 응집원이 있다.

④ 토끼의 항 Rh 혈청에 Rh 응집소가 들어 있는 것은 붉은털원숭이의 Rh 응집원이 토끼에게 항원으로 작용하여 토끼의 체내에서 Rh 응집원에 대한 항체인 Rh 응집소가 생성되었기 때문이다.

**바로알기** ⑤ (가)의 혈액에는 Rh 응집원이 없으므로, (나)에게 수혈하여도 (나)의 체내에서 Rh 응집소가 생성되지 않는다.

**13** **꼼꼼 문제 분석**



㉠의 혈구와 ㉡의 혈장을 섞으면 응집 반응이 일어난다고 했으므로, ㉠의 혈구에는 응집원이 있고 ㉡의 혈장에는 응집소가 있다. 만약 I이 항 Rh 혈청, II가 항 B 혈청이라면 ㉠의 ABO식 혈액형은 O형이어야 하는데, O형의 혈구에는 응집원이 없다. 따라서 I은 항 B 혈청, II는 항 Rh 혈청이고, ㉠의 혈액형은 B형, Rh<sup>-</sup>형이고, ㉡의 혈액형은 O형, Rh<sup>+</sup>형이다.

④ ABO식 혈액형이 AB형인 사람의 혈액에는 응집원 A와 B가 있으므로, 항 B 혈청(I)과 섞으면 응집 반응이 일어난다.

**바로알기** ① ㉠의 Rh식 혈액형은 Rh<sup>-</sup>형이므로, ㉠은 Rh 응집원을 갖지 않는다.

② ㉡의 ABO식 혈액형은 O형이므로, ㉡의 혈장에는 응집소 α와 β가 모두 있다.

③ II는 항 Rh 혈청이므로 Rh 응집소가 있다.

⑤ ㉠의 혈장에는 응집소 α만 있고, ㉡의 혈구에는 Rh 응집원만 있으므로, ㉠의 혈장과 ㉡의 혈구를 섞으면 응집 반응이 일어나지 않는다.

14 **공공 문제 분석**

A형이므로 응집원 A와 응집소 β가 있다.

ABO식 혈액형	소희의 혈액		인원(명)
	적혈구	혈장	
(가) B형	+	+	18
(나) A형	-	-	22
(다) AB형	-	+	14
(라) O형	+	-	6

응집소 α가 있다. 응집원 B가 있다. (+: 응집됨, -: 응집 안 됨)

③ (나)의 혈액은 소희의 적혈구와 혈장 모두에 응집 반응이 일어나지 않았으므로 (나)는 A형이다. (라)의 혈액은 응집소 α가 있지만 응집원 B가 없으므로 (라)는 O형이다. (나)의 적혈구 세포막에는 응집원 A가 있고 (라)의 혈장에는 응집소 α가 있으므로, (나)의 적혈구와 (라)의 혈장을 섞으면 응집 반응이 일어난다.

**바로알기** ① 응집소 α가 있는 혈액형은 B형(가)과 O형(라)이므로 응집소 α를 가진 학생 수는 24명(=18명+6명)이다.

② 응집원 A가 있는 혈액형은 A형(나)과 AB형(다)이므로 응집원 A를 가지고 있는 학생 수는 36명(=22명+14명)이다.

④ (다)는 AB형이므로 (다)의 혈액에는 응집원 A와 B가 있고, (가)는 B형이므로 (가)의 혈액에는 응집원 B와 응집소 α가 있다. 따라서 혈액형이 (다)인 사람의 혈액을 혈액형이 (가)인 사람에게 수혈하면 응집원 A와 응집소 α가 만나 응집 반응이 일어나므로, 혈액형이 (다)인 사람은 (가)인 사람에게 소량 수혈도 할 수 없다.

⑤ (라)는 O형이므로 혈액형이 (라)인 사람은 응집소 α와 β가 있다. 따라서 (가), (나), (다)의 혈액을 모두 소량 수혈도 받을 수 없다.

**15** **모범 답안** • 공통점: 유전 물질(핵산)을 가지고 있다. 단백질질을 가지고 있다. 유전 현상을 나타낸다. 돌연변이가 일어난다. 병원체이다. 등  
• 차이점: 세균은 세포 구조를 갖추고 있지만, 바이러스는 세포 구조를 갖추고 있지 않다. 세균은 스스로 물질대사를 할 수 있지만, 바이러스는 스스로 물질대사를 하지 못한다. 세균은 숙주 세포 밖에서 증식할 수 있지만, 바이러스는 숙주 세포 내에서만 증식할 수 있다. 등

채점 기준	배점
공통점과 차이점을 옳게 서술한 경우	100 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

**16** **모범 답안** ㉠은 기억 세포, ㉡은 형질 세포이다. 기억 세포는 B 림프구가 분화하여 만들어지며, 2차 면역 반응에서 기억 세포가 형질 세포로 분화하고 형질 세포에서 항체를 생성하기 때문이다.

채점 기준	배점
㉠과 ㉡을 옳게 쓰고, 그 까닭도 옳게 서술한 경우	100 %
㉠과 ㉡만 옳게 쓴 경우	50 %

**17** **모범 답안** 질병에 걸리기 전에 백신을 주사하면 1차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 생성된다. 이후에 실제로 병원체가 침입하면 2차 면역 반응이 일어나 기억 세포가 빠르게 증식하고 형질 세포로 분화하여 다량의 항체를 생성하기 때문에 질병을 예방할 수 있다.

채점 기준	배점
1차 면역 반응, 2차 면역 반응과 연관 지어 옳게 서술한 경우	100 %
병원체 침입 시 많은 양의 항체가 만들어지기 때문 또는 2차 면역 반응이 일어나기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

**18** ABO식 혈액형 판정 실험 결과 항 B 혈청에서만 응집 반응이 일어났으므로 철수의 혈액형은 B형이다. B형의 적혈구 세포막에는 응집원 B가, 혈장에는 응집소 α가 있다.

**모범 답안** O형, 철수는 항 B 혈청에서만 응집 반응이 일어났으므로 B형이며, B형은 응집원 B와 응집소 α를 가진다. 표에서 영희의 적혈구와 철수의 혈장을 혼합하였을 때 응집 반응이 일어나지 않으므로 영희는 응집원 A를 갖고 있지 않다. 또, 영희의 혈장과 철수의 적혈구를 혼합하였을 때 응집 반응이 일어났으므로 영희는 응집소 β를 갖고 있다. 따라서 영희의 ABO식 혈액형은 O형이다.

채점 기준	배점
영희의 ABO식 혈액형을 옳게 쓰고, 그렇게 판단한 과정을 철수의 혈액형 판정 실험 결과 및 응집 반응과 연관 지어 옳게 서술한 경우	100 %
영희의 ABO식 혈액형을 옳게 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 설명하였지만 설명이 다소 부족한 경우	70 %
영희의 ABO식 혈액형만 옳게 쓴 경우	30 %

**수능 실전 문제**

177~179쪽

- 01 ②    02 ⑤    03 ③    04 ③    05 ③    06 ⑤  
07 ③    08 ④    09 ④    10 ④    11 ④

**01** **공공 문제 분석**

질병	특징	병원체
결핵	치료에 항생제가 사용된다.	세균
말라리아	(가)	원생생물
헌팅턴 무도병	신경계의 손상(퇴화)이 일어난다.	-

비감염성 질병    모기를 매개로 전염된다.

**선택지 분석**

- ✗ 결핵의 병원체는 바이러스이다. 세균
- ✗ 헌팅턴 무도병은 감염성 질병이다. 비감염성 질병
- ⓐ ‘모기를 매개로 전염된다.’는 (가)에 해당한다.

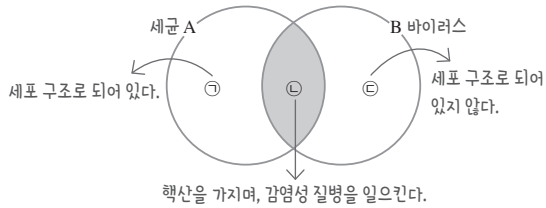
**전략적 풀이** ① 결핵의 병원체와 말라리아의 병원체가 무엇인지 파악하고, 말라리아의 특징을 생각해 본다.

ㄱ. 결핵의 병원체는 결핵균으로, 단세포 원핵생물인 세균이다.  
 ㄴ. 말라리아의 병원체는 말라리아 원충으로, 진핵생물에 속하는 원핵생물이다. 말라리아 원충은 모기를 매개로 사람 몸에 들어가 질병을 일으킨다.

② 감염성 질병과 비감염성 질병의 차이점을 생각해 본다.

ㄴ. 감염성 질병은 병원체에 의해 나타나는 질병이고, 비감염성 질병은 병원체의 감염 없이 나타나는 질병이다. 헌팅턴 무도병은 신경계가 손상되면서 몸의 움직임이 통제되지 않고 지적 장애가 나타나는 유전병으로, 비감염성 질병이다.

## 02 품공 문제 분석



### 선택지 분석

- '핵산을 갖는다.'는 ㉠에 해당한다. ㉡
- '감염성 질병을 일으킨다.'는 ㉢에 해당한다.
- '세포 구조로 되어 있지 않다.'는 ㉣에 해당한다.

전략적 풀이 ① 결핵을 일으키는 병원체 A와 후천성 면역 결핍증(AIDS)을 일으키는 병원체 B가 각각 어떤 종류의 병원체인지 파악한다. 병원체 A는 세균이고, 병원체 B는 바이러스이다.

② 세균과 바이러스의 공통점과 차이점을 이해하여 ㉠~㉣에 해당하는 특징을 판단한다.

- ㄱ. 세균과 바이러스는 모두 유전 물질로 핵산을 가지고 있다. 따라서 '핵산을 갖는다.'는 A와 B의 공통점인 ㉢에 해당한다.
- ㄴ. 감염성 질병은 병원체에 감염되어 발생하는 질병이므로 '감염성 질병을 일으킨다.'는 A와 B의 공통점인 ㉢에 해당한다.
- ㄷ. 병원체 A는 세균이므로 세포 구조로 되어 있고, 병원체 B는 바이러스이므로 세포 구조로 되어 있지 않다. 따라서 '세포 구조로 되어 있지 않다.'는 B만 가지고 있는 특징인 ㉣에 해당한다.

## 03 품공 문제 분석

(가) 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)로 인해 면역력이 저하되어 결핵에 걸린 환자로부터 병원체 ㉠과 ㉢을 순수 분리하였다. ㉠과 ㉢은 결핵의 병원체와 ㉠후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체를 순서 없이 나타낸 것이다.

(나) ㉠은 숙주 세포와 함께 배양하였을 때만 증식하였고, ㉢은 세포 분열을 통해 스스로 증식하였다. ⇒ ㉠은 HIV(바이러스), ㉢은 결핵균(세균)

### 선택지 분석

- ㉠은 자가 면역 질환에 속한다. 속하지 않는다
- ㉢은 AIDS의 병원체이다. 결핵
- ㉠과 ㉢은 모두 핵산을 갖는다.

전략적 풀이 ① ㉠과 ㉢이 각각 어떤 병원체인지 파악하고, ㉠과 ㉢이 가진 특징을 생각해 본다.

ㄴ. ㉠은 숙주 세포와 함께 배양하였을 때만 증식하였고, ㉢은 세포 분열을 통해 스스로 증식하였으므로, ㉠은 바이러스, ㉢은 세균이라는 것을 알 수 있다. 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체는 바이러스이므로 ㉠이고, 결핵의 병원체는 세균이므로 ㉢이다.  
 ㄷ. AIDS의 병원체인 바이러스(㉠)와 결핵의 병원체인 세균(㉢)은 모두 유전 물질인 핵산을 갖는다.

② 후천성 면역 결핍증(AIDS)에 걸리면 면역력이 저하되는 까닭을 생각해 본다.

ㄱ. 후천성 면역 결핍증(AIDS)의 병원체인 사람 면역 결핍 바이러스(HIV)는 보조 T 림프구를 파괴한다. 보조 T 림프구가 없으면 세포성 면역와 체액성 면역이 일어나지 못해 면역 결핍에 이른다. 자가 면역 질환은 면역계가 자기 몸의 세포나 조직을 공격하여 발생하는 질환이므로, 후천성 면역 결핍증(AIDS)은 자가 면역 질환에 속하지 않는다.

## 04 품공 문제 분석

특징	질병	병원체가 갖는 특징의 개수
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 곰팡이에 속한다. ⇒ 무좀</li> <li>• 유전 물질을 갖는다. ⇒ 홍역, 무좀, 말라리아</li> <li>• ㉠독립적으로 물질대사를 한다.</li> </ul>	말라리아 A	2
	무좀 B	? 3
	홍역 C	1

(가) ⇒ 무좀, 말라리아 (나)

### 선택지 분석

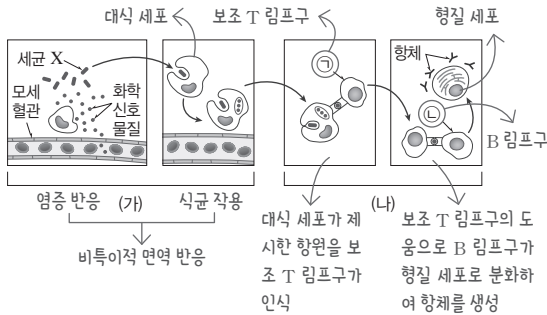
- A는 말라리아이다.
- B의 병원체는 특징 ㉠을 갖는다.
- C의 치료 시에는 항생제가 사용된다. 항바이러스제

전략적 풀이 ① 홍역, 무좀, 말라리아의 병원체가 갖는 특징의 개수를 파악하여, A~C가 각각 어떤 질병인지 알아낸다.

ㄱ. 홍역의 병원체는 바이러스이고, 바이러스는 유전 물질을 가지고 있지만, 독립적으로 물질대사를 할 수 없다(특징의 개수는 1). 무좀의 병원체는 곰팡이이고, 곰팡이는 유전 물질을 가지고 있으며, 독립적으로 물질대사를 할 수 있다(특징의 개수는 3). 말라리아의 병원체는 원핵생물이고, 원핵생물은 유전 물질을 가지고 있으며, 독립적으로 물질대사를 할 수 있다(특징의 개수는 2). 그러므로 A는 말라리아, B는 무좀, C는 홍역이다.

- ㉔ B의 병원체와 C의 병원체가 갖는 특징이 무엇인지 생각해 본다.
- ㉕ 무좀(B)의 병원체인 곰팡이는 핵이 있는 진핵생물이므로, 자신의 효소를 이용해 독립적으로 물질대사를 한다.
- ㉖ 홍역(C)의 병원체는 바이러스이므로, 홍역(C)의 치료에는 항바이러스제가 사용된다. 항생제는 세균성 질병의 치료에 사용된다.

### 05 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉑ ㉑은 가슴샘에서 성숙되었다.
- ㉒ (가)에서 X에 대한 식균 작용이 일어났다.
- ㉓ (나)에서 X에 대한 세포성 면역 반응이 일어났다. **체액성**

**전략적 풀이 ①** (가)와 (나)가 각각 어떤 면역 반응인지 파악한 후, ㉑과 ㉒이 무엇인지 알아낸다.

㉑. (가)는 염증 반응과 대식 세포의 식균 작용으로 X를 분해하는 과정이고, (나)는 대식 세포가 제시한 X에 대한 정보를 보조 T 림프구가 인식하여 활성화되고, 이 보조 T 림프구의 도움을 받은 B 림프구가 형질 세포로 분화하여 항체를 생성하는 과정이다. 따라서 ㉑은 보조 T 림프구, ㉒은 B 림프구이다. 보조 T 림프구(㉑)는 골수에서 생성되고 가슴샘에서 성숙한다.

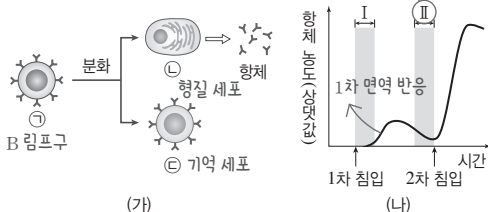
㉕. (가)에서 대식 세포는 세균 X를 자신의 세포 안으로 끌어들여 분해하는 식균 작용을 한다.

㉔ (나)에서 일어난 면역 반응의 특성을 파악한다.

㉖. (나)에서 형질 세포에서 분비된 항체는 X와 항원 항체 반응을 하며, 그 결과 X가 효율적으로 제거된다. 이와 같은 면역 반응은 체액성 면역 반응이다.

### 06 품공 문제 분석

형질 세포가 감소하면서 항체의 농도는 줄어들지만, 기억 세포는 남아 있어 X의 2차 침입 시 2차 면역 반응이 나타난다.



#### 선택지 분석

- ㉑ 보조 T 림프구는 ㉑에서 ㉒으로의 분화에 관여한다.
- ㉒ 구간 I에서 X에 대한 비특이적 방어 작용이 일어났다.
- ㉓ 구간 II에는 X에 대한 ㉓이 있다.

**전략적 풀이 ①** (가)의 방어 작용이 무엇인지 이해하고, ㉑~㉓이 각각 무엇인지 파악한다.

(가)는 체액성 면역 반응의 일부로 B 림프구가 형질 세포와 기억 세포로 분화하는 과정이다. 항체는 형질 세포에서 생성되므로, ㉑은 B 림프구, ㉒은 형질 세포, ㉓은 기억 세포이다.

㉑. (가)에서 B 림프구(㉑)는 X를 인식하여 활성화된 보조 T 림프구의 도움을 받아 증식하여 형질 세포(㉒)와 기억 세포(㉓)로 분화한다.

㉔ (나)에서 X의 1차 침입과 2차 침입 시 일어나는 면역 반응을 파악한다.

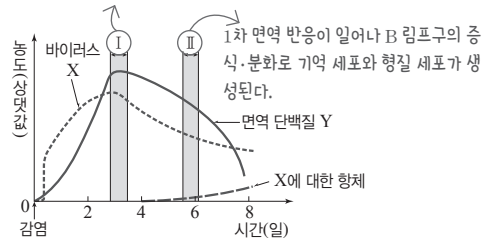
X가 1차 침입하면 X를 인식하는 과정과 B 림프구의 분화 과정을 거쳐 형질 세포가 항체를 생성하는 1차 면역 반응이 일어나며, 이 과정에서 기억 세포도 생성된다. X가 2차 침입하면 1차 면역 반응에서 생성된 기억 세포가 빠르게 증식하여 형질 세포로 분화하며, 형질 세포로부터 다량의 항체가 생성되는 2차 면역 반응이 일어난다.

㉕. X가 1차 침입한 구간 I에서는 대식 세포의 식균 작용과 같은 비특이적 방어 작용이 일어나며, 혈중 항체 농도가 증가하므로 1차 면역 반응이 일어난다.

㉖. 구간 II에서 혈중 항체 농도가 감소하는 것은 형질 세포의 수가 줄어들기 때문이며, 1차 면역 반응 결과 생성된 기억 세포(㉓)는 남아 있어 X가 2차 침입했을 때 2차 면역 반응이 일어나도록 한다.

### 07 품공 문제 분석

X에 감염된 즉시 Y의 농도가 증가하고, Y의 농도가 증가하면 X의 농도가 감소하는 것으로 보아 Y는 비특이적 방어 작용에 관여한다.



#### 선택지 분석

- ㉑ 구간 I에서는 Y에 의해 X의 수가 감소한다.
- ㉒ 구간 II에서는 X에 대한 기억 세포가 있다.
- ㉓ Y는 X에만 특이적으로 작용한다. **비특이적으로**



**전략적 풀이** ① 자료를 분석하여 바이러스 X에 대한 방어 작용에서 면역 단백질 Y의 역할을 파악한다.

ㄱ. 구간 I에서 Y의 농도가 증가하자 X의 농도가 감소하므로 Y에 의해 X의 수가 감소함을 알 수 있다.

ㄷ. Y의 농도는 X에 감염된 직후 증가하였으므로 Y는 X에 대한 인식 단계 없이 비특이적으로 작용함을 알 수 있다.

② X에 감염된 생쥐의 체내에서 항체가 생성되기까지의 과정을 이해하여 구간 II에서 X에 대한 기억 세포의 존재 여부를 판단한다.

ㄴ. 구간 II에서는 바이러스 X에 대한 항체가 만들어지고 있다. X에 대한 항체는 바이러스 X를 인식한 B 림프구의 증식·분화로 생성된 형질 세포에서 생성·분비되며, 형질 세포가 만들어질 때 기억 세포도 함께 만들어진다.

**08** **꼼꼼 문제 분석**

특징	㉠	㉡	㉢	특징(㉠~㉢)
세포	○	○	×	
기억 세포 I	○	○	×	
II	×	○	?×	
형질 세포 III	○	?○	㉠○	
세포독성 T림프구	(○: 있음, ×: 없음)			(나)

**선택지 분석**

- I 이 없으면 1차 면역 반응이 일어나지 않는다. 2차
- II 는 병원체에 감염된 세포를 직접 파괴한다.
- ㉠ 는 '○'이다.

**전략적 풀이** ① 형질 세포, 기억 세포, 세포독성 T림프구가 어떤 특징이 있는지를 파악하여 ㉠~㉢과 I ~ III이 각각 무엇인지 알아낸다.

형질 세포, 기억 세포, 세포독성 T림프구는 모두 특이적 방어 작용에 관여한다. 체액성 면역 반응에서 B 림프구는 형질 세포와 기억 세포로 분화하며, 형질 세포에서 항체를 분비한다. 따라서 형질 세포는 3가지 특징을, 기억 세포는 2가지 특징을, 세포독성 T림프구는 1가지 특징을 가지므로, I 은 기억 세포, II 는 세포독성 T림프구, III 은 형질 세포이고, ㉠ 은 'B 림프구의 분화로 생성된다.' ㉡ 은 '특이적 방어 작용에 관여한다.' ㉢ 은 '항체를 분비한다.'이다.

ㄷ. 형질 세포(III)는 항체를 생성하여 분비하므로 ㉠은 '○'이다.

② 특이적 방어 작용에서 기억 세포와 세포독성 T림프구가 각각 어떤 역할을 하는지 생각해 본다.

ㄱ. 1차 면역 반응에서는 B 림프구가 분화하여 기억 세포와 형질 세포가 만들어지며, 2차 면역 반응이 기억 세포의 작용으로 일어난다. 따라서 기억 세포(I)가 없어도 항원을 인식하여 B 림프구가 활성화되면 1차 면역 반응이 일어난다.

ㄴ. 세포독성 T림프구(II)가 활성화되면 세포성 면적이 일어나 병원체에 감염된 세포를 직접 공격하여 파괴한다.

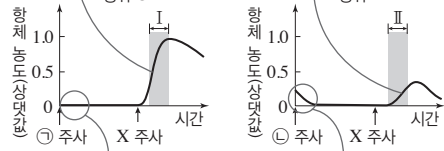
**09** **꼼꼼 문제 분석**

생쥐	2차 면역 반응
A	㉠ ○
B	○

(○: 일어남, ×: 일어나지 않음)

A에 기억 세포(㉠)가 생성되었으므로 2차 면역 반응이 일어났다.

2차 면역 반응: 기억 세포가 형질 세포로 분화하여 항체 생성  
1차 면역 반응: B 림프구가 형질 세포로 분화하여 항체 생성



- ㉠ 주사 시 항체가 없고, X 주사 시 2차 면역 반응이 일어난다. ⇒ ㉠은 기억 세포이다.
- ㉡ 주사 시 항체가 있고, X 주사 시 1차 면역 반응이 일어난다. ⇒ ㉡은 혈장(항체 포함)이다.

**선택지 분석**

- ㉠은 '×'이다. ○
- 구간 I에서 X에 대한 2차 면역 반응이 일어났다.
- 구간 II에서 X에 대한 체액성 면역 반응이 일어났다.

**전략적 풀이** ① (라)의 실험 결과를 분석하여 ㉠과 ㉡이 각각 무엇인지 파악한다.

생쥐 A와 B에 X를 2회에 걸쳐 주사한 후 얻은 ㉠과 ㉡을 각각 C와 D에 주사하였다. (라)의 그림에서 생쥐 C에 ㉠을 주사한 시점에 혈중 항체 농도는 0이었지만 X를 주사한 직후 혈중 항체 농도가 급격히 증가하였다. 이는 ㉠이 기억 세포이어서 X 침입 시 기억 세포의 작용에 의해 다량의 항체가 신속하게 생성되는 2차 면역 반응이 일어났기 때문이다. 그리고 생쥐 D에 ㉡을 주사한 시점에 혈중 항체 농도가 0보다 크고, X를 주사하면 잠복기를 거쳐 혈중 항체 농도가 서서히 증가하였다. 이는 ㉡이 항체가 포함된 혈장이어서 X 침입 시 B 림프구로부터 형질 세포와 기억 세포가 만들어지는 1차 면역 반응이 일어났기 때문이다.

ㄱ. A에서 분리한 ㉠은 기억 세포이다. 이를 통해 A는 X가 1차 침입했을 때 1차 면역 반응이 일어나 형질 세포와 기억 세포가 만들어졌고, X가 2차 침입했을 때 기억 세포의 작용으로 2차 면역 반응이 일어났음을 알 수 있다. 따라서 ㉠은 '○'이다.

② 생쥐 C와 D에서 혈중 항체 농도가 증가하는 구간에서 어떤 방어 작용이 일어났는지 생각해 본다.

ㄴ. ㉠은 기억 세포이므로, 생쥐 C에게 X를 주사하기 전에 C는 기억 세포를 가지고 있다. 따라서 X를 주사하면 구간 I에서 기억 세포가 빠르게 증식하여 형질 세포로 분화하고 형질 세포에서 다량의 항체가 생성되는 2차 면역 반응이 일어났다.

ㄷ. 생쥐 D에게 X를 주사하면 구간 II에서 혈중 항체 농도가 증가하므로 항원 항체 반응에 의해 항원이 제거되는 체액성 면역 반응이 일어났다.

### 10 꼼꼼 문제 분석

(나)와 (라)는 응집한 경우와 응집 안 한 경우가 모두 있으므로 A형 또는 B형이다.

구분	(가)	(나)	(다)	(라)
㉠	-	+	㉡ +	-
㉢	㉣ -	+	+	+
㉤	-	-	+	+

(+: 응집됨, -: 응집 안 됨)  
모두 응집 반응이 일어나지 않는 (가)는 O형이다.      모두 응집 반응이 일어나는 (다)는 AB형이다.

#### 선택지 분석

- ⓧ ㉠과 ㉡는 모두 '-'이다. ㉣는 '-', ㉤는 '+'
- Ⓚ 두 자녀는 (가)와 (다)이다.
- Ⓛ (나)의 적혈구와 (라)의 혈장을 섞으면 응집 반응이 일어난다.

**전략적 풀이 ①** 제시된 응집 반응 결과를 분석하여 이 가족 구성원 (가)~(라)의 ABO식 혈액형을 파악한다.

㉠. O형의 혈액은 응집원이 없으므로 혈장 ㉠~㉢과 섞었을 때 모두 응집 반응이 일어나지 않는다. AB형의 혈액은 응집원 A와 응집원 B가 모두 있으므로 혈장 ㉠~㉢과 섞었을 때 모두 응집 반응이 일어난다. 따라서 (가)의 혈액형은 O형, (다)의 혈액형은 AB형이고, ㉣는 '-', ㉤는 '+'이다.

② (가)~(라) 중 두 자녀가 누구인지 파악한다.

㉠. ㉠~㉢ 중 응집 반응이 일어나지 않는 경우가 없으므로 ㉠~㉢에는 모두 응집소가 있다. 따라서 부모는 AB형이 될 수 없으므로 부모의 ABO식 혈액형은 A형과 B형이고, 자녀는 AB형과 O형이어야 한다. 따라서 두 자녀는 (가)와 (다)이다.

㉡. (나)와 (라)의 혈액형 중 하나는 A형, 다른 하나는 B형이다. A형의 적혈구 세포막에는 응집원 A, B형의 적혈구 세포막에는 응집원 B가 있고, A형의 혈장에는 응집소 β, B형의 혈장에는 응집소 α가 있다. 따라서 (나)의 적혈구와 (라)의 혈장을 섞으면 응집 반응이 일어난다.

### 11 꼼꼼 문제 분석

구분	학생 수
응집원 B를 가진 학생 B형과 AB형	37
응집소 α를 가진 학생 B형과 O형	55
응집원 A와 응집소 β를 모두 가진 학생 A형	35
Rh 응집원을 가진 학생 Rh <sup>+</sup> 형	98

- ➔ A형이 35명이므로 AB형+B형+O형은 100명-35명=65명이다.
- B형+AB형=37명이므로 O형은 65명-37명=28명이다.
- B형+O형=55명이고, O형은 28명이므로 B형은 55명-28명=27명이다. 따라서 AB형은 10명이다.
- Rh<sup>+</sup>형은 98명, Rh<sup>-</sup>형은 2명이다.

#### 선택지 분석

- ⓧ A형과 O형인 학생 수의 합은 55명이다. 63명
- Ⓚ Rh<sup>+</sup>형인 학생 중 B형인 학생 수는 26명이다.
- Ⓛ 항 A 혈청에 응집하는 혈액을 가진 학생 수가 항 B 혈청에 응집하지 않는 혈액을 가진 학생 수보다 적다.
- ⓧ 학생 수가 가장 적은 혈액형의 혈액을 학생 수가 가장 많은 혈액형인 사람에게 소량 수혈할 수 있다. 없다

**전략적 풀이 ①** 제시된 자료를 분석하여 A형, B형, AB형, O형인 학생 수를 파악한다.

㉠. 응집원 B가 있는 혈액형은 AB형, B형이므로 AB형과 B형을 합한 학생은 37명이고, 응집소 α가 있는 혈액형은 B형과 O형이므로 B형과 O형을 합한 학생은 55명이다. 응집원 A와 응집소 β를 모두 가진 혈액의 혈액형은 A형이므로 A형인 학생은 35명이다. 이 집단의 학생은 모두 100명이므로 100명 중 A형인 학생 35명을 제외하면 65명이 남는다. 남은 65명 중 AB형과 B형을 합한 학생은 37명이므로 O형인 학생은 28명이 된다. B형과 O형을 합한 학생은 55명이고, 이 중 O형인 학생 28명을 제외하면 B형인 학생은 27명이다. 따라서 AB형인 학생은 10명이다. 그러므로 A형인 학생 35명과 O형인 학생 28명의 합은 63명이다.

㉡. Rh<sup>-</sup>형이면서 B형인 학생은 1명이다. 따라서 B형인 학생 27명 중 Rh<sup>-</sup>형이면서 B형인 학생 1명을 제외하면 Rh<sup>+</sup>형이면서 B형인 학생 수는 26명이다.

㉢. 항 A 혈청에 응집 반응이 일어나는 혈액형은 A형과 AB형이고, 항 B 혈청에 응집 반응이 일어나지 않는 혈액형은 A형과 O형이다. 따라서 항 A 혈청에 응집하는 혈액을 가진 학생은 45명(=35명+10명)이고, 항 B 혈청에 응집하지 않는 혈액을 가진 학생 수는 63명(=35명+28명)이다. 그러므로 항 A 혈청에 응집하는 혈액을 가진 학생이 항 B 혈청에 응집하지 않는 혈액을 가진 학생보다 적다.

② ABO식 혈액형, Rh식 혈액형의 응집 반응을 통해 학생들 간의 수혈 관계를 파악한다.

㉠. 학생 수가 가장 적은 혈액형은 Rh<sup>-</sup>형이면서 B형(1명) 또는 Rh<sup>-</sup>형이면서 AB형(1명)이다. 학생 수가 가장 많은 혈액형은 Rh<sup>+</sup>형이면서 A형(35명)이다. Rh<sup>-</sup>형이면서 B형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원은 없지만 응집원 B가 있고, Rh<sup>-</sup>형이면서 AB형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원은 없지만 응집원 A, B가 있다. Rh<sup>+</sup>형이면서 A형인 사람의 혈액에는 Rh 응집원, 응집원 A와 응집소 β가 있다.

Rh 응집원이 없는 Rh<sup>-</sup>형은 Rh<sup>+</sup>형에게 수혈을 할 수 있지만, B형과 AB형에 공통으로 있는 응집원 B와 A형에 있는 응집소 β가 만나면 응집 반응이 일어나므로 학생 수가 가장 적은 혈액형의 혈액을 학생 수가 가장 많은 혈액형의 혈액을 가진 사람에게 소량 수혈해 줄 수 없다.

### 1 유전의 원리

#### 1 염색체

##### 개념 확인 문제

185쪽

- ① 유전자    ② 염색체    ③ 상동    ④ 염색 분체  
⑤ 상동 염색체

- 1 A: DNA, B: 히스톤 단백질, C: 뉴클레오솜, D: 염색체, E: 동원체, F: 염색 분체    2 (1) ㄹ (2) ㄴ (3) ㄷ (4) ㄱ    3 (1) ○ (2) ○ (3) ×    4 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○    5 (1) ○ (2) × (3) ○  
6 (가)  $n=4$  (나)  $2n=4$

1 A는 유전 물질인 DNA이고, B는 DNA를 응축시키는 데 관여하는 히스톤 단백질이다. C는 DNA와 히스톤 단백질로 이루어진 뉴클레오솜이며, D는 DNA가 응축되어 나타난 막대 모양의 염색체이다. E는 방추사가 붙는 자리인 동원체이며, F는 DNA가 복제되어 형성된 염색 분체이다.

2 (1) DNA와 히스톤 단백질로 구성된 염색체는 세포 분열 시 응축되어 막대 모양으로 나타난다.

- (2) 한 개체가 가지고 있는 모든 유전 정보를 유전체라고 한다.  
(3) 생물의 형질을 결정하는 유전 정보의 단위를 유전자라고 한다. 유전자는 DNA의 특정 부위에 있다.  
(4) DNA는 폴리뉴클레오타이드 두 가닥이 나선 모양으로 꼬인 이중 나선 구조이다.

3 (1) 여자의 체세포에는 22쌍의 상염색체와 X 염색체 2개가 있으므로 총 23쌍의 상동 염색체가 있다.

- (2) 남자와 여자의 체세포는 상동 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상은  $2n$ 이고, 염색체 수는 46이다.  
(3) 여자의 X 염색체 2개 중 하나는 어머니에게서, 다른 하나는 아버지에게서 물려받은 것이다.

4 (1) 동원체에서 붙어 있는 (가)와 (나)는 염색 분체로, DNA가 복제되어 만들어진 것이므로 유전자 구성이 같다.

- (2) 대립유전자는 상동 염색체의 동일한 위치에 있다. (가)와 (나)는 염색 분체이므로 ㉠과 ㉡은 대립 관계(대립유전자)가 아니다.  
(3) A는 세포 분열 시 방추사가 붙는 자리인 동원체이다. 두 염색 분체는 동원체 부분에서 서로 붙어 있다.

(4) 세포 분열 시 염색 분체는 분리되어 서로 다른 딸세포로 들어간다.

5 (1) 대립유전자는 한 가지 형질에 대해 대립 형질이 나타나게 한다.

(2), (3) 대립유전자는 상동 염색체를 통해 부모에게서 하나씩 물려받은 것이므로 같을 수도 있고 다를 수도 있다.

6 (가)는 상동 염색체 중 하나씩만 있으므로 핵상은  $n$ 이고, 염색체 수는 4이다. 따라서  $n=4$ 이다.

(나)는 상동 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상은  $2n$ 이고, 염색체 수는 4이다. 따라서  $2n=4$ 이다.

##### 대표 자료 분석

186쪽

자료 ① 1 뉴클레오타이드    2 ㉠ DNA, ㉡ 히스톤 단백질, ㉢ 뉴클레오솜    3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × (7) ×

자료 ② 1 (나)  $n=3$  (다)  $2n=6$  (라)  $n=3$     2 (나), (라)    3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×

1-1 A는 DNA이며, DNA를 구성하는 단위체는 뉴클레오타이드이다.

1-2 B는 유전 물질인 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 뉴클레오솜이다.

1-3 (1) 하나의 DNA에는 수많은 유전자가 있다.

(2) DNA가 히스톤 단백질과 결합한 뉴클레오솜은 염색체가 핵 속에 풀어져 있을 때에도 존재한다.

(3) 핵 속에 풀어져 있던 염색체는 세포 분열 시 응축되어 C와 같은 형태로 나타난다.

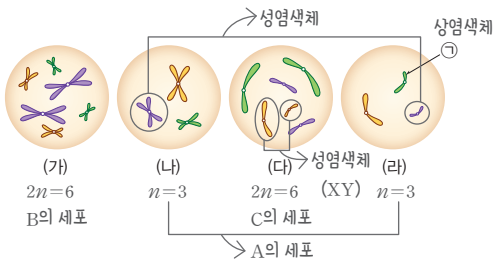
(4) 한 개체의 유전 정보는 체세포에 들어 있는 모든 염색체에 나뉘어 저장되어 있다. 따라서 염색체 하나에는 한 개체의 유전 정보 중 일부만 들어 있다.

(5) D는 세포 분열 시 방추사가 붙는 동원체이다.

(6) E와 F는 염색 분체로, 세포가 분열하기 전에 DNA가 복제되어 형성된다.

(7) E와 F는 DNA가 복제되어 만들어진 염색 분체로, 동일한 위치에는 동일한 유전자가 있다.

## 2-1 꼼꼼 문제 분석



(가)와 (다)는 상동 염색체가 쌍으로 있고 염색체가 6개이므로  $2n=6$ 이다. (나)와 (라)는 상동 염색체 중 하나씩만 있고, 염색체가 3개이므로  $n=3$ 이다.

**2-2** 염색체의 모양과 크기를 비교해 보면 (가), (나), (다)는 서로 다른 종의 세포이고, (나)와 (라)는 같은 종의 세포이다. (가)~(라) 중 2개가 A의 세포이므로 A의 세포는 (나)와 (라)이다.

**2-3** (1) A의 세포 (나)와 (라)에서 모양과 크기가 다른 염색체는 X 염색체와 Y 염색체이다. 따라서 A는 수컷이다.

(2) A와 B는 성이 서로 다르다고 했으므로 B는 암컷이고, 성염색체 구성이 XX인 (가)는 B의 세포이다. (다)는 C의 세포인데 성염색체 구성이 XY이므로 C는 A와 마찬가지로 수컷이다.

(3) A~C 모두 체세포의 핵상과 염색체 수는  $2n=6$ 으로 같다.

(4) B는 암컷으로, 체세포의 염색체 구성은  $4+XX$ 이다.

(5) ㉠은 A의 세포인 (나)와 (라)에서 공통적으로 존재하므로 상염색체이다.

(6) (다)의 핵상은  $2n$ 이므로 성염색체 수는 2이고, (나)의 염색체 수는 3인데 각 염색체가 2개의 염색 분체로 되어 있으므로 (나)의 염색 분체 수는 6이다. 따라서  $\frac{\text{(다)의 성염색체 수}}{\text{(나)의 염색 분체 수}} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$ 이다.

## 내신 안정 문제

187~190쪽

- |                      |                                 |      |          |          |      |
|----------------------|---------------------------------|------|----------|----------|------|
| 01 ㉠                 | 02 A: 뉴클레오솜, B: DNA, C: 뉴클레오타이드 |      |          |          |      |
| 03 ㉠                 | 04 ㉢                            | 05 ㉠ | 06 ㉡     | 07 해설 참조 | 08 ㉠ |
| 44. ㉠ 2, ㉢ 없고, ㉡ $n$ | 09 ㉠                            | 10 ㉠ | 11 ㉡     | 12 ㉡     |      |
| 13 ㉠                 | 14 ㉠                            | 15 ㉤ | 16 해설 참조 | 17 ㉤     | 18 ㉤ |

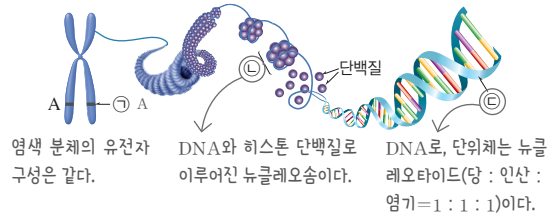
**01** ① DNA는 두 가닥의 폴리뉴클레오타이드가 나선 모양으로 꼬여 있는 이중 나선 구조이다.

② 핵 속에 실처럼 풀어져 있던 염색체는 세포가 분열할 때 응축되어 막대 모양으로 나타난다.

③ 염색체를 구성하는 주요 물질은 DNA와 히스톤 단백질이다.  
⑤ 유전체는 한 생물이 가지고 있는 모든 유전 정보를 의미한다.  
**바로알기** ④ 유전자는 유전 정보가 저장된 DNA의 특정 부위이며, DNA 하나에는 수많은 유전자가 있다.

**02** A는 DNA가 히스톤 단백질을 감싸고 있는 뉴클레오솜이고, B는 폴리뉴클레오타이드 두 가닥이 나선 모양으로 꼬인 DNA이며, C는 DNA의 단위체인 뉴클레오타이드이다.

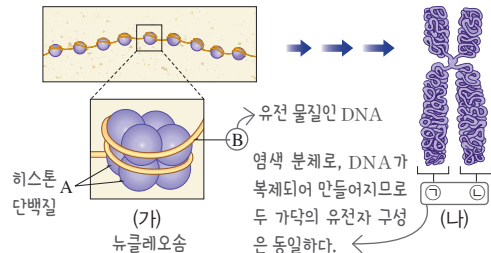
## 03 꼼꼼 문제 분석



㉠. 뉴클레오솜(㉠)은 DNA와 히스톤 단백질로 이루어져 있다.  
㉡. DNA(㉡)를 구성하는 단위체는 뉴클레오타이드이며, 뉴클레오타이드는 당, 인산, 염기가 1 : 1 : 1로 구성되어 있다.

**바로알기** ㉠. 하나의 염색체를 구성하는 두 가닥의 염색 분체는 DNA가 복제되어 형성된 것이므로 유전자 구성이 동일하다. 따라서 ㉠은 A이다.

## 04 꼼꼼 문제 분석



㉠. (가)는 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 뉴클레오솜이다.  
㉡. A는 히스톤 단백질이고, 단백질은 아미노산으로 구성된다.

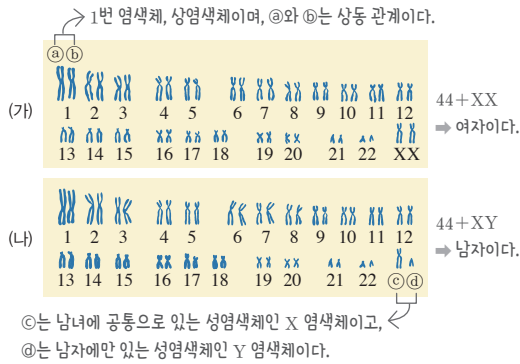
**바로알기** ㉡. ㉠과 ㉡은 염색 분체로, 하나의 DNA를 구성하는 폴리뉴클레오타이드 두 가닥이 각각 응축되어 형성되는 것이 아니라, 세포 분열 전에 DNA가 복제된 후 각각의 DNA 이중 나선이 히스톤 단백질과 결합하고 응축되어 형성된다.

**05** ① 성염색체가 XY이므로 이 사람은 남자이다.  
② 숫자가 쓰여 있는 것이 상염색체로, 22쌍의 상염색체가 있다.  
③ a와 b는 1번 염색체로, 모양과 크기가 같은 상동 염색체이다.  
⑤ 이 사람의 몸을 구성하는 모든 체세포의 핵형은 동일하다.

**바로알기** ④ 피부 세포는 체세포이므로 상동 염색체가 쌍으로 있다. 따라서 피부 세포의 염색체 구성은  $44+XY$ 이다.



## 06 꼼꼼 문제 분석



- ① ㉓와 ㉔는 상염색체이며, 각 염색체는 DNA와 히스톤 단백질로 구성되어 있다.
- ③ 남자의 성염색체 중 X 염색체는 어머니에게서, Y 염색체는 아버지에게서 물려받는다.
- ④ (가)의 X 염색체 수는 2이고, (나)의 X 염색체 수는 1이므로  

$$\frac{\text{(가)의 X 염색체 수}}{\text{(나)의 X 염색체 수}} = 2$$
이다.
- ⑤ (가)의 상염색체 수는 44이고, 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 (가)의 상염색체의 염색 분체 수는  $44 \times 2 = 88$ 이다.
- 바로알기** ② ㉓는 남녀에 공통으로 있는 X 염색체이고, ㉔는 남자에만 있는 Y 염색체로, 두 염색체 모두 성염색체이다.

**07** 핵형 분석은 염색체의 수, 모양, 크기 등과 같은 염색체의 특성을 분석하는 것으로, 이를 통해 성별, 염색체 수의 이상 여부, 염색체 구조의 이상 여부 등을 파악할 수 있다.

**모범 답안** 남녀 성별을 알 수 있다. 다운 증후군과 같은 염색체 수 이상을 알 수 있다. 고양이 울음 증후군과 같은 염색체 구조 이상을 알 수 있다. 등

채점 기준	배점
두 가지를 모두 옳게 서술한 경우	100 %
한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

**08** 정상인 사람의 체세포는 핵상과 염색체 수가  $2n = 46$ 이고, 상염색체 44(㉓)개, 성염색체 2(㉔)개가 있다. 생식세포는 상동 염색체 쌍이 없어(㉔) 핵상은  $n(㉓)$ 이고, 염색체 수는 23이다.

**09** ④ 침팬지의 체세포 1개의 염색체 수는 48인데, 성염색체가 2개이고, 상염색체가 46개이다. 따라서 침팬지의 생식세포 1개에는 성염색체 1개와 상염색체 23개가 있다.

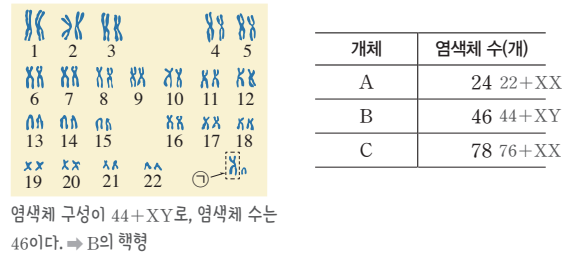
**바로알기** ① 침팬지와 감자는 체세포의 염색체 수는 48로 같지만 염색체의 크기와 모양이 다르므로 핵형이 다르다.

② 체세포 1개의 염색체 수는 감자가 48이고 벼는 24이므로 감자가 벼의 2배이다. 그러나 염색체 1개당 유전자 수는 염색체마다 다르므로 제시된 자료만으로는 감자와 벼의 유전자 수를 알 수 없다.

③ 하나의 염색체에는 많은 수의 유전자가 있으므로 벼의 체세포 1개에는 12쌍보다 훨씬 많은 수의 대립유전자가 있다.

⑤ 체세포 1개에 있는 염색체 수는 침팬지가 초파리의 6배이지만, DNA 길이는 제시된 자료만으로는 알 수 없다.

## 10 꼼꼼 문제 분석

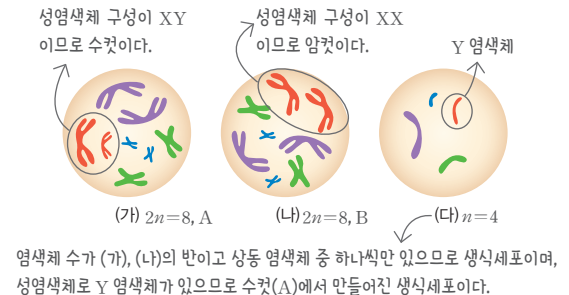


ㄴ. 성염색체 중 크기가 큰 ㉓는 X 염색체이고, 크기가 작은 것은 Y 염색체이다. X 염색체(㉓)는 모계로부터, Y 염색체는 부계로부터 물려받은 것이다.

**바로알기** ㄱ. (가)의 체세포의 염색체 수는  $2n = 46$ 이므로 (가)는 B이다.

ㄷ.  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 A에서  $\frac{22}{2} = 11$ , B에서  $\frac{44}{1} = 44$ , C에서  $\frac{76}{2} = 38$ 로, B가 가장 크다.

## 11 꼼꼼 문제 분석

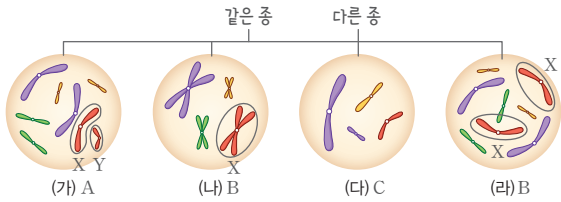


ㄱ. A는 체세포의 염색체 구성이 (가)이므로 수컷이고, B는 체세포의 염색체 구성이 (나)로 암컷이다.

ㄴ. (가)와 (나)는 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 체세포이며, 핵상은  $2n$ 으로 같다.

**바로알기** ㄷ. (다)는 Y 염색체가 있으므로, 수컷인 A의 생식세포이다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



- (가)는  $2n=8$ 이며, 성염색체 구성은 XY이다.  $\Rightarrow$  A는 수컷이다.
- (나)는  $n=4$ 이며, 감수 1분열이 끝난 상태의 세포이다. 성염색체로는 X 염색체가 있으며, B의 세포이다.
- (다)는  $n=4$ 이며, 생식세포이다. 염색체의 크기와 모양이 (가), (나), (라)와 다르므로 A, B와는 다른 종인 C의 세포이다.
- (라)는  $2n=8$ 이며, 성염색체의 크기와 모양이 (가)와 같고, 성염색체 구성은 XX이다.  $\Rightarrow$  B의 세포이며, B는 A와 같은 종인 암컷이다.

② (가)는 A, (라)는 B의 세포이다. A는 수컷이고 B는 암컷이며, A와 B는 같은 종에 속한다.

**바로알기** ① (가)는 A, (다)는 C의 세포이며, A와 C는 핵형이 다르므로 서로 다른 종이다.

③ (나)의 염색체 수는  $n=4$ 이며, X 염색체가 1개 있다. (라)의 염색체 수는  $2n=8$ 이며, X 염색체가 2개 있다.

④ (다)의 염색체 수는  $n=4$ 이며, 상염색체가 3개이고 성염색체가 1개이다.

⑤ B와 C는 서로 다른 종이므로 핵형이 다르다.

13  $\neg$ . (가)와 (나)의 1번 염색체 수는 2로 같다.

ㄷ. ㉠과 ㉡은 DNA가 복제되어 만들어진 염색 분체이므로 유전자 구성이 같다.

ㄹ. 염색 분체는 세포 분열이 진행됨에 따라 분리되어 각각 다른 딸세포로 들어간다.

**바로알기** ㄴ. ㉠과 ㉡은 상동 염색체이므로 부모에게서 1개씩 물려받은 것이다.

14  $\neg$ . (가)는  $2n=6$ 인 A의 세포이다.

ㄷ. B의 체세포에는 12개의 염색체가 있으며, 체세포 분열 중기에는 각 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 염색 분체의 수는  $12 \times 2 = 24$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 체세포의 염색체 수는 A가  $2n=6$ 이고, B가  $2n=12$ 이므로 A와 B는 서로 다른 종이다.

15  $\neg$ . 어떤 형질에 대한 대립유전자는 상동 염색체의 동일한 위치에 있다. 따라서 ㉠에는 A와 대립 관계인 a가 있다.

ㄴ. 하나의 염색체를 구성하는 두 개의 염색 분체는 DNA가 복제되어 만들어지므로 유전자 구성이 동일하다. 따라서 ㉡과 ㉢에는 같은 유전자가 있다.

ㄷ. (가)와 (나)는 염색 분체로, 체세포 분열 후기에 분리되어 서로 다른 세포로 들어간다.

16 **모범 답안** (1) ㉠은 성염색체 구성이 XY이므로 남자이다.

(2) (가)는 상동 염색체가 쌍을 이루고 있으므로 핵상이  $2n$ 인 체세포이다.

(3) d와 E, ㉠과 ㉡은 하나의 염색체를 구성하는 염색 분체로, DNA가 복제되어 만들어지므로 유전자 구성이 동일하다. 따라서 ㉡에는 ㉠과 마찬가지로 대립유전자 d와 E가 있다.

채점 기준	배점
(1) 성별과 근거를 모두 옳게 서술한 경우	30 %
성별만 옳게 쓴 경우	10 %
(2) 체세포라는 것과 근거를 모두 옳게 서술한 경우	30 %
체세포라고만 쓴 경우	10 %
(3) 대립유전자 두 가지를 옳게 쓰고, 근거를 옳게 서술한 경우	40 %
대립유전자 두 가지만 옳게 쓴 경우	20 %

17 (가)는 모양과 크기가 다른 성염색체 쌍을 가지므로 성염색체 구성이 XY인 수컷이다. (나)는 모양과 크기가 같은 성염색체 쌍을 가지므로 성염색체 구성이 XX인 암컷이다.

① A는 암수 공통으로 있는 상염색체에 있다.

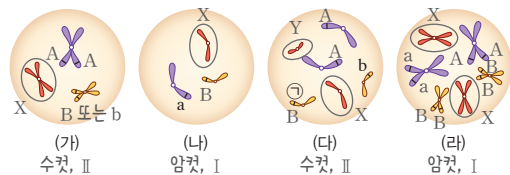
② B는 암수 공통으로 있는 성염색체인 X 염색체에 있다.

③ 수컷은 X 염색체를 1개만 가지므로 B에 대한 대립유전자가 없다. X 염색체에 있는 B와 Y 염색체에 있는 D는 각각 다른 형질을 결정하는 유전자이다.

④ D는 Y 염색체에 있으므로 수컷에게만 있는 유전자이다.

**바로알기** ⑤ 체세포 분열에서 딸세포의 염색체 수와 유전자 구성은 모세포와 같다. 따라서 (나)가 체세포 분열을 하면 각각의 딸세포에 A와 a가 모두 있다.

18 **꼼꼼 문제 분석**



- (다)에는 모양과 크기가 다른 1쌍의 성염색체(XY)가 있고, (라)에는 모양과 크기가 같은 1쌍의 성염색체(XX)가 있다.  $\Rightarrow$  (다)는 수컷, (라)는 암컷의 세포이다.
- (다)에는 대립유전자 b가 있으므로 (다)는 II의 세포이다.  $\Rightarrow$  II는 수컷이고, I은 암컷이며, (라)는 I(암컷)의 세포이다.
- (나)에는 대립유전자 a가 있다.  $\Rightarrow$  (나)는 I의 세포이다.
- (가)~(라) 중 2개는 I의 세포이고, 나머지 2개는 II의 세포이므로 (가)는 II의 세포이다.

① II의 유전자형은 AABb이다. 상동 염색체의 하나에는 대립유전자 b가 있으므로 다른 하나에 있는 ㉠은 B이다.

② II는 성염색체 구성이 XY이므로 수컷이다.

③ (다)와 (라)는 성별이 다른 개체의 세포이고, (다)는 대립유전자 b가 있는 II의 세포이므로, (라)는 I의 세포이다. (나)에는 대립유전자 a가 있으므로 유전자형이 AaBB인 I의 세포이다. 따라서 (나)와 (라)는 I의 세포이다.

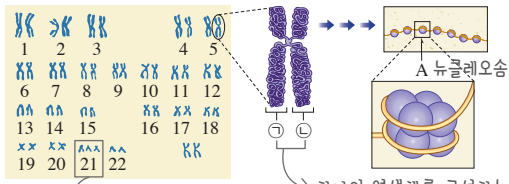
④ (가)의 핵상은  $n$ 이고, (다)의 핵상은  $2n$ 이다.

**바로알기** ⑤ 염색체 구성은 (나)가  $2+X$ , (라)가  $4+XX$ 이다. 따라서  $\frac{X}{\text{상염색체 수}}$ 는 (나)가  $\frac{1}{2}$ , (라)가  $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$ 로 같다.

**실력 UP 문제** 191쪽

01 ②    02 ⑤    03 ②    04 ⑤

**01** **꼼꼼 문제 분석**



21번 염색체가 3개, 성염색체의 모양과 크기가 같다.  $\Rightarrow 2n+1=45+XX$

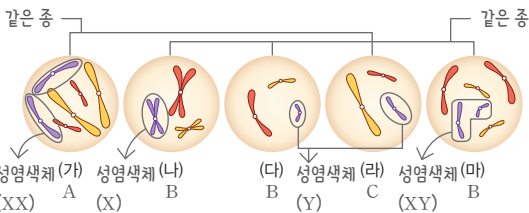
하나의 염색체를 구성하는 염색 분체로, DNA가 복제되어 만들어진다.

나. A는 DNA와 히스톤 단백질로 이루어진 뉴클레오솜이다. DNA는 당 : 인산 : 염기 = 1 : 1 : 1로 구성되며, 당으로 디옥시 리보스를 갖는다.

**바로알기** 가. 이 사람은 21번 염색체가 3개로 정상인보다 염색체가 1개 더 많으므로 핵상과 염색체 수는  $2n+1=47$ 이다.

다. ㉠과 ㉡은 하나의 염색체를 이루고 있는 2개의 염색 분체이며, 염색 분체는 DNA가 복제되어 만들어진 것으로 유전자 구성이 같다.

**02** **꼼꼼 문제 분석**



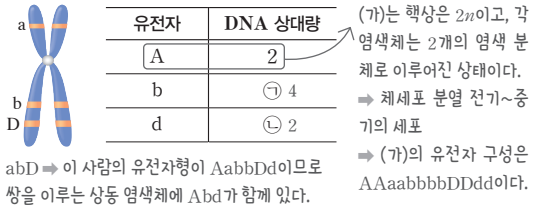
- (가)~(라) 중 (가)와 (라)에 존재하는 염색체가 (나), (다), (마)에 존재하지 않으므로 (가)와 (라)를 가지는 개체는 같은 종이고 (나), (다), (마)를 가지는 개체는 (가)를 가지는 개체와는 다른 종이다. (나)는 B의 세포이므로 (다)와 (마)도 B의 세포이다. (가)는 A의 세포이고, (라)는 C의 세포이며, A와 C는 같은 종이다.
- A의 세포인 (가)의 핵상은  $2n$ 이고, 모양과 크기가 같은 상동 염색체가 3쌍이므로 성염색체가  $XX$ 인 암컷이다. 같은 종에 속하는 C의 세포 (라)의 염색체 중 2개는 (가)에 있는 것과 같지만 나머지 1개는 (가)에 없는 것이다. 따라서 (가)와 (라)에서 차이 나는 염색체가 성염색체이고, 그중 (라)에 있는 염색체가 Y 염색체이다.
- (마)는 B의 세포인데 모양과 크기가 다른 염색체 쌍이 X 염색체와 Y 염색체이다.

가. (가)와 (라)는 각각 같은 종인 A와 C의 세포이다.

나. A는 암컷이고, B와 C는 수컷이다.

다. (가)의 염색체 구성은  $4+XX$ 이고, (마)의 염색체 구성은  $4+XY$ 이다. 세포 1개당  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{X 염색체 수}}$ 는 (가)가  $\frac{4}{2}=2$ 이고, (마)가  $\frac{4}{1}=4$ 이므로 (마)가 (가)의 2배이다.

**03** **꼼꼼 문제 분석**



abD  $\Rightarrow$  이 사람의 유전자형이 AabbDd이므로 쌍을 이루는 상동 염색체에 Abd가 함께 있다.

(가)는 핵상은  $2n$ 이고, 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어진 상태이다.  $\Rightarrow$  체세포 분열 전기~중기의 세포  $\Rightarrow$  (가)의 유전자 구성은 AAaabbbbDDdd이다.

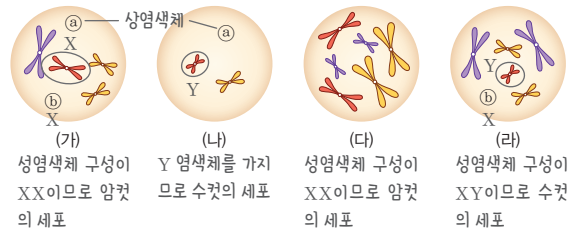
가. 이 사람의 유전자형이 AabbDd이므로 (가)의 유전자 구성은 AAaabbbbDDdd이다. 따라서 ㉠은 4이고, ㉡은 2이므로 ㉠+㉡=6이다.

나. 유전자형이 AabbDd이고 상동 염색체 중 하나에 abD가 함께 있으므로 다른 하나에는 Abd가 함께 있다. 즉, A와 b는 같은 염색체에 있다.

**바로알기** 다. 체세포 분열 시 하나의 염색체를 이루고 있던 염색 분체가 분리되어 서로 다른 딸세포로 들어가므로 D와 D, d와 d는 각각 서로 다른 딸세포로 들어간다. 따라서 상동 염색체에 있던 대립유전자 D와 d는 같은 세포로 들어간다.

**04** **꼼꼼 문제 분석**

(가), (나), (라)는 모양과 크기가 같은 염색체들로 이루어져 있으므로 같은 종의 세포이고, (다)는 다른 종의 세포이다.



가. (가)와 (라)는 같은 종의 세포이고 핵상이  $2n$ 이므로, 크기가 다른 염색체는 성염색체이며, (다)가 암컷의 세포이므로 (가)와 (라)는 성별이 다른 개체의 세포이다. (라)의 ㉠은 성염색체와 쌍을 이루는 성염색체이며, ㉡는 암수인 (가)와 (라)에 공통인 성염색체이므로 X 염색체이다.

나. (가)는 X 염색체를 2개 가지므로 암컷의 세포이다.

다. (라)에서 ㉠(X 염색체)와 쌍을 이루는 성염색체는 Y 염색체이고, (나)에 Y 염색체가 있으므로 (나)와 (라)는 모두 수컷의 세포이다. (가)~(라)는 세 개체의 세포인데, (다)는 종이 다른 개체의 세포이고, (가)는 암컷의 세포이므로 (나)와 (라)는 수컷인 같은 개체의 세포이다.

# 2 생식세포의 형성과 유전적 다양성

## 개념 확인 문제

195쪽

- ① 간기   ② 같다   ③ 상동 염색체   ④ 염색 분체   ⑤ 반감  
(1 → 0.5)

- 1 (1) ㉠ G<sub>1</sub>기, ㉡ S기, ㉢ G<sub>2</sub>기 (2) ㉣ (3) ㉠, ㉣, ㉢ (4) ㉢  
2 (1) (가) → (다) → (나) → (라) → (마) (2) (나)   3 (1) × (2) ○  
(3) ○ (4) ×   4 ㉠ 2, ㉡ 2, ㉢ 4, ㉣ n, ㉤ 모세포의 반  
5 (1) (나) (2) (다)   6 감수 1분열 중기   7 16가지

1 (1) M기 이후에 진행되는 ㉠은 세포의 생장이 활발한 G<sub>1</sub>기이고, ㉡은 DNA가 복제되는 S기, ㉢은 세포 분열을 준비하는 G<sub>2</sub>기이다.

- (2) DNA 복제는 ㉡ S기에 일어난다.  
(3) 세포는 간기(G<sub>1</sub>기, S기, G<sub>2</sub>기)에 성장하며, G<sub>1</sub>기에 가장 빠르게 성장한다.  
(4) 막대 모양의 염색체는 ㉢ 분열기(M기)에 관찰된다.

2 (1) (가)는 핵이 관찰되는 간기, (나)는 염색체가 세포 중앙에 배열된 중기, (다)는 핵막이 사라지고 응축된 염색체가 나타나는 전기, (라)는 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동하는 후기, (마)는 딸핵이 형성되는 말기이다. 따라서 세포 분열 과정은 간기(가) → 전기(다) → 중기(나) → 후기(라) → 말기(마)이다.  
(2) 중기는 최대 응축된 염색체가 세포 중앙에 배열되어 염색체를 관찰하기에 가장 좋은 시기이다.

3 (1) 생물의 성장과 조직 재생 과정에서는 체세포 분열이 일어난다. 생식세포 분열은 생식 기관에서 생식세포를 형성할 때 일어난다.  
(2) 생식세포 분열에서는 연속된 2회의 분열이 일어나 모세포 1개로부터 4개의 딸세포가 형성된다.  
(3) 감수 1분열 전기에 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성한다.  
(4) 감수 1분열이 끝난 후 DNA 복제 없이 감수 2분열이 바로 진행된다.

4 체세포 분열에서는 1회의 분열로 2(㉣)개의 딸세포가 형성되며, 딸세포의 염색체 수와 DNA양은 모세포와 같다(2n → 2n). 생식세포 분열에서는 연속된 2(㉠)회의 분열로 4(㉢)개의 딸세포가 형성되며, 딸세포의 염색체 수와 DNA양은 모세포의 반(㉢)이다. 따라서 딸세포의 핵상은 n(㉢)이 된다.

5 DNA가 복제되는 (가)는 간기이고, (나)는 감수 1분열, (다)는 감수 2분열이다.

- (1) 상동 염색체가 분리되는 시기는 감수 1분열(나)이다.  
(2) 염색체 수는 변하지 않고 DNA양만 반으로 줄어드는 시기는 염색 분체가 분리되는 감수 2분열(다)이다.

6 감수 1분열 중기에 상동 염색체가 어떻게 배열되느냐에 따라 상동 염색체의 분리가 달라져 생식세포의 유전적 다양성이 증가한다.

7 상동 염색체의 무작위 배열과 분리에 의해 다양한 염색체 조합이 형성되므로 생식세포의 염색체 조합은 이론적으로 2<sup>n</sup>가지이다. 2n=8인 동물의 경우 n=4이므로 생식세포의 염색체 조합은 2<sup>4</sup>=16가지이다.

196쪽

**원리탐** **비법특강** Q1 • 체세포 분열: 2  $\xrightarrow{S기}$  4  $\xrightarrow{말기}$  2  
• 생식세포 분열:  
2  $\xrightarrow{S기}$  4  $\xrightarrow{1분열}$  2  $\xrightarrow{2분열}$  1  $\xrightarrow{말기}$  1

Q1 체세포 분열에서는 간기(S기)에 DNA가 복제된 후 말기에 반으로 감소하므로 딸세포의 DNA양은 모세포와 같다. 생식세포 분열에서는 간기(S기)에 DNA가 복제된 후 감수 1분열 말기에 반으로 감소하고, 감수 2분열 말기에 다시 반으로 감소하여 딸세포의 DNA양은 모세포의 반이다.

## 대표 자료 분석

197쪽

- 자료 1** 1 ㉢   2 G<sub>1</sub>기: 1, ㉣: 2   3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ○ (7) ×  
**자료 2** 1 (가) 감수 1분열 중기(나) 감수 2분열 중기  
2 (1) B (2) C   3 (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) × (6) ○ (7) ○

1-1 (가)의 ㉠은 S기, ㉡은 G<sub>2</sub>기, ㉢은 M기이다. (나)는 염색 분체가 분리되어 이동하는 체세포 분열 후기의 세포이며, 이것은 ㉢ M기에 관찰된다.

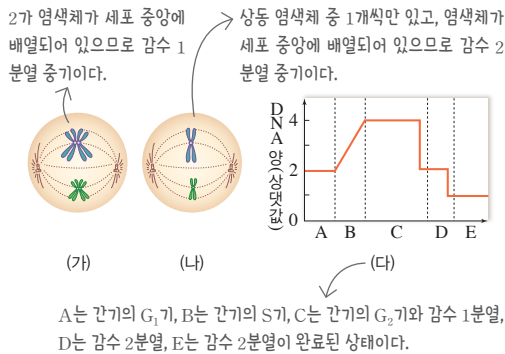
1-2 (나)는 DNA 복제 후에 염색 분체가 분리되고 있는 상태이므로 (나)의 DNA 상대량은 DNA 복제 전인 G<sub>1</sub>기의 2배이고, G<sub>2</sub>기와 같다. 따라서 G<sub>1</sub>기의 DNA 상대량은 1이고, ㉣ G<sub>2</sub>기의 DNA 상대량은 2이다.



01 ①	02 ③	03 ④	04 ③	05 해설 참조	06 ⑤
07 ②	08 ①	09 ②	10 해설 참조	11 ③	12 ④
13 해설 참조	14 ③	15 ④			

- 1-3** (1) 세포의 생장은 간기 전체에 걸쳐 일어난다. 즉, 세포는 G<sub>1</sub>기에 가장 빠르게 성장하지만, S기, G<sub>2</sub>기에도 성장한다.  
 (2) ㉠ S기에 DNA 복제가 일어난다.  
 (3) 체세포 분열에서는 핵상이 2n 상태로 변하지 않고 유지되므로 G<sub>1</sub>기 세포와 (나) 시기 세포의 핵상은 2n으로 같다.  
 (4), (5) ㉢와 ㉤는 DNA가 복제되어 형성된 염색 분체이므로 유전자 구성이 같다.  
 (6) (나)에서 세포 분열이 진행될수록 염색체가 방추사에 의해 중심체 쪽으로 이동하므로 중심체와 염색체 사이의 거리는 짧아진다.  
 (7) 체세포 분열로 형성된 딸세포의 염색체 수와 DNA 양은 모세포와 같다.

**2-1** **꼼꼼 문제 분석**



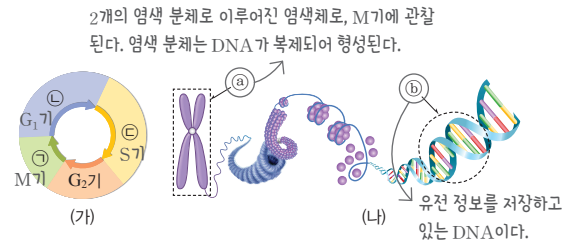
(가)는 감수 1분열 중기, (나)는 감수 2분열 중기의 세포이다.

- 2-2** (1) DNA 복제는 간기의 S기(B 시기)에 일어난다.  
 (2) 상동 염색체는 감수 1분열 전기에 접합하여 2가 염색체를 형성한다.

- 2-3** (1) (가)는 상동 염색체가 접합한 2가 염색체가 관찰되므로 핵상은 2n이다.  
 (2) 감수 1분열 중기인 (가)의 DNA 상대량은 4이고, 감수 1분열이 끝난 (나)의 DNA 상대량은 2이다.  
 (3) (가)는 감수 1분열 중기 세포이므로 C 시기에 관찰된다.  
 (4) (가)는 감수 1분열 중기 세포이므로 분열이 진행되면 상동 염색체가 분리되어 양극으로 이동한다.  
 (5) (나)는 감수 2분열 중기의 세포이므로 분열이 진행되면 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동한다. 염색 분체는 유전자 구성이 같으므로 감수 2분열 과정에서 염색 분체가 분리되어 형성되는 딸세포 2개는 유전적으로 같다. 염색체의 배열과 분리에 따라 생식세포의 유전적 다양성이 증가하는 시기는 감수 1분열이다.  
 (6) 이 동물의 체세포의 염색체 수는 2n=4이고, 생식세포의 염색체 수는 n=2이다.  
 (7) 이 동물은 암컷이므로 난소에서 생식세포 분열이 일어난다.

- 01** ㉠은 DNA가 복제되는 S기, ㉡은 세포 분열을 준비하는 G<sub>2</sub>기, ㉢은 세포가 분열하는 M기이다.  
 나. ㉡은 DNA 복제가 완료된 후의 G<sub>2</sub>기이므로 DNA양이 G<sub>1</sub>기의 2배이다. 따라서 세포 1개당  $\frac{㉡ 시기의 DNA 양}{G_1기의 DNA 양}$ 은 2이다.  
**바로알기** 가. ㉠은 S기이며, 이 시기에는 핵 속에서 DNA가 복제된다. G<sub>1</sub>기, S기, G<sub>2</sub>기는 간기로, 이 시기에는 핵막으로 둘러싸인 핵이 관찰된다. 분열기(㉢)가 시작되면서 핵막이 사라진다.  
 다. ㉣은 분열기(M기)로 염색체가 응축되어 나타나고 염색 분체가 분리된다. 체세포 분열에서는 상동 염색체의 접합과 분리가 일어나지 않는다.

**02** **꼼꼼 문제 분석**



- 가. ㉠은 세포 분열이 진행되는 M기(분열기)이며, 이때 염색체가 응축되어 나타나므로 ㉢가 관찰된다.  
 다. ㉤는 DNA이며, DNA의 단위체는 뉴클레오타이드이다. 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합하고 있다.  
**바로알기** 나. ㉠은 G<sub>1</sub>기, ㉡은 S기이다. DNA 복제는 S기에 일어난다.

- 03** ④ 체세포 분열 후기에는 하나의 염색체를 이루고 있던 2개의 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동한다.  
**바로알기** ① 세포 주기에서 분열기는 일반적으로 간기에 비해 짧다.  
 ② 체세포 분열에서는 상동 염색체의 접합과 분리가 일어나지 않는다.  
 ③ 중기는 다른 시기에 비해 소요되는 시간이 짧지만 염색체가 가장 많이 응축되고 세포 중앙에 배열되어 있어 염색체를 관찰하기에 좋다.  
 ⑤ 핵막이 사라지고 방추사가 나타나는 시기는 전기이며, 말기에는 핵막이 다시 나타나 2개의 딸핵이 만들어진다.

04 ㄱ. A와 B는 DNA가 복제되어 형성된 염색 분체이므로 유전자 구성이 같다.

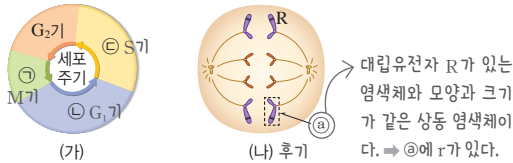
ㄴ. 분열이 진행될수록 방추사(C)의 길이가 짧아지면서 염색체가 양극으로 이동한다.

바로알기 ㄷ. 이 동물의 체세포의 염색체 수가 4이므로 생식세포의 염색체 수는 체세포의 반인 2이다.

05 **모범 답안** 식물 세포, 식물 세포는 동물 세포와 달리 세포막 바깥에 세포벽이 있어서 세포 중앙에 세포판이 형성된 후 바깥쪽으로 성장하면서 세포질이 나누어진다.

채점 기준	배점
식물 세포라고 쓰고, 근거를 옳게 서술한 경우	100 %
식물 세포라고만 쓴 경우	30 %

06 **꼼꼼 문제 분석**

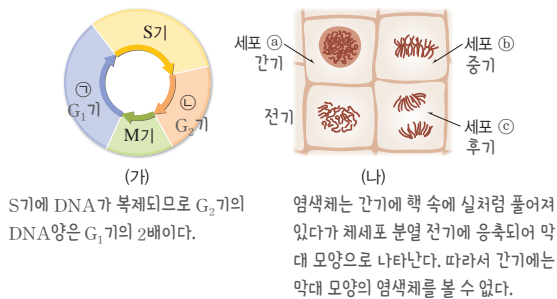


ㄱ. (나)는 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동하고 있으므로 분열기(㉠)의 후기에 해당한다.

ㄴ. DNA 복제가 일어나는 시기는 S기(㉟)이다.

ㄷ. ㉠와 상동 관계인 염색체에 대립유전자 R가 있으므로 ㉠에는 r가 있다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



① ㉠ 시기는 간기 중 G<sub>1</sub>기이므로 세포 ㉠처럼 핵막으로 둘러싸인 핵이 관찰된다.

③ 체세포 분열 과정이므로 세포 ㉣(후기)에서는 염색 분체가 분리되고 있다.

④ 세포 ㉡와 ㉢처럼 응축된 염색체가 관찰되는 시기는 M기(분열기)이다.

⑤ T와 t는 대립유전자이므로 상동 염색체의 같은 위치에 존재하며, DNA가 복제될 때 T와 t도 복제된다. 따라서 세포 1개당 T의 수는 ㉠ 시기(G<sub>2</sub>기)에도 2이고, 각 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있는 세포 ㉡에서도 2이다.

바로알기 ② ㉠ 시기(G<sub>2</sub>기)는 간기이므로 핵이 관찰되고 막대 모양의 염색체나 염색 분체는 관찰되지 않는다.

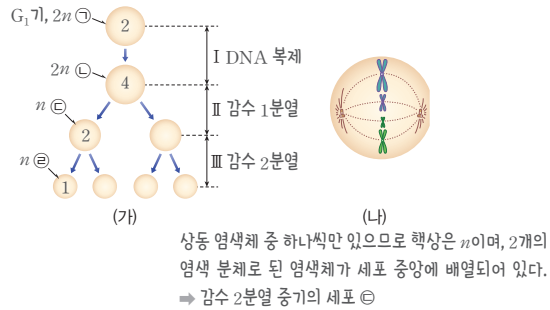
08 ㄱ. 감수 1분열의 전기에 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체가 형성된다.

ㄴ. 감수 1분열의 후기에 상동 염색체가 분리되어 서로 다른 세포로 들어가므로 감수 1분열이 일어나면 세포 1개당 염색체 수는 반으로 줄어든다(2n → n).

바로알기 ㄷ. 감수 2분열에서는 염색 분체의 분리가 일어난다.

ㄹ. 감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되므로 두 딸세포의 유전자 구성은 다르고, 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리되므로 같은 세포로부터 형성된 두 딸세포는 유전자 구성이 같다. 따라서 감수 분열로 형성된 4개의 딸세포 중 2개씩은 유전자 구성이 같다.

09 **꼼꼼 문제 분석**



ㄷ. ㉠은 DNA가 복제된 상태이므로 감수 분열이 완료되어 형성된 ㉡의 DNA 상대량은 ㉠의 1/4이다.

바로알기 ㄱ. (나)는 감수 2분열 중기 세포인 ㉠이다.

ㄴ. 감수 2분열(III)에서는 염색 분체가 분리되므로 세포 1개당 염색체 수는 변화 없다(n → n).

10 (가)는 체세포 분열(2n → 2n), (나)는 감수 1분열(2n → n), (다)는 감수 2분열(n → n)이다.

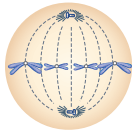
**모범 답안** (1) (가) 체세포 분열 (나) 감수 1분열 (다) 감수 2분열 (2) (가) 딸세포의 핵상은 모세포와 2n으로 같지만, DNA 상대량은 모세포의 반으로 줄어든다.

(나) 모세포의 핵상은 2n이지만 딸세포의 핵상은 n으로 되고, DNA 상대량도 모세포의 반으로 줄어든다.

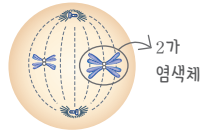
(다) 딸세포의 핵상은 모세포와 n으로 같지만, DNA 상대량은 모세포의 반으로 줄어든다.

채점 기준	배점
(1) (가)~(다)를 모두 옳게 쓴 경우	40 %
(가)~(다)의 핵상과 DNA 상대량 변화를 모두 옳게 서술한 경우	60 %
(2) (가)~(다)의 핵상 변화를 옳게 서술한 것 1개당	10 %
(가)~(다)의 DNA 상대량 변화를 옳게 서술한 것 1개당	10 %

### 11 꼼꼼 문제 분석



(가)  
2n=4이며, 2개의 염색 분체로 이루어진 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 체세포 분열 중기이다.



(나)  
2n=4이며, 상동 염색체가 접합하여 형성된 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 1분열 중기이다.

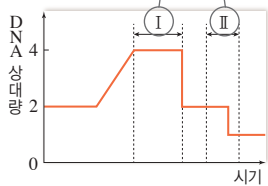
ㄱ. (가)와 (나) 모두 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 핵상은 2n으로 같다.

ㄴ. 상처 부위가 재생될 때에는 체세포 분열(가)이 활발하게 일어난다.

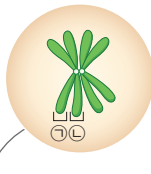
바로알기 ㄷ. (나)는 2가 염색체가 관찰되므로 감수 1분열 중기의 모습이다.

### 12 꼼꼼 문제 분석

DNA 복제가 끝난 G<sub>2</sub>기와 감수 1분열 전기~후기에 해당한다. 감수 2분열이 일어나 염색 분체가 분리되는 시기이다.



(가)  
상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성한 것이며, ㉠과 ㉡은 DNA가 복제되어 형성된 염색 분체이다. ⇒ 감수 1분열 전기~중기의 세포이다.



ㄱ. I 시기는 DNA가 복제된 후부터 감수 1분열이 일어나 2개의 딸핵이 형성되기 전까지의 시기이다. 따라서 I 시기의 세포는 핵상이 2n이다.

ㄷ. 감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되고, 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리된다. ㉠과 ㉡은 하나의 염색체를 구성하는 염색 분체이므로 II 시기에 분리된다.

바로알기 ㄴ. (나)는 상동 염색체가 접합하여 2가 염색체를 형성한 세포이다. 2가 염색체는 감수 1분열 전기와 중기에만 나타나므로 (나)는 I 시기에 관찰된다.

13 **모범 답안** 유성 생식을 하는 생물은 생식세포 분열에서 상동 염색체의 무작위 배열과 분리 및 암수 생식세포의 무작위 수정으로 자손의 유전적 다양성이 증가한다.

채점 기준	배점
두 가지 요인을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
한 가지 요인만 옳게 서술한 경우	50 %

14 ㄱ, ㄴ. 유전자형이 AaBb인 개체에서 A와 a, B와 b는 각각 대립유전자이고, A와 B는 서로 다른 염색체에 있다. 따라서 감수 분열로 형성되는 생식세포의 유전자형은 AB, Ab, aB, ab의 4가지이고, 생식세포가 A와 b를 모두 가질 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

바로알기 ㄷ. A가 있는 염색체와 B가 있는 염색체는 상동 염색체가 아니므로 A가 부계에서 물려받은 것이라도 B가 모계에서 물려받은 것인지는 알 수가 없다.

15 이론적으로 형성될 수 있는 생식세포의 염색체 조합은 2<sup>n</sup>가지이다. 고양이 체세포의 염색체 수는 2n=38로, n=19이므로 생식세포의 염색체 조합은 2<sup>19</sup>가지이다.

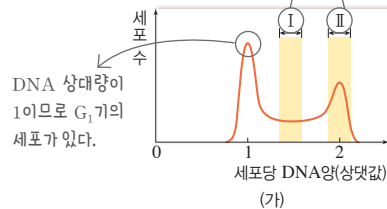
## 실력 UP 문제

201~202쪽

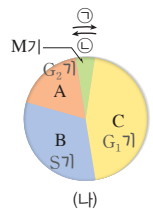
- 01 ②    02 ③    03 ④    04 ③    05 ⑤    06 ③  
07 ⑤

### 01 꼼꼼 문제 분석

DNA 상대량이 1보다 크고 2보다 작으므로 DNA를 복제하는 중인 S기의 세포가 있다. DNA 상대량이 2이므로 G<sub>2</sub>기와 분열기(M기)의 세포가 있다.



(가)  
세포의 수는 세포당 DNA 상대량이 1인 세포가 2인 세포보다 많으므로 세포 주기는 G<sub>1</sub>기가 G<sub>2</sub>기보다 길다. ⇒ (나)의 C가 G<sub>1</sub>기, B가 S기, A가 G<sub>2</sub>기이며, 세포 주기는 ㉠ 방향으로 진행된다.



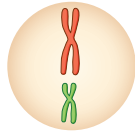
ㄱ. 구간 I에는 B 시기(S기)의 세포가 있다.

ㄴ. 구간 II에는 염색 분체의 분리가 일어나는 M기(후기)의 세포가 있다.

바로알기 ㄷ. (가)에서 세포의 수를 보면 세포당 DNA 상대량이 1인 세포가 2인 세포보다 많다. 이것은 세포 주기에서 G<sub>1</sub>기가 G<sub>2</sub>기보다 길다는 것을 의미하므로, C가 G<sub>1</sub>기, B가 S기, A가 G<sub>2</sub>기이다. 따라서 세포 주기는 ㉠ 방향으로 진행된다.

## 02 꼼꼼 문제 분석

시기	세포 1개당 염색체 수	핵 1개당 DNA 상대량
A	2 $n=2$	1 감수 분열 완료
B	4 $2n=4$	4 감수 1분열 중기
C	2 $n=2$	2 감수 2분열 중기



(가)  
감수 2분열 중기(C)

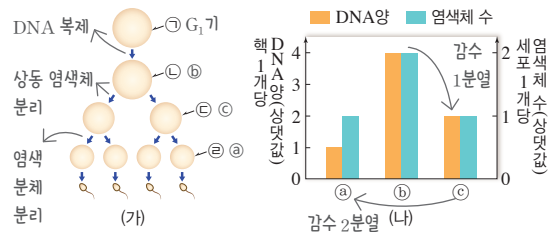
감수 1분열에서는 염색체 수와 DNA양이 반감하고,  
감수 2분열에서는 염색체 수는 변화 없고 DNA양만  
반으로 줄어든다.  $\Rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 로 진행된다.

ㄱ. (가)는 상동 염색체 중 하나씩만 있으므로 핵상과 염색체 수가  $n=2$ 이다. 따라서 (가)는 A와 C 중 하나인데, 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있고 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 2분열 중기(C)의 세포이다.

ㄴ. B와 C는 각각 감수 1분열과 감수 2분열 중기의 세포로, 각 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 세포 1개당 염색 분체 수는 2로 같다. (B는  $\frac{8}{4}=2$ , C는  $\frac{4}{2}=2$ )

**바로알기** ㄴ. A는 감수 분열이 완료되어 형성된 딸세포이다. 감수 분열로 형성된 생식세포는 더이상 분열하지 못하므로 S기를 거치지 않는다. 생식세포 분열은  $B \rightarrow C \rightarrow A$  순으로 일어난다.

## 03 꼼꼼 문제 분석



㉑이 ㉒로 되는 감수 1분열에는 상동 염색체가 분리되므로 염색체 수와 DNA양이 반으로 줄어들고, ㉑이 ㉒로 되는 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리되므로 염색체 수는 변화 없고 DNA양이 반으로 줄어든다. 따라서 ㉑은 ㉒, ㉑은 ㉒, ㉑은 ㉒이다.

세포	㉑	㉒	㉓	㉔
염색체 수(상대값)	$2n=2$	$2n=2$	$n=1$	$n=1$
DNA 상대량	2	4	2	1
(나)의 세포	-	㉒	㉑	㉔

④ ㉑이 ㉒로 되는 감수 1분열 과정에서는 염색체 수와 DNA 양이 모두 반감되므로 ㉒가 ㉑로 되는 변화가 나타난다.

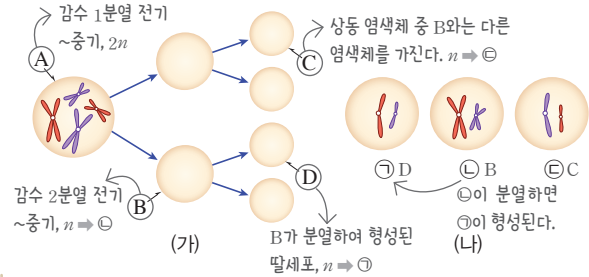
**바로알기** ① ㉑의 핵상은  $2n$ 으로, ㉒(㉑)과 같으므로 염색체 수 상대값은 2이다.

② ㉑의 핵상은  $2n$ 으로 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 대립 유전자 T와 t가 모두 있다.

③ 세포 1개에 있는 T의 수는  $G_1$ 기 세포인 ㉑은 1이지만, 감수 1분열로 만들어진 딸세포 ㉒(㉑)에서는 2이거나 0이다.

⑤ ㉑이 ㉒로 되는 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리된다.

## 04 꼼꼼 문제 분석

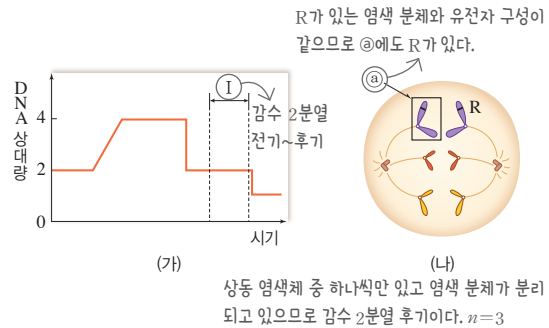


ㄱ. B는 감수 2분열이 진행 중인 ㉑이고, 핵상은  $n$ 이다. ㉑은 감수 2분열이 모두 완료되어 형성된 딸세포이고, 핵상은  $n$ 이다.

ㄴ. 상동 염색체는 감수 1분열에 서로 다른 세포로 분리되어 들어간다. B가 ㉑이고 염색 분체가 분리되어 형성된 딸세포 D가 ㉑이므로, C는 쌍을 이루던 상동 염색체 중에서 B와는 다른 염색체를 가진 세포로부터 만들어진 ㉑이다.

**바로알기** ㄴ. 상동 염색체는 부모로부터 한 개씩 물려받은 것으로 유전자 구성이 다르다. C와 D는 각 쌍의 상동 염색체를 하나씩 나누어 가진 세포이므로 C와 D의 유전자 구성은 다르다.

## 05 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (나)에서 하나의 염색체를 이루고 있던 두 염색 분체의 유전자 구성은 동일하므로 ㉑에는 R가 있다.

ㄴ. (나)는 감수 2분열 후기가 진행되고 있는 세포이므로 구간 I에서 관찰된다.

ㄷ. 이 동물의 감수 2분열 중인 세포의 핵상과 염색체 수는  $n=3$ 이다. 따라서 체세포의 염색체 수는  $2n=6$ 이고, 체세포 분열 중기에는 각 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 세포 1개당 염색 분체 수는  $6 \times 2 = 12$ 이다.



06 **꼼꼼 문제 분석**

세포	대립유전자		
	h	R	t
HhRrTT I	?○	○	×
hrT II	○	×	?×
HrT III	×	×	?×

(○: 있음, ×: 없음)

- 핵상이 2n인 세포에는 대립유전자 쌍이 존재하고, 핵상이 n인 세포에는 대립유전자 중 하나만 존재한다.
- I에는 R가 있지만, II와 III에는 R가 없으므로 r가 있다. II에는 h가 있고 III에는 h가 없으므로 H가 있다. ⇒ (가)의 체세포에는 R와 r, H와 h가 모두 있으며, II와 III의 핵상은 n이다.
- ○은 세포 1개당 H와 T의 DNA 상대량이 3이므로 핵상이 n인 II와 III이 아닌 I이다. I에는 R가 있고, t가 없으므로 TT가 있다. 즉, I은 유전자형이 HhRrTT이고, 체세포이며 ○이다.
- II의 유전자형은 hrT로 ○이며, III의 유전자형은 HrT로 ○이다.

ㄱ. (가)의 체세포의 유전자형은 HhRrTT로, H, R, T가 모두 있다.

ㄴ. II의 유전자형은 hrT이므로

$$\frac{r \text{의 DNA 상대량}}{H \text{의 DNA 상대량} + T \text{의 DNA 상대량}} = \frac{1}{0+1} = 1 \text{이다.}$$

**바로알기** ㄴ. III은 유전자형이 HrT로, 세포 1개당 H와 T의 DNA 상대량이 2이므로 ○이다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

유전자	X 염색체에 존재		Y 염색체	
	I의 세포 (가) n	II의 세포 (나) 2n (다) n	(라) n	(리) n
○	×	○	×	×
○	×	×	×	○
○	○	○	×	○
○	○	○	○	×

상염색체에 존재 (○: 있음, ×: 없음)

- 핵상이 2n인 세포에는 대립유전자 쌍이 존재하고, 핵상이 n인 세포에는 대립유전자 중 하나만 존재한다.
- ○~○ 중 2개만 있는 (가)와 (라)는 핵상이 n이다. 핵상이 n인 세포에 있는 ○과 ○은 대립유전자가 아니며, ○과 ○도 대립유전자가 아니다. ⇒ ○과 ○이 대립유전자이고, ○과 ○이 대립유전자이다.
- (다)는 ○~○ 중 1개만 있으므로 핵상은 n이고, 한 쌍의 대립유전자는 상염색체인 X 염색체에 있는데 (다)는 X 염색체는 없고 Y 염색체가 있다. ⇒ II는 수컷이다.
- (라)는 핵상이 n이고 ○과 ○이 있으므로 (라)에는 X 염색체가 있다. 핵상이 n인 (다)에 ○의 대립유전자인 ○은 있고, ○의 대립유전자인 ○은 없다. ⇒ ○과 ○은 X 염색체에 있다.
- (나)에는 X 염색체에 있는 대립유전자 ○과 ○이 모두 있으므로 상염색체 구성이 XX이고, 핵상은 2n이다. ⇒ I은 암컷이다.
- B는 모양과 크기가 같은 3쌍의 염색체가 있으므로 상염색체 구성이 XX인 암컷 I의 체세포이다.
- A는 핵상이 n이고, B에는 없는 작은 염색체는 Y 염색체이므로 수컷 II의 체세포이다.

ㄱ. ○과 ○은 대립유전자이고, 상염색체에 있다.

ㄴ. I은 암컷이고, II는 수컷이다. B는 핵상이 2n인데 모양과 크기가 같은 상염색체가 쌍을 이루고 있으므로 I의 체세포이다.

ㄷ. (가)는 암컷 I의 세포이고 핵상이 n이므로 X 염색체가 1개이다. (라)는 수컷 II의 세포이고 핵상이 n인데, X 염색체에 있는 유전자 ○이 있으므로 X 염색체를 1개 갖는다. 따라서 (가)와 (라)의 X 염색체 수는 같다.

**중단원 핵심 정리**

203쪽

- ① 뉴클레오타이드 ② 유전체 ③ 상 ④ 성 ⑤ 동일하다
- ⑥ 대립유전자 ⑦ S ⑧ 염색 분체 ⑨ 2가 염색체
- ⑩ 상동 염색체 ⑪ 염색 분체 ⑫ 1 ⑬ 2
- ⑭ 2 ⑮ 4 ⑯ 상동 염색체

**중단원 마무리 문제**

204~207쪽

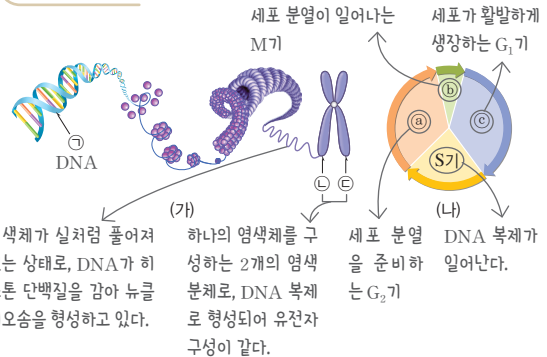
- 01 ① 02 ⑤ 03 ③ 04 ③ 05 ⑤ 06 ①
- 07 ①, ④ 08 ④, ⑤ 09 ⑤ 10 ② 11 ①
- 12 해설 참조 13 해설 참조 14 해설 참조 15 해설 참조
- 16 해설 참조

01 ㄱ. (가)와 같이 최대로 응축된 형태의 염색체는 세포 주기의 M기에 관찰된다.

**바로알기** ㄴ. S기에는 염색체가 풀어진 상태에서 DNA 복제가 일어난다. (나)가 (가)로 응축되는 시기는 M기의 전기이다.

ㄷ. (다)의 ○은 DNA이고, ○은 히스톤 단백질이다. DNA가 히스톤 단백질을 감아 뉴클레오솜을 형성한다.

02 **꼼꼼 문제 분석**

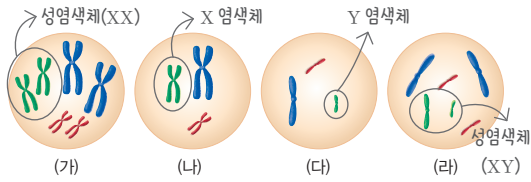


ㄱ. ○(DNA)의 단위체는 인산, 당, 염기가 1 : 1 : 1로 결합한 뉴클레오타이드이다.

ㄴ. ○과 ○은 DNA가 복제되어 만들어진 염색 분체이며, M기(○)의 후기에 분리되어 양극으로 이동한다.

ㄷ. DNA는 S기에 복제되므로 세포 1개당 DNA양은 G<sub>2</sub>기(○) 세포가 G<sub>1</sub>기(○) 세포의 2배이다.

**03** 꼼꼼 문제 분석

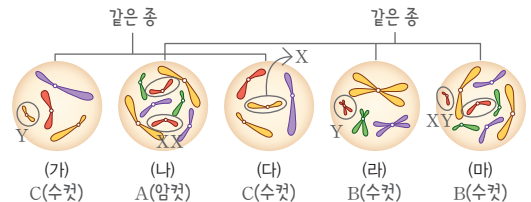


- (가) 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 체세포이고, 성염색체 구성이 XX인 암컷이다. ⇒ A는 암컷 ( $2n=4+XX$ )
  - (나) B의 세포이며, 성염색체로 X가 있는 세포이다. ( $n=2+X$ )
  - (다) Y 염색체가 있는 B의 생식세포이다. ( $n=2+Y$ )
  - (라) 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 체세포이고, 성염색체 구성이 XY인 수컷이다. ⇒ B는 수컷 ( $2n=4+XY$ )
- ⇒ (나), (다), (라)는 B의 세포이며, B는 수컷이다.

- ① A는 암컷이고, B는 수컷이다.
  - ② (가)에는 상염색체 4개와 X 염색체 2개가 있다.
  - ④ (나)와 (다)의 핵상은  $n$ 으로 같다.
  - ⑤ (라)는 성염색체 구성이 XY이므로 수컷인 B의 체세포이다.
- 바로알기** ③ (나)는 수컷인 B의 세포이므로 정자 형성 과정에 있는 세포이다.

- 04** ㄱ. ㉠은 A의 대립유전자인 a이다.  
 ㄴ. ㉠과 ㉡은 하나의 염색체에 함께 있으므로 부모 중 한 사람에게서 물려받은 것이다.  
**바로알기** ㄷ. 생식세포 형성 시 감수 1분열에서 상동 염색체가 분리되므로 ㉠과 ㉡이 같은 생식세포로 들어갈 확률은 0이다.

**05** 꼼꼼 문제 분석



- (나), (라), (마)는 붉은색 염색체를 제외한 나머지 염색체의 모양과 크기가 같으므로 같은 종의 세포이다. (나)는 핵상이  $2n$ , 성염색체 구성이 XX이므로 암컷의 세포이다. (마)는 핵상이  $2n$ , 성염색체 구성이 XY이므로 수컷의 세포이다. 따라서 (나)는 A의 세포이고, (마)는 B의 세포이며, (라)는 Y 염색체가 있으므로 B의 세포이다.
- (가)와 (다)는 A, B와 다른 종인 C의 세포이다. (가)는 핵상이  $n$ 이고 Y 염색체가 있으며, (다)는 핵상이  $n$ 이고 X 염색체가 있다.

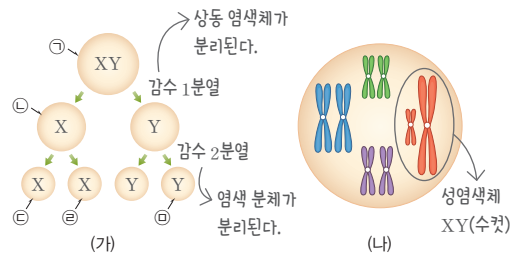
- ㄱ. (가)와 (다)는 모두 C의 세포이다.
- ㄴ. (다)와 (라)는 상동 염색체 중 하나씩만 있으므로 핵상이  $n$ 으로 같다.
- ㄷ. 세포 1개당  $\frac{X \text{ 염색체 수}}{\text{상염색체 수}}$ 는 (나)에서  $\frac{2}{6}$ , (마)에서  $\frac{1}{6}$ 로, (나)가 (마)의 2배이다.

**06** ㄱ. Ⅲ은 DNA가 복제되는 S기이며, 그림에서  $G_2$ 기 전의 시기인 ㉠이다.

**바로알기** ㄴ. Ⅱ는 방추사가 관찰되는 분열기(M기)이고, Ⅲ은 S기이므로 Ⅰ은  $G_1$ 기이다. 핵막이 소실되는 것은 분열기(M기)인 Ⅱ의 특징이다.  $G_1$ 기에는 세포가 빠르게 성장한다.  
 ㄷ. Ⅱ는 DNA가 복제된 후의 분열기(M기)이므로 체세포 1개당 DNA양이  $G_1$ 기(㉠)의 2배이다. 따라서 체세포 1개당  $\frac{\text{Ⅱ 시기 DNA양}}{\text{㉠ 시기 DNA양}} = 2$ 이다.

- 07** ① 염색체는 DNA와 히스톤 단백질로 구성되므로 ㉠에는 히스톤 단백질이 있다.  
 ④ DNA 상대량이 2인 구간 Ⅱ에는  $G_2$ 기 세포와 M기 세포가 있다. 간기인  $G_2$ 기 세포에서는 핵이 관찰된다.  
**바로알기** ② ㉠은 2개의 염색 분체로 이루어진 하나의 염색체이다. 체세포 분열 과정에서는 상동 염색체가 접합하지 않으므로 2가 염색체가 나타나지 않는다.  
 ③ DNA 상대량이 2인 구간 Ⅱ에는  $G_2$ 기와 M기(분열기) 세포가 있다. (나)에서 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 ㉠은 체세포 분열의 중기이다. 따라서 ㉠ 시기 세포는 구간 Ⅱ에 있다.  
 ⑤  $G_1$ 기는 DNA 복제가 일어나기 전이므로  $G_1$ 기의 세포 수는 DNA 상대량이 1인 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다.

**08** 꼼꼼 문제 분석



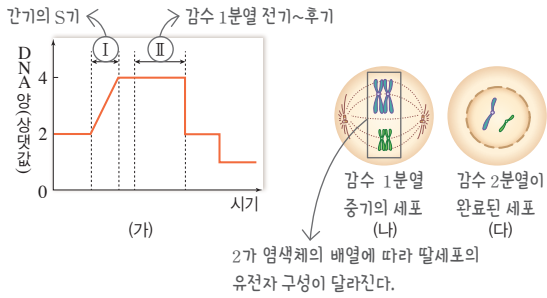
㉠, ㉡에 X 염색체가 있으므로 ㉢에는 Y 염색체가 있다.

세포	㉠	㉡	㉢	㉣	㉤
염색체 수	$2n=8$	$n=4$	$n=4$	$n=4$	$n=4$
성염색체 구성	XY	X	X	X	Y
DNA 상대량	4	2	1	1	1

㉢에 X 염색체가 있다고 하였으므로 ㉣과 ㉤에도 X 염색체가 있다.

- ④ ㉢과 ㉣은 ㉡에서 염색 분체가 분리되어 형성된 2개의 딸세포이므로 유전자 구성이 동일하다.
  - ⑤ ㉤의 염색체 수는  $n=4$ 이며, 그중 상염색체는 3개이고, 성염색체로 Y 염색체가 있다.
- 바로알기** ① 이 동물은 성염색체 구성이 XY이므로 수컷이다.  
 ② ㉠은 DNA가 복제된 상태이고, 감수 1분열과 2분열에서 DNA양이 반감하므로 DNA양은 ㉠이 ㉢의 4배이다.  
 ③ 염색체 수는 ㉡과 ㉢이  $n=4$ 로 같다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

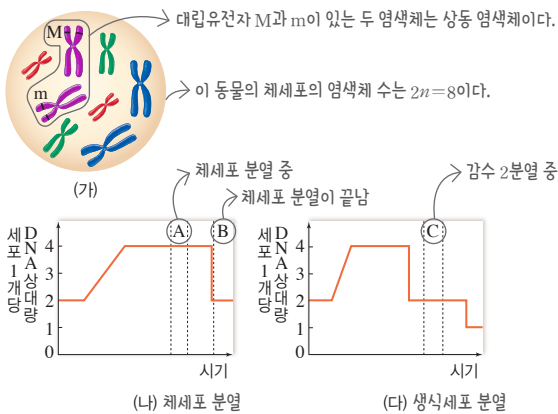


ㄱ. (나)에서 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있는데, 염색 분체는 I 시기(S기)에 DNA가 복제된 후 히스톤 단백질과 결합하여 형성된 것이다.

ㄴ. 구간 II는 감수 1분열 전기~후기이다. 이때 2가 염색체가 형성되어 세포 중앙에 배열되었다가 상동 염색체가 분리되어 양극으로 이동한다. 이 과정에서 상동 염색체의 무작위 배열과 분리에 의해 생식세포의 유전자 구성이 다양해진다.

ㄷ. 그림 (가)를 보면 감수 1분열 중기인 (나)의 DNA 상대량은 4이고, 감수 2분열이 완료된 (다)의 DNA 상대량은 1이다. 따라서 (나)의 DNA 양은 (다)의 4배이다.

10 **꼼꼼 문제 분석**

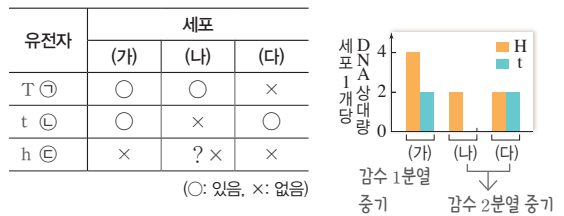


ㄱ. (가)의 염색체 수는  $2n=8$ 이고, 이 상태의 세포는 (나)의 A 시기에 관찰할 수 있다.

ㄴ. (가)는 DNA가 복제된 상태이며, (나)의 B 시기는 염색 분체가 분리되어 양극으로 이동하여 딸세포가 형성된 상태이다. 따라서 B 시기 세포가 갖는 M의 DNA 양은 (가)의 반이다.

**바로알기** ㄷ. (다)의 C 시기는 감수 2분열이 진행되는 시기이다. 감수 1분열 과정에서 상동 염색체가 분리되어 서로 다른 딸세포로 들어가므로 대립유전자도 분리된다. 따라서 C 시기 세포의 핵상은  $n$ 이고, 세포에는 대립유전자 M과 m 중 한 가지만 들어 있다.

11 **꼼꼼 문제 분석**

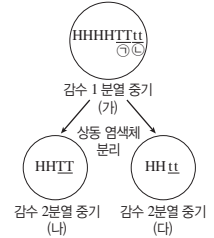


• H, h, T, t 각각의 1개당 DNA 상대량은 1이므로 DNA 복제가 일어나면 각 대립유전자의 DNA 상대량은 2가 된다.

• 핵상이  $2n$ 인 세포는 대립유전자 쌍을 가지며 DNA가 복제되면 2배가 된다. (가)는 H의 DNA 상대량이 4이고 t의 DNA 상대량이 2이므로 t의 대립유전자인 T의 DNA 상대량도 2이다. 따라서 (가)는 유전자형이 HHTt인 세포가 DNA 복제를 하여 HHHHTTt인 상태인 감수 1분열 중기이다. ⇒ 이 사람의 유전자형은 HHTt이다.

• (가)와 (다)에 공통적으로 있는 ⊖은 t, (가)에 없는 ⊖은 h이고, ⊕은 T이다.

• (나)와 (다)는 감수 2분열 중기의 세포이고, 유전자 구성은 (나)는 HHTT, (다)는 HHtt이다.

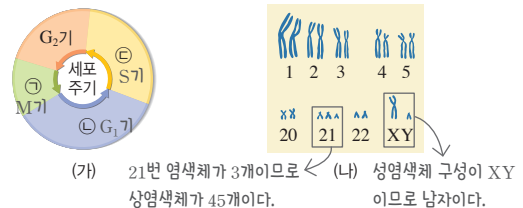


ㄱ. ⊕은 T, ⊖은 t, ⊖은 h이다.

**바로알기** ㄴ. (가)는 감수 1분열 중기의 세포로 핵상이  $2n$ 이므로 대립유전자 쌍이 있고 이들이 복제되어 2배가 된 상태이다. (가)의 유전자 구성이 HHHHTTt이므로 이 사람의 ⊕에 대한 유전자형은 HHTt이다.

ㄷ. 세포 1개당  $\frac{H \text{의 DNA 상대량}}{T \text{의 DNA 상대량}}$ 은 (가)에서  $\frac{4}{2}=2$ 이고, (나)에서  $\frac{2}{2}=1$ 이다.

12 **꼼꼼 문제 분석**



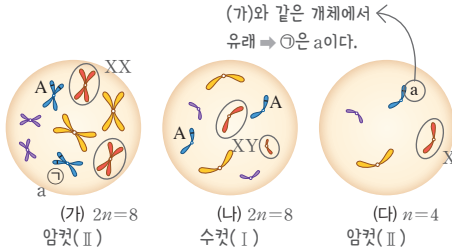
간기는 G<sub>1</sub>기, S기, G<sub>2</sub>기로 구분되며, 간기에는 핵이 관찰된다. 분열기(M기)에는 핵막의 소실과 형성이 일어나며, 염색 분체의 분리가 관찰된다. 핵형 분석을 할 때는 분열기(중기) 세포를 이용한다.

**모범 답안** (1) ⊕

(2) A는 성염색체 구성이 XY이므로 남자이며, 21번 염색체가 3개이므로 체세포 1개당 상염색체 수는 45이다.

채점 기준	배점
(1) 분열기의 기호를 옳게 쓴 경우	30 %
A의 성별, 체세포의 상염색체 수와 근거를 모두 옳게 서술한 경우	70 %
(2) A의 성별과 근거를 옳게 서술한 경우	30 %
A의 체세포의 상염색체 수와 근거를 옳게 서술한 경우	40 %

### 13 품공 문제 분석



- (가)와 (나)는 4쌍의 염색체가 있으므로  $2n=8$ 이고, (다)는 상동 염색체 쌍 중 하나만 있으므로  $n=4$ 이다.
- (가)는 모양과 크기가 같은 성염색체 쌍이 있으므로 성염색체 구성이 XX로 암컷의 세포이고, (나)는 모양과 크기가 다른 성염색체 쌍이 있으므로 성염색체 구성이 XY로 수컷의 세포이다.
- (나)의 유전자형은 AA인데, (다)는 a를 가지므로 (가)의 유전자형은 Aa이고, (가)와 (다)는 같은 개체의 세포이다. (가)에서 A의 대립유전자 ㉠은 a이다.
- I의 세포는 1개이고, II의 세포는 2개이므로 (나)는 I의 세포이고, (가)와 (다)는 II의 세포이다. 또한 I은 수컷이고, II는 암컷이다.

**모범 답안** (1) a

- (2) (나)의 유전자형은 AA인데 (다)는 a를 가지므로 (가)의 유전자형은 Aa이고, (가)와 (다)는 같은 개체의 세포이다. I의 세포는 1개이고, II의 세포는 2개라고 하였으므로 (나)는 I의 세포이고, (가)와 (다)는 II의 세포이다.
- (3) I의 세포 (나)는  $2n=8$ 이다. 감수 2분열 중기 세포의 핵상은  $n$ 이고 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 감수 2분열 중기 세포의 염색 분체 수는  $4 \times 2=8$ 이다.

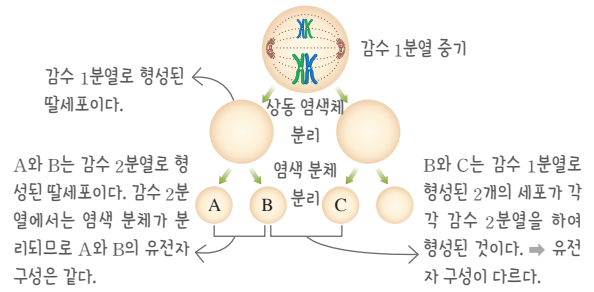
채점 기준	배점
(1) a라고 옳게 쓴 경우	20 %
(2) I과 II의 세포를 근거와 함께 옳게 서술한 경우	40 %
I과 II의 세포만 옳게 쓴 경우	20 %
(3) 근거를 들어 염색 분체 수를 옳게 서술한 경우	40 %
염색 분체 수만 옳게 쓴 경우	20 %

**14** (가)는 체세포 분열 중기의 세포이고, (나)는 2가 염색체를 형성하였으므로 감수 1분열 중기의 세포이다.

**모범 답안** (가)가 분열하여 형성되는 딸세포는 염색체 수와 DNA양이 모세포와 같고, (나)가 분열하여 형성되는 딸세포는 염색체 수와 DNA양이 모세포의 반이다.

채점 기준	배점
딸세포의 염색체 수와 DNA양을 모두 옳게 서술한 경우	100 %
딸세포의 염색체 수와 DNA양 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

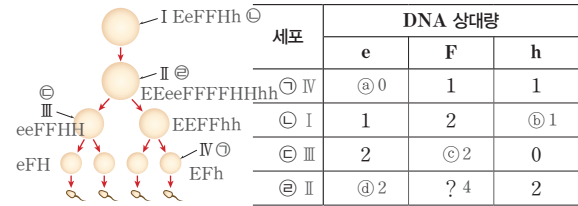
### 15 품공 문제 분석



**모범 답안** A와 B의 유전자 구성은 서로 같다. A와 B는 염색 분체가 분리되어 형성되었기 때문이다. B와 C의 유전자 구성은 서로 다르다. 감수 1분열 과정에서 상동 염색체가 분리되어 서로 다른 유전자 구성을 갖는 세포 2개가 형성되고, 이 세포들이 각각 감수 2분열을 하여 B와 C가 형성되었기 때문이다.

채점 기준	배점
A와 B, B와 C의 유전자 구성을 근거를 들어 옳게 서술한 경우	100 %
A와 B, B와 C의 유전자 구성 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

### 16 품공 문제 분석



- DNA 복제를 하여 각 염색체가 2개의 염색 분체로 이루어져 있으면 각 대립유전자의 DNA 상대량은 2배가 되므로 II와 III의 e, F, h의 DNA 상대량은 1이 될 수 없다. 따라서 II와 III은 ㉢과 ㉣ 중 하나인데 ㉢에서 h의 DNA 상대량이 0이므로 II는 ㉡이고, III은 ㉢이다.
- IV는 감수 2분열이 완료되어 형성된 세포이므로 e, F, h의 DNA 상대량은 2가 될 수 없으므로 I은 ㉠이고, IV는 ㉣이다.
- II(㉡)의 h DNA 상대량이 2이므로 I(㉠)의 h DNA 상대량(㉠)은 1이고, I(㉠)의 e, F DNA 상대량으로 보아 II(㉡)의 e DNA 상대량(㉡)은 2이고 F DNA 상대량은 4이다.
- III(㉢)의 F DNA 상대량(㉢)은 2이고, III(㉢)에 e가 있으므로 IV(㉣)에는 e가 없고 ㉢은 0이다.

(2) III(㉢)의 유전자형은 eeFFHH이다.

**모범 답안** (1) ㉠ IV, ㉡ I, ㉢ III, ㉣ II, ㉤ 0, ㉥ 1, ㉦ 2, ㉧ 2

(2)  $\frac{2}{0+2}=1$

채점 기준	배점
(1) ㉠~㉤, ㉥~㉧을 모두 옳게 쓴 경우	60 %
㉠~㉤이나 ㉥~㉧ 중 한 가지를 옳게 쓴 경우	30 %
(2) 식과 값을 옳게 쓴 경우	40 %
값만 옳게 쓴 경우	20 %

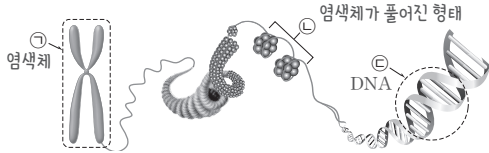


**수능 실전 문제**

209~211쪽

- 01 ④    02 ⑤    03 ③    04 ③    05 ⑤    06 ③  
 07 ⑤    08 ②    09 ②    10 ③    11 ④

**01 꼼꼼 문제 분석**



**선택지 분석**

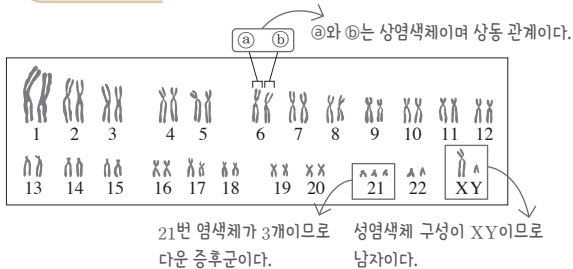
- ✗ ①은 2가 염색체이다. 염색체
- ② 세포 주기의 M기에 ①이 ①으로 응축된다.
- ③은 인산, 당, 염기로 구성된다.

**전략적 풀이** ① 염색체, 염색 분체, 2가 염색체를 구분한다.

ㄱ. ①은 2개의 염색 분체로 이루어진 하나의 염색체이다. 염색 분체는 세포 주기의 간기 중 S기에 DNA가 복제되어 형성된다. 2가 염색체는 상동 염색체가 접합한 것으로, 감수 1분열에서 관찰된다.

- ② 세포 주기의 각 시기의 특징을 생각해 본다.
- ㄴ. 염색체는 간기에는 핵 속에 ②과 같이 풀어져 있고, M기(분열기)의 전기에 핵막이 사라지고 ②이 ①으로 응축되어 막대 모양으로 나타난다.
- ③ DNA의 단위체와 구성 물질을 생각해 본다.
- ㄷ. ③은 이중 나선 구조의 DNA이고, DNA를 구성하는 단위체인 뉴클레오타이드는 인산, 당, 염기로 구성된다.

**02 꼼꼼 문제 분석**



**선택지 분석**

- ㄱ ②와 ⑥는 상동 염색체이다.
- ㄴ 이 사람은 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.
- ㄷ 이 핵형 분석 결과에서  $\frac{\text{상염색체의 염색 분체 수}}{\text{성염색체 수}} = 45$ 이다.

**전략적 풀이** ① ②와 ⑥의 관계를 생각해 본다.

ㄱ. ②와 ⑥는 6번 상염색체이며, 모양과 크기가 같은 상동 염색체이다. 상동 염색체 중 하나는 부계로부터, 다른 하나는 모계로부터 물려받는다.

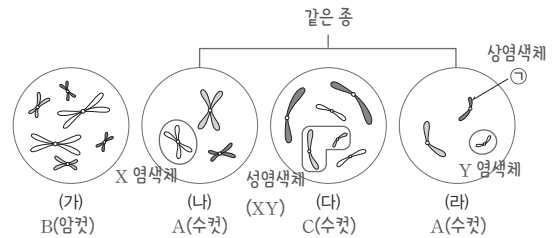
② 염색체 수가 정상인지 분석한다.

ㄴ. 이 사람은 21번 염색체를 3개 가지므로 다운 증후군의 염색체 이상을 보인다.

③ 성염색체 수와 염색 분체 수를 구분한다.

ㄷ. 핵형 분석 결과에서 성염색체 수는 2이고, 상염색체 수는 45인데 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있다. 따라서  $\frac{\text{상염색체의 염색 분체 수}}{\text{성염색체 수}} = \frac{45 \times 2}{2} = 45$ 이다.

**03 꼼꼼 문제 분석**



- (가), (나), (다)는 염색체의 모양이 모두 달라 핵형이 다르므로 서로 다른 종의 세포이다.
- (나)와 (라)의 염색체 2개는 모양이 같으므로 같은 종의 세포이고, 나머지 한(흰색) 염색체는 크기가 다르므로 성염색체이다. ⇒ (나)와 (라)는 A의 세포이고, A는 수컷이다.
- (가)는 2n=6이고 모양과 크기가 같은 성염색체 쌍을 가지므로 암컷이다. ⇒ (가)는 B의 세포
- (다)는 2n=6이고 모양과 크기가 다른 성염색체 쌍을 가지므로 수컷이다. ⇒ (다)는 C의 세포

**선택지 분석**

- ㄱ (나)는 A의 세포이다.
- ㄴ ①은 상염색체이다.
- ✗  $\frac{\text{(다)의 성염색체 수}}{\text{(가)의 염색 분체 수}} = \frac{1}{3}$ 이다.  $\frac{1}{6}$

**전략적 풀이** ① (가)~(라)의 핵형을 분석하여 A~C 중 어떤 개체의 세포인지 파악한다.

ㄱ. (가)~(라) 중 2개가 A의 세포라고 하였으므로 모양과 크기가 같은 염색체가 있는 세포 (나)와 (라)가 A의 세포이다. (가)는 B의 세포이고, (다)는 C의 세포이다.

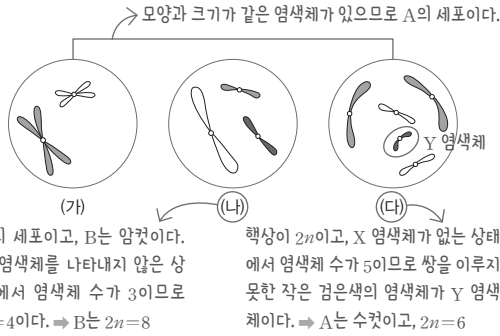
② 세포에서 상동 염색체 쌍을 찾고 이를 바탕으로 상염색체와 성염색체를 구별한다.

ㄴ. (나)와 (라)의 염색체를 비교하면 염색체 2개는 크기와 모양이 같지만, 한 염색체는 크기가 다르다. (라)에서 크기가 가장 작은 염색체가 성염색체이므로 ①은 상염색체이다.

③ (가)와 (다)에서 염색 분체와 성염색체의 수를 계산한다.

ㄷ. (다)는 핵상이  $2n$ 이므로 성염색체 수가 2이고, (가)는 6개의 염색체가 모두 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 염색 분체 수는 12이다. 따라서  $\frac{\text{(다)의 성염색체 수}}{\text{(가)의 염색 분체 수}} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6}$ 이다.

#### 04 품공 문제 분석



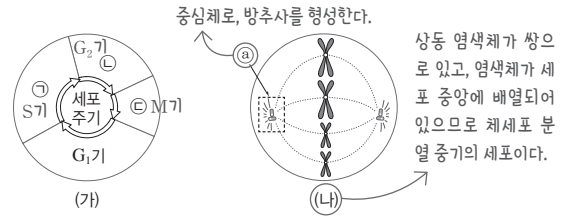
#### 선택지 분석

- ① A는 수컷이다.
- ② (가)와 (나)의 핵상은 같다.
- X 염색체 수는 (다)가 (가)의 2배이다. (다와 가가 같다)
- ④ B의 체세포에서  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{성염색체 수}} = 3$ 이다.
- ⑤ B의 감수 1분열 중기의 세포 1개당 염색 분체 수는 16이다.

**전략적 풀이** ① (가)~(다)는 A와 B 중 어떤 개체의 세포인지, A와 B의 성별은 무엇인지 구분한다.

- ① (가)와 (다)는 A의 세포이며, (다)에서 상동 염색체 2쌍은 상염색체이고, 나머지 1개의 염색체는 Y 염색체이므로 A는 성염색체 구성이 XY인 수컷이다.
- ② (가)~(다)의 핵상과 염색체 구성을 파악한다.
- ② (가)와 (나)는 상동 염색체 중 하나씩만 있으므로 핵상이  $n$ 이고, (다)는 상동 염색체 쌍이 있으므로 핵상이  $2n$ 이다.
- ③ (가)의 염색체 구성은  $n=2+X$ 이고, (다)의 염색체 구성은  $2n=4+XY$ 이다. (가)와 (다)에서 X 염색체 수는 1로 같다.
- ④ B의 핵상과 염색체 구성을 파악한다.
- ④ (나)는 B의 세포이고, B는 A와 성이 다르므로 암컷이며, 체세포의 성염색체 구성이 XX이다. 따라서 핵상이  $n$ 인 (나)의 염색체 구성은  $n=3+X$ 이고, B의 체세포의 염색체 구성은  $2n=6+XX$ 이므로,  $\frac{\text{상염색체 수}}{\text{성염색체 수}} = \frac{6}{2} = 3$ 이다.
- ⑤ B의 감수 1분열 중기 세포의 염색체 수는  $2n=8$ 이고, 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 염색 분체 수는  $8 \times 2 = 16$ 이다.

#### 05 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠은 동원체이다. 중심체
- ㉡. 핵상은 G<sub>1</sub>기의 세포와 ㉢ 시기의 세포가 같다.
- ㉣ (나)는 ㉤ 시기에 관찰되는 세포이다.

**전략적 풀이** ① 자료에 제시된 ㉠의 명칭을 파악한다.

- ㉡. ㉠은 중심체이고, 동원체는 세포 분열 시 방추사가 결합하는 염색체 부위이다.
- ② ㉠~㉣ 각 시기의 특징을 생각해 본다.
- ㉢. ㉠은 S기, ㉡은 G<sub>2</sub>기, ㉢은 M기이다. S기(㉠)에 DNA가 복제되므로 G<sub>2</sub>기(㉡)의 세포는 G<sub>1</sub>기 세포에 비해 DNA양은 2배가 되지만 핵상은 변화가 없으므로  $2n$ 으로 같다.
- ③ (나)는 어떤 시기의 세포인지 생각해 본다.
- ㄷ. (나)는 핵막이 없고, 막대 모양의 염색체가 세포의 가운데 배열되어 있으므로 M기(㉣, 분열기)에 관찰되는 세포이다.

#### 06 품공 문제 분석

핵막은 세포 분열 전기에 사라졌다가 말기에 다시 나타나므로 (나)는 M기의 중기이다.

세포	핵막 소실 여부	DNA 상대량
(가) G <sub>1</sub> 기	㉠ 소실 안 됨	1
(나) M기의 중기	소실됨	㉡ 2
(다) G <sub>2</sub> 기	소실 안 됨	2

DNA는 S기에 복제되므로 DNA 상대량이 2인 (다)는 G<sub>2</sub> 기이고, 1인 (가)는 G<sub>1</sub> 기이다.

#### 선택지 분석

- ㉠은 '소실됨'이다. 소실 안 됨
- ㉡은 1이다. 2
- ③ (가)에는 히스톤 단백질이 있다.
- (나)는 간기의 세포이다. M기
- (다)에서는 방추사가 동원체에 부착되어 있다. (나)

**전략적 풀이** ① (가)~(다)에 해당하는 시기와 특징을 생각해 본다.

- ③ (가)는 DNA 상대량이 1로 (다)의 절반이므로 G<sub>1</sub>기 세포이다. (가)~(다) 어떤 시기이든 DNA는 히스톤 단백질과 결합한 상태로 존재하므로 (가)에는 히스톤 단백질이 있다.

④ (나)는 핵막이 소실되어 있으므로 M기의 중기 세포이다. 간기의 세포는 핵막으로 둘러싸인 핵이 있다.

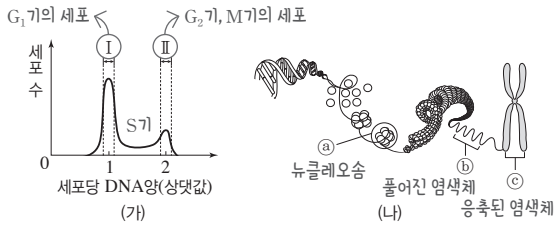
⑤ (다)는 G<sub>2</sub>기로 간기의 세포이다. 간기에는 방추사가 형성되지 않고 응축된 염색체가 관찰되지도 않는다. 방추사가 동물체에 부착되어 있는 것은 (나) M기의 중기 세포의 특징이다.

② ㉠과 ㉡에 적합한 용어와 수를 파악한다.

① (가)는 G<sub>1</sub>기 세포이므로 ㉠은 '소실 안 됨'이다.

② (나)는 M기의 중기 세포이므로 DNA 상대량(㉡)은 2이다.

### 07 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ 구간 I 과 II의 세포에는 모두 ㉠이 있다.
- ㉡ 구간 II에 ㉡가 ㉢로 응축되는 시기의 세포가 있다.
- ㉢ G<sub>1</sub>기 세포 수 / G<sub>2</sub>기 세포 수 는 1보다 크다.

**전략적 풀이** ① 구간 I 과 II에는 어떤 세포가 있는지 추론한다.

ㄱ. DNA 상대량이 1인 구간 I에는 DNA 복제 전의 G<sub>1</sub>기 세포가 있고, DNA 상대량이 2인 구간 II에는 DNA 복제가 완료된 G<sub>2</sub>기의 세포와 M기의 세포가 있다. G<sub>1</sub>기, G<sub>2</sub>기, M기의 세포에서 모두 DNA는 히스톤 단백질과 결합한 뉴클레오솜(㉠) 상태로 존재한다.

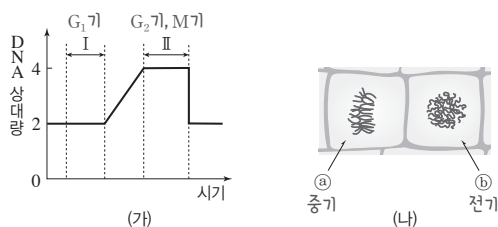
② 염색체가 응축되는 시기는 언제인지 구별한다.

ㄴ. 염색체는 간기에는 ㉡처럼 풀어져 있지만, M기(분열기)의 전기에 ㉢처럼 막대 모양으로 응축된다. 구간 II에 ㉡가 ㉢로 응축되는 M기의 세포가 있다.

③ 그래프를 통해 각 시기의 상대적인 세포 수를 비교한다.

ㄷ. 세포 수는 구간 I(G<sub>1</sub>기)이 구간 II(G<sub>2</sub>기, M기)보다 많으므로  $\frac{G_1 \text{기 세포 수}}{G_2 \text{기 세포 수}}$  는 1보다 크다.

### 08 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- I 시기의 세포에서 방추사가 형성된다. II
- ㉠에서 2가 염색체가 세포 가운데 배열되어 있다. 염색체
- ㉠과 ㉡는 모두 II 시기에 관찰된다.

**전략적 풀이** ① I 시기가 세포 주기의 어떤 시기인지를 파악한다.

ㄱ. I 시기는 DNA 복제가 일어나기 전의 간기인 G<sub>1</sub>기이다. 방추사는 세포 분열 전기에 형성되므로 II 시기에서 볼 수 있다.

② 체세포 분열과 생식세포 분열의 차이점을 생각해 본다.

ㄴ. (나)에서 ㉠은 체세포 분열 중기이다. 체세포 분열 과정에서는 상동 염색체가 접합하지 않으므로 ㉠에서 세포 가운데에 배열된 염색체는 2가 염색체가 아니다.

③ II 시기의 특징을 생각해 본다.

ㄷ. ㉠과 ㉡는 각각 분열기(M기)의 중기와 전기의 세포이므로 모두 II 시기에 관찰된다.

### 09 품공 문제 분석

대립유전자	세포		
	(가) I	(나) II	(다) I
대립유전자 ㉠ (상염색체)	×	×	○
대립유전자 ㉡ (상염색체)	○	○	×
대립유전자 ㉢ (성염색체)	×	×	×
대립유전자 ㉣ (성염색체)	×	○	○

(가)와 (나), (나)와 (다)는 같은 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성될 수 없다. (○: 있음, ×: 없음)

#### 선택지 분석

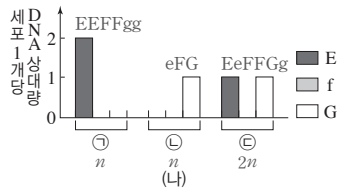
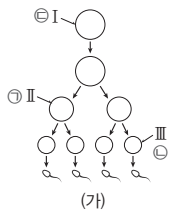
- ① (가)와 (다)의 핵상은 같다.
- I로부터 (나)가 형성되었다. II
- ③ X 염색체의 수는 (나)와 (다)에서 같다.
- ④ ㉠과 ㉡은 상동 염색체의 동일한 위치에 있다.
- ⑤ P에게서 ㉠과 ㉡을 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다.

**전략적 풀이** ① (가)~(다)의 핵상과 감수 분열 시기를 추론한다.

① 핵상이 2n인 세포에는 대립유전자가 쌍으로 있고, 핵상이 n인 세포에는 쌍을 이루는 대립유전자 중 1개만 있다. (가)에는 ㉠~㉣ 중 대립유전자 ㉡만 있으므로 (가)는 핵상이 n인 감수 2분열 중기 세포이다. 또한, ㉡은 상염색체에 있으며, 다른 한 쌍은 성염색체(X 염색체)에 있다는 것도 알 수 있다. 만일 (나)와 (다)가 핵상이 2n인 감수 1분열 중기 세포라면 상염색체에 있는 대립유전자 쌍과 성염색체에 있는 대립유전자를 가져야 하는데, (나)와 (다)는 각각 2개의 대립유전자만 있고 유전자 구성도 다르다. 따라서 (나)와 (다)도 핵상이 n인 감수 2분열 중기 세포이다.

- ② ㉠~㉢의 염색체상의 위치와 대립유전자를 구별한다.  
 (나)에서 ㉡이 상염색체에 있으므로 ㉢은 성염색체에 있다는 것을 알 수 있고, (다)에서 ㉠이 상염색체에 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 ㉠과 ㉡이 상염색체에 있는 대립유전자이고, ㉢과 ㉣이 성염색체에 있는 대립유전자이다.  
 ④ 대립 관계인 ㉠과 ㉡은 상동 염색체의 동일한 위치에 있다.  
 ⑤ (가)~(다) 모두 ㉣이 없으므로 P는 ㉣을 갖지 않는다. 따라서 P에게서 ㉠과 ㉡을 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다.  
 ③ 하나의 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성되는 감수 2분열 중기 세포의 유전자 구성을 고려하여 세포 I과 II로부터 유래된 세포를 추론한다.  
 ② 하나의 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성된 감수 2분열 중기 세포는 쌍을 이루던 대립유전자를 하나씩 나누어 갖는다. (가)와 (나)는 ㉡을 공통으로 가지므로 하나의 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성된 것이 아니고, (나)와 (다)는 ㉣을 공통으로 가지므로 하나의 G<sub>1</sub>기 세포로부터 형성된 것이 아니다. 따라서 (가)와 (다)는 세포 I로부터 형성된 것이고, (나)는 세포 II로부터 형성된 것이다.  
 ③ (나)와 (다)의 핵상은  $n$ 으로 같고, 성염색체에 있는 대립유전자 ㉣이 공통으로 있으므로 (나)와 (다)에서 X 염색체 수가 같다.

### 10 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉠ I에서 세포 1개당  $\frac{F \text{의 DNA 상대량}}{E \text{의 DNA 상대량} + G \text{의 DNA 상대량}} = 1$ 이다.  
 ㉡ II의 염색 분체 수는 46이다.  
 ㉢ III의 ㉣에 대한 유전자형은 EFG이다. eFG

**전략적 풀이 ①** I ~ III의 핵상과 세포 1개당 DNA 상대량을 고려하여 ㉠~㉣의 유전자형을 결정한다.

II는 감수 2분열 중기의 세포로 핵상은  $n$ 이지만 각 염색체가 2개의 염색 분체로 되어 있어 각 대립유전자의 DNA 상대량은 2의 배수가 되어야 하므로 ㉠이며, 유전자 구성은 EEFFgg이다. I은 DNA 복제 전의 세포로 핵상은  $2n$ 이고, III은 감수 분열이 완료된 세포로 핵상은  $n$ 이므로 ㉢이 I이고 유전자 구성은 EeFFGg이며, ㉡은 III이고 유전자 구성은 eFG이다.

㉠, I의 유전자 구성은 EeFFGg이므로 세포 1개당  $\frac{F \text{의 DNA 상대량}}{E \text{의 DNA 상대량} + G \text{의 DNA 상대량}} = \frac{2}{1+1} = 1$ 이다.

㉡, III은 ㉡이고, ㉡에는 쌍을 이루던 대립유전자 중 1개만 있으므로 III의 ㉣에 대한 유전자형은 eFG이다.

② II의 염색체 수와 염색 분체 수를 추론한다.

ㄴ. 사람의 체세포의 염색체 수는  $2n=46$ 이므로 감수 2분열 중기의 세포 II의 염색체 수는  $n=23$ 이다. II에서 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 염색 분체 수는 46이다.

### 11 품공 문제 분석

사람 (유전자형)	세포	DNA 상대량			
		H	h	T	t
P(HY)	I $n$	㉠1	0	㉠0	?0
Q(HHX <sup>+</sup> X <sup>+</sup> )	II $n$	㉡2	㉡0	0	㉡2
Q(HhX <sup>+</sup> X <sup>+</sup> )	III $2n$	?1	㉢1	㉢0	㉢2
P(HHHH X <sup>+</sup> X <sup>+</sup> YY)	IV $2n$	4	0	2	㉣0

#### 선택지 분석

- ㉠ ㉡은 2이다.  
 ㉢ IV는 Q의 세포이다. P  
 ㉣ I이 갖는 t의 DNA 상대량과 III이 갖는 H의 DNA 상대량의 합은 1이다.

**전략적 풀이 ①** DNA 상대량을 이용하여 세포의 핵상과 ㉠~㉣의 값을 알아내고, IV는 P와 Q 중 누구의 세포인지 추론한다.

㉠, ㉡, IV에서 H의 DNA 상대량이 4이므로 IV는 핵상이  $2n$ 이고 DNA 복제가 일어난 상태이다. IV에서 X 염색체에 있는 T의 DNA 상대량이 2이므로 남자 P의 세포라면 t의 DNA 상대량 ㉣은 0이고, 여자 Q의 세포라면 ㉣은 2이다. 만일 ㉣이 2라면 I에서 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h의 DNA 상대량의 합이 0이 될 수는 없으므로 ㉣이 1, ㉡이 0이 되는데, X 염색체에 있는 T의 DNA 상대량 ㉣이 2이므로 모순이다. 따라서 ㉣은 0이고, IV는 남자의 세포이며, 핵상은  $2n$ 이다.

㉡이 1, ㉢이 2라면 III에서 t의 DNA 상대량이 1인데, 남자 P(IV)에는 t가 없으므로 III은 여자 Q의 세포이다. 이때 X 염색체에 있는 대립유전자의 합이 1이므로 핵상이  $n$ 이고 감수 분열이 완료된 세포이고, h의 DNA 상대량 ㉣은 2가 될 수 없으므로 모순이다. 따라서 ㉡이 2, ㉢이 1이다.

② 세포 I ~ IV의 유전자 구성을 파악한다.

㉡, IV에서 t의 DNA 상대량이 0이므로 t의 DNA 상대량이 2(㉡)인 II와 III은 P가 아니라 Q의 세포이다. I과 IV는 P의 세포이며,  $2n$ 인 IV에서 t의 DNA 상대량이 0이므로 I의 t의 DNA 상대량도 0이다. III에서 X 염색체에 있는 대립유전자 T와 t의 DNA 상대량 합이 2이므로 상염색체에 있는 대립유전자 H와 h의 DNA 상대량 합도 2이다. 따라서 III이 갖는 H의 DNA 상대량은 1이다. 그러므로 I이 갖는 t의 DNA 상대량과 III이 갖는 H의 DNA 상대량의 합은  $0+1=1$ 이다.



## 2 사람의 유전

### 1 사람의 유전

#### 개념 확인 문제

216쪽

- ① 가계도    ② 쌍둥이    ③ 염색체    ④ 대립유전자

- 1 ③    2 가계도 조사    3 (1)  $\neg$  (2)  $\square$  (3)  $\perp$     4 (1)  $\circ$  (2)  $\circ$  (3)  $\circ$  (4)  $\times$     5 (1) A, a (2) a (3) Aa : aa = 1 : 1

1 사람의 유전 연구가 어려운 까닭은 한 세대가 길고, 자손의 수가 적으며, 자유로운 교배 실험이 불가능하고, 형질이 복잡하기 때문이다.

2 가계 구성원의 특정 형질에 대한 발현 여부를 도표로 나타낸 것을 가계도라고 한다.

3 (1) 특정 형질의 발현에 유전자와 환경이 미치는 영향을 알아보기 위해서는 쌍둥이를 연구하는 것이 적합하다.  
 (2) 핵형 분석과 같은 염색체 연구를 통해 염색체의 구조나 수의 이상을 판별할 수 있다.  
 (3) 특정 집단의 유전자 빈도나 질병의 관련성 등을 알아내는 데에는 집단 조사가 유용하다.

4 (1) 분리형과 부착형은 낫볼 모양이라는 형질에서 서로 대립 관계에 있는 형질이다.  
 (2) 낫볼 모양은 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되는 단일 인자 유전 형질이다.  
 (3) EE, Ee와 같이 대립유전자 구성을 기호로 나타낸 것은 유전자형이고, 겹으로 나타나는 형질(분리형, 부착형)은 표현형이다.  
 (4) 유전자형이 Ee이면 낫볼 모양이 분리형이므로, 분리형이 우성이고, 부착형이 열성이다.

5 (1) 아버지의 유전자형은 Aa이고, 생식세포를 형성할 때 대립유전자가 각기 다른 생식세포로 나뉘어 들어가므로 생식세포의 유전자 구성은 A와 a의 두 가지이다.

(2) 어머니의 유전자형은 aa이므로, 생식세포의 유전자 구성은 a의 한 가지이다.

(3) 아버지와 어머니 사이에서 태어날 수 있는 자손의 유전자형은 표와 같다.

	아버지	A	a
어머니	a	Aa	aa

따라서 자손의 유전자형 분리비는 Aa : aa = 1 : 1이다.

#### 개념 확인 문제

219쪽

- ① 상염색체    ② 한    ③ 우성    ④ 열성    ⑤ O형  
 ⑥  $I^A I^B, I^B i$

- 1 (1)  $\times$  (2)  $\circ$  (3)  $\circ$     2 (1) 열성 (2) A: Tt, B: Tt    3 (1)  $\circ$  (2)  $\circ$  (3)  $\times$     4 (1)  $\circ$  (2)  $\times$  (3)  $\circ$     5 A형, B형, AB형, O형

1 (1) A를 나타내지 않는 부모에게서 A를 나타내는 자녀가 태어나므로 A는 열성 형질이다.

(2) A는 남녀에서 비슷한 비율로 나타나므로 A의 유전자는 상염색체에 있다.

(3) 부모가 열성 형질인 A를 나타내면 자녀는 모두 열성 형질인 A를 나타낸다.

2 (1) 정상인 부모에게서 유전병인 자녀가 태어났으므로 정상이 우성이고, 유전병이 열성이다.

(2) 정상이 우성이므로 정상 대립유전자는 T이고, 유전병 대립유전자는 t이다. A는 정상이지만 유전병인 아들이 태어난 것으로 보아 유전병 대립유전자가 있으며, B는 정상이지만 어머니에게서 물려받은 유전병 대립유전자가 있다. 따라서 A와 B의 유전자형은 모두 Tt이다.

3 (1) 철수 부모님은 혀 말기가 가능하지만 철수는 혀 말기가 불가능하므로 혀 말기 기능이 우성 형질이다.

(2) 혀 말기 가능 대립유전자를 R, 혀 말기 불가능 대립유전자를 r라고 할 때, 철수의 유전자형은 rr로 열성 동형 접합성이다. 따라서 철수 부모님의 유전자형은 Rr로 혀 말기 불가능 대립유전자를 가지고 있다.

(3) 혀 말기 유전자는 상염색체에 있으므로 형질의 발현 빈도는 남녀에 따라 차이가 없다.

4 (1) ABO식 혈액형의 대립유전자는 세 가지이지만, 한 사람은 ABO식 혈액형을 결정하는 대립유전자를 한 쌍 가지므로 ABO식 혈액형은 단일 인자 유전 형질이다.

(2) ABO식 혈액형의 대립유전자는  $I^A, I^B, i$ 의 세 가지이다.

(3) ABO식 혈액형의 표현형은 A형, B형, AB형, O형의 4가지이고, 유전자형은  $I^A I^A, I^A i, I^B I^B, I^B i, I^A I^B, ii$ 의 6가지이다.

5 (가)는 A형인데 B형인 아버지에게서 열성 대립유전자(i)를 물려받으므로 유전자형이  $I^A i$ 이다. (나)는 B형인데 O형인 어머니에게서 물려받은 열성 대립유전자(i)가 있어 유전자형이  $I^B i$ 이다. 따라서 (가)와 (나) 사이에서 나올 수 있는 자녀의 혈액형은  $I^A i \times I^B i \rightarrow I^A I^B$ (AB형),  $I^A i$ (A형),  $I^B i$ (B형),  $ii$ (O형)이다.

- ① 성염색체 ② X ③ 많이 ④ 아들 ⑤ 딸 ⑥ 한  
⑦ 연속

1 (가) 44+XX, 여자 (나) 44+XY, 남자 2 (1) ㉠ 열성, ㉡ 상염색체 (2) 반성유전 3 (1)  $X^R X^r$  (2) 4명 4 (1) ㉠ ㉡  $(3) \times (4) \times$

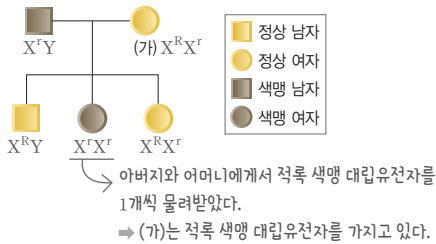
1 사람의 성은 난자와 수정하는 정자에 들어 있는 성염색체에 의해 결정된다.

(가)는 X 염색체를 갖는 정자와 난자가 수정하므로 염색체 구성은 44+XX이고, 여자이다.

(나)는 Y 염색체를 갖는 정자와 X 염색체를 갖는 난자가 수정하므로 염색체 구성은 44+XY이고, 남자이다.

2 (1) 어머니가 A를 나타내면 아들이 반드시 A를 나타내므로 A는 성염색체인 X 염색체에 있는 유전자에 의해 형질이 결정되며, 열성으로 유전된다. 만일 A가 우성 형질이라면 어머니가 A를 나타내더라도 아들은 어머니에게서 열성인 정상 대립유전자를 물려받을 경우 A를 나타내지 않을 수 있기 때문이다.

3 **꼼꼼 문제 분석**



(1) (가)는 정상이지만 딸이 적록 색맹이므로 적록 색맹 대립유전자가 있는 보인자이다.

(2) 가족 중 정상인 아들 한 명을 제외한 나머지 4명에게 적록 색맹 대립유전자가 있다.

4 (1) 다인자 유전의 경우 형질이 여러 쌍의 대립유전자에 의해 결정된다.

(2) 다인자 유전 형질은 표현형이 다양하게 나타나고, 중간값이 큰 정규 분포 곡선 형태의 연속적 변이를 나타내므로 우성과 열성이 쉽게 구분되지 않는다. 대립 형질이 뚜렷하며, 우성과 열성이 쉽게 구분되는 것은 단일 인자 유전의 특징이다.

(3) 다인자 유전 형질은 형질이 발현되는 과정에서 환경의 영향을 받는 경우가 많다.

(4) 키, 몸무게, 피부색 등은 다인자 유전 형질이고, 꽃볼 모양, 보조개, ABO식 혈액형 등은 단일 인자 유전 형질이다.

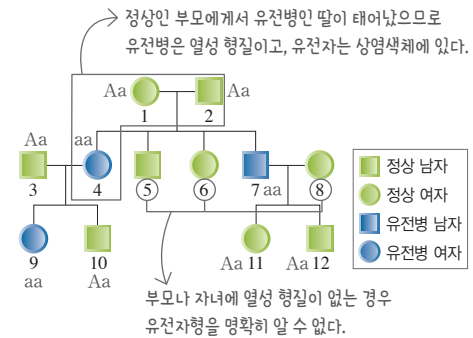
자료 1 1 ㉠ 열성, ㉡ 상염색체 2 1: Aa, 2: Aa  
3 (1) ㉠ ㉡  $(3) \times (4) \times (5) \times$

자료 2 1 6: Rr, I<sup>A</sup>i, 7: Rr, I<sup>A</sup>i 2  $\frac{3}{32}$   
3 (1) ㉠ ㉡  $(3) \times (4) \times (5) \times$

자료 3 1 1 → 5 → 11 2 (1) 7: X<sup>R</sup>Y, 8: X<sup>R</sup>X<sup>r</sup> (2)  $\frac{1}{4}$   
3 (1)  $\times (2) \times (3) \times (4) \times (5) \times (6) \times$

자료 4 1 ㉠ A, ㉡ A\*, ㉢ 우성 2 성염색체  
3 (1)  $\times (2) \times (3) \times (4) \times (5) \times$

1-1 **꼼꼼 문제 분석**



정상인 부모에게서 유전병인 딸(4)이 태어났으므로 유전병은 열성 형질이고, 유전자는 상염색체에 있다. 유전자가 X 염색체에 있다면 딸이 열성 형질일 경우 아버지도 열성 형질이어야 한다.

1-2 정상인 1과 2 사이에서 유전병인 4와 7이 태어났으므로 1과 2는 모두 유전병 대립유전자 a를 가지고 있다. 따라서 1과 2의 유전자형은 Aa이다.

1-3 (1) 3과 4 사이에서 유전병인 9가 태어났으므로 3은 유전병 대립유전자를 가지고 있는 보인자이다.

(2) 만일 이 유전병이 반성유전 형질이라면 딸인 4가 열성 형질인 유전병일 때 아버지인 2는 반드시 유전병이어야 한다. 그런데 아버지인 2는 정상이므로 유전병 유전자는 상염색체에 있다는 것을 알 수 있다.

(3) 5와 8의 유전자형은 AA 또는 Aa로 유전자형이 명확하지 않다.

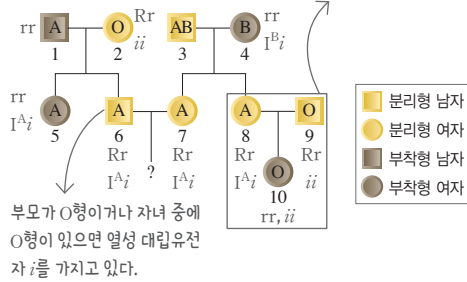
(4) 1과 2 사이에서 태어나는 자녀의 유전자형은  $Aa \times Aa \rightarrow AA, Aa, Aa, aa$ 이다. 따라서 정상인 딸 6의 유전자형이 동형 접합성(AA)일 확률은  $\frac{1}{3}$ 이고, 이형 접합성(Aa)일 확률은  $\frac{2}{3}$ 이다.

(5) 3과 4 사이에서 태어나는 자녀의 유전자형은  $Aa \times aa \rightarrow Aa, aa$ 로 10의 동생이 유전병일 확률은  $\frac{1}{2}$ , 남자일 확률은  $\frac{1}{2}$

이므로 유전병 남자일 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

### 2-1 품공 문제 분석

분리형인 8과 9 사이에서 부착형 딸 10이 태어났으므로 분리형이 우성 형질이고, 부착형이 열성 형질이며, 깃불 모양 유전자는 상염색체에 있다.



부모가 O형이거나 자녀 중에 O형이 있으면 열성 대립유전자  $i$ 를 가지고 있다.

• 깃불 모양: 분리형인 8과 9 사이에서 부착형 딸 10이 태어났으므로 분리형이 우성 형질이고, 부착형이 열성 형질이며, 깃불 모양 유전자는 상염색체에 있다. 1이 부착형( $rr$ )이므로 6의 깃불 모양 유전자형은  $Rr$ 이고, 4가 부착형( $rr$ )이므로 7의 깃불 모양 유전자형은  $Rr$ 이다.

• ABO식 혈액형: 2가 O형( $ii$ )이므로 6의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ 이고, 4가 B형이므로 7의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ 이다.

### 2-2 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때

• 깃불 모양이 부착형일 확률:  $Rr \times Rr \rightarrow RR, Rr, Rr, rr$ 로 부착형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

• ABO식 혈액형이 A형일 확률:  $I^A i \times I^A i \rightarrow \underline{I^A I^A}, \underline{I^A i}, \underline{I^A i}, ii$ 로 A형일 확률은  $\frac{3}{4}$ 이다.

따라서 이 아이가 깃불 모양이 부착형이면서 ABO식 혈액형이 A형인 딸일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{32}$ 이다.

2-3 (1) 2에게서 부착형인 딸 5가 태어났으므로 2는 부착형 대립유전자를 가지고 있다.

(2) B형인 4에게서 A형인 딸 7과 8이 태어났으므로 4의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^B i$ 로 이형 접합성이다.

(3) 5의 깃불 모양 유전자형은  $rr$ 이므로 부착형 대립유전자를 1과 2에게서 1개씩 물려받았다.

(4) 8과 9 사이에서 부착형인 10이 태어났으므로 8과 9의 깃불 모양 유전자형은  $Rr$ 로 이형 접합성이다.

(5) 8과 9 사이에서 아이가 태어날 때

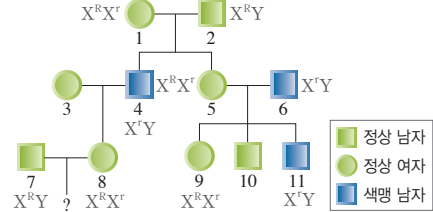
• 깃불 모양이 부착형일 확률:  $Rr \times Rr \rightarrow RR, Rr, Rr, rr$ 로 부착형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

• ABO식 혈액형이 O형일 확률:  $I^A i \times ii \rightarrow I^A i, ii$ 로 O형일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 깃불 모양이 부착형이면서 ABO식 혈액형이 O형일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

### 3-1 품공 문제 분석

이들의 X 염색체는 어머니에게서 물려받고, 딸의 X 염색체는 아버지와 어머니에게서 1개씩 물려받는다. → 이들의 적록 색맹 대립유전자는 어머니에게서 X 염색체와 함께 물려받은 것이다.



11은 적록 색맹 대립유전자를 X 염색체와 함께 어머니인 5에게서 물려받았고, 5는 1에게서 물려받았다.

3-2 (1) 7은 정상 남자이므로 유전자형은  $X^R Y$ 이다. 8은 아버지인 4에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받아 유전자형이  $X^R X^r$ 이다.

(2) 7과 8 사이에서 태어나는 아이의 적록 색맹 유전자형은  $X^R Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^R, X^R X^r, X^R Y, X^r Y$ 로, 아이가 적록 색맹인 아들일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

3-3 (1) 3의 유전자형은  $X^R X^R$  또는  $X^R X^r$ 로 적록 색맹 보인자인지 확실히 알 수 없다.

(2) 4의 X 염색체는 어머니인 1에게서 물려받은 것이므로 적록 색맹 대립유전자도 1에게서 물려받았다.

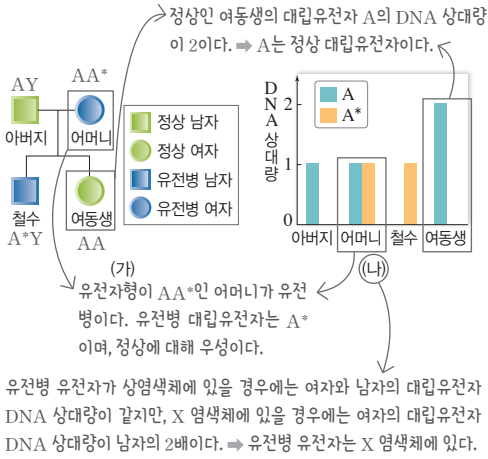
(3) 5에게서 적록 색맹인 아들 11이 태어났으므로 5의 적록 색맹 유전자형은  $X^R X^r$ 이다.

(4) Y 염색체는 아버지에게서 물려받는다. 6은 11에게 Y 염색체를 물려주므로 적록 색맹 대립유전자가 11에게 전달되지 않는다.

(5) 9는 6에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받아 유전자형이  $X^R X^r$ 로 이형 접합성이다.

(6) 5와 6 사이에서 태어나는 아이의 적록 색맹 유전자형은  $X^R X^r \times X^r Y \rightarrow X^R X^r, X^r X^r, X^R Y, X^r Y$ 로, 아이가 적록 색맹인 딸일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

4-1 **꼼꼼 문제 분석**



여동생은 대립유전자 A의 DNA 상대량이 2인데 정상이다. 따라서 A는 정상 대립유전자이고, A\*는 유전병 대립유전자이다. 또 어머니의 유전자형은 AA\*인데 유전병이 나타났으므로 유전병이 우성이다. 따라서 A\*가 A에 대해 우성이다.

**4-2** 남자인 아버지와 철수는 유전병 발현에 관여하는 대립유전자 DNA 상대량이 1이고, 여자인 어머니와 여동생은 대립유전자 DNA 상대량이 2이다. 이를 통해 유전병 유전자가 성염색체인 X 염색체에 있다는 것을 알 수 있다.

**4-3 (1)** 유전병이 우성 형질이므로 유전병인 여자의 유전자형은 우성 동형 접합성(A\*A\*)이거나 이형 접합성(AA\*)이다. 따라서 어머니가 유전병이라 하더라도 정상 대립유전자를 가지고 있을 경우 정상인 아들이 태어날 수 있으므로 아들이 반드시 유전병인 것은 아니다.

(2) 유전병이 우성 형질이고, 유전병 유전자가 X 염색체에 있으므로 아버지가 유전병이면 딸은 아버지의 유전병 대립유전자를 물려받으므로 반드시 유전병이다.

(3) 유전병이 우성 형질이므로 유전병인 사람의 유전자형은 A\*A\*, AA\*, A\*Y이다. 따라서 유전병을 나타내는 여자 중에는 유전자형이 AA\*로 이형 접합성이 있다.

(4) 보인자란 형질이 겉으로 드러나지는 않지만, 형질을 나타내는 유전자를 가지고 있는 사람을 말한다. 유전병이 우성 형질이므로 정상 여자의 유전자형은 모두 열성 동형 접합성(AA)이다. 따라서 보인자가 없다.

(5) 아버지와 어머니 사이에서 태어나는 아이의 유전자형은 AY × AA\* → AA, AA\*, AY, A\*Y로, 아이가 유전병 남자일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

**내신 안정 문제**

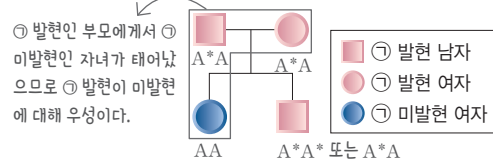
228~231쪽

- 01 ③    02 ③    03 해설 참조    04 ③    05 해설 참조  
 06 ③    07 ④    08 ⑤    09 해설 참조    10 ④    11 ⑤  
 12 ④    13 ⑤    14 ⑤    15 ⑤    16 ④    17 ③

**01** ㄱ, ㄴ. 사람의 유전을 연구할 때 가계도를 통해 특정 형질의 우열 관계와 유전되는 양상을 유추할 수 있으며, 쌍둥이 연구를 통해 특정 형질에서 유전자와 환경의 영향을 유추할 수 있다.  
**바로알기** ㄷ. 핵형 분석을 통해 염색체의 수, 모양, 크기에 관한 정보는 알 수 있지만, 혈액형이나 색맹 등과 같은 특정 형질의 유전자를 파악할 수는 없다.

**02** **꼼꼼 문제 분석**

구분	아버지	어머니	누나	철수
①	발현됨	발현됨	발현 안 됨	발현됨



ㄱ. ① 발현 부모로부터 ① 미발현 딸이 태어났으므로 '① 발현됨'이 '① 발현 안 됨'에 대해 우성이고, ①을 결정하는 유전자는 상염색체에 있다.

ㄷ. ① 발현 대립유전자를 A\*, ① 미발현 대립유전자를 A라고 할 때, 부모의 유전자형은 모두 A\*A이다. 철수의 동생이 태어날 때, 이 아이가 ① 발현일 확률은  $A*A \times A*A \rightarrow A*A*, A*A, A*A, AA$ 로  $\frac{3}{4}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. ①을 결정하는 유전자는 상염색체에 있다. ①을 결정하는 유전자가 성염색체에 있다면 우성 형질인 아버지에게서 열성 형질을 가진 딸이 태어날 수 없다.

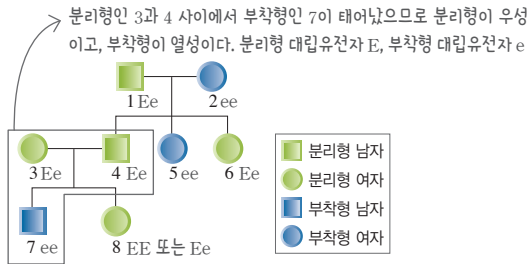
**03** PTC 미맹은 PTC 용액의 쓴맛을 느끼지 못하는 형질이다.

**모범 답안** 1: Tt, 2: Tt, 4: tt, 5: tt, 정상인 부모 1과 2 사이에서 미맹인 딸 5가 태어났으므로 미맹은 정상에 대해 열성 형질이고, 미맹 유전자는 상염색체에 있다. 따라서 정상 대립유전자는 T, 미맹 대립유전자는 t이다. 1과 2의 유전자형은 Tt이고, 미맹인 4와 5의 유전자형은 tt이지만, 3과 6의 유전자형은 TT 또는 Tt로 확실하지 않다.

채점 기준	배점
유전자형을 확실히 알 수 있는 사람의 번호와 유전자형을 쓰고, 판단 과정을 옳게 서술한 경우	100 %
유전자형을 확실히 알 수 있는 사람의 번호와 유전자형은 옳게 썼으나, 판단 과정의 서술이 부족한 경우	70 %
유전자형을 확실히 알 수 있는 사람의 번호와 유전자형만 옳게 쓴 경우	30 %



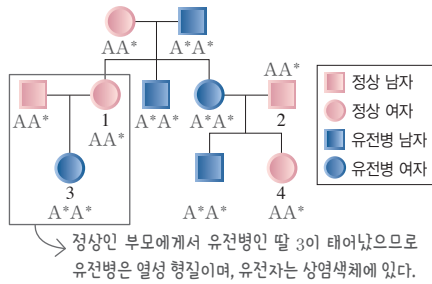
### 04 꼼꼼 문제 분석



- ㄱ. 분리형이 우성 형질이고, 부착형이 열성 형질이다.  
 ㄴ. 분리형 대립유전자를 E, 부착형 대립유전자를 e라고 하면 3과 4 사이에서 태어나는 아이의 유전자형은 Ee×Ee → EE, Ee, Ee, ee로, 낫볼 모양이 부착형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 8의 동생이 낫볼 모양이 부착형인 남자일 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 분리형인 1에게서 부착형인 딸 5가 태어난 것으로 보아 낫볼 모양 유전자는 상염색체에 있고, 1은 부착형 대립유전자를 가지고 있다(Ee).

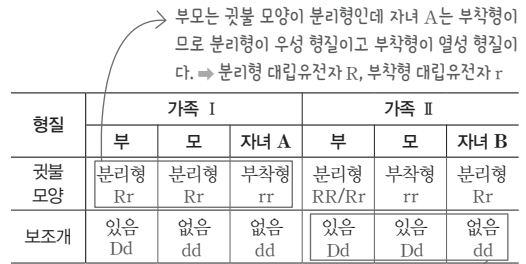
### 05 꼼꼼 문제 분석



- (1) 정상인 부모에게서 유전병인 딸 3이 태어났으므로 정상 대립유전자(A)가 우성이고, 유전병 대립유전자(A\*)가 열성이며, 유전병 유전자는 상염색체에 있다. 1과 2의 유전자형은 AA\*로 같다.  
**모범 답안** (1) 1: AA\*, 2: AA\*  
 (2) 3의 동생이 유전병일 확률은 AA\*×AA\* → AA, AA\*, AA\*, A\*A\*로  $\frac{1}{4}$ 이고, 4의 동생이 유전병일 확률은 A\*A\*×AA\* → AA\*, A\*A\*로  $\frac{1}{2}$ 이다. 따라서 두 아이가 모두 유전병일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 1, 2의 유전자형을 모두 옳게 쓴 경우	40 %
(2) 3과 4의 동생이 유전병일 확률을 모두 옳게 구하고, 두 아이가 모두 유전병일 확률을 옳게 구한 경우	60 %
(2) 3과 4의 동생이 유전병일 확률을 모두 옳게 구했으나, 두 아이가 모두 유전병일 확률을 틀리게 쓴 경우	40 %

### 06 꼼꼼 문제 분석

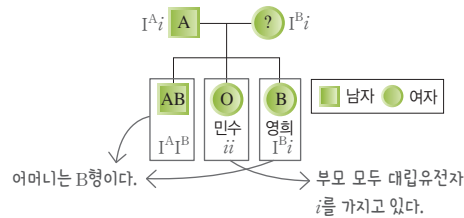


부모는 모두 보조개가 있는데 자녀 B는 보조개가 없으므로 보조개가 있음이 우성 형질이고 보조개가 없음이 열성 형질이다.  
 ⇒ 보조개 있음 대립유전자 D, 보조개 없음 대립유전자 d

- ㄱ. I의 자녀 A가 열성 형질인 부착형 낫볼을 가지므로 부모 모두 우성 형질인 분리형이지만 부착형 대립유전자를 가진다(Rr).  
 ㄴ. A와 B 사이에서 태어나는 아이가  
 • 낫볼 모양이 분리형일 확률: rr×Rr → Rr, rr로  $\frac{1}{2}$ 이다.  
 • 보조개가 없을 확률: dd×dd → dd로 1이다.  
 따라서 아이가 낫볼 모양이 분리형이며 보조개가 없을 확률은  $\frac{1}{2} \times 1 = \frac{1}{2}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. II의 자녀 B가 열성 형질인 보조개 없음이므로 부모 모두 우성 형질이지만 열성 대립유전자를 가지므로 보조개 유전자형이 이형 접합성이다(Dd).

### 07 꼼꼼 문제 분석



- ㄱ. 영희는 B형인데 아버지가 A형이므로 대립유전자 I<sup>B</sup>는 어머니에게서 물려받은 것이며, 민수는 O형이므로 아버지와 어머니에게서 모두 대립유전자 i를 물려받았다. 따라서 영희 어머니는 혈액형 유전자형이 I<sup>B</sup>i로 B형이다.  
 ㄴ. 영희의 동생이 태어날 때, 이 아이의 혈액형이 민수와 같은 O형일 확률은 I<sup>A</sup>i×I<sup>B</sup>i → I<sup>A</sup>I<sup>B</sup>, I<sup>A</sup>i, I<sup>B</sup>i, ii로  $\frac{1}{4}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. 영희 아버지는 민수에게 열성 대립유전자 i를 물려주었으므로 혈액형 유전자형은 I<sup>A</sup>i로 이형 접합성이다.

- 08** ① (가)는 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되므로 단일 인자 유전 형질이다.  
 ② (가)는 대립유전자가 3가지이므로 복대립 유전 형질이다.

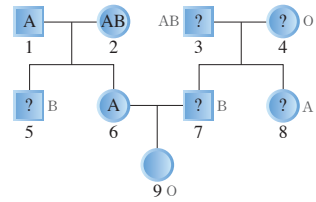
③ (가)에 대한 유전자형은 AA, AB, AC, BB, BC, CC의 6가지이다.

④ A는 C에 대해 완전 우성이므로 유전자형이 AA인 사람과 AC인 사람에서 (가)의 표현형은 같다.

**바로알기** ⑤ 유전자형이 AB인 남자와 BC인 여자 사이에서 태어날 수 있는 자손은  $AB \times BC \rightarrow AB, AC, BB, BC$ 인데, A는 B와 C 각각에 대해 완전 우성이고, B는 C에 대해 완전 우성이므로 표현형은 A\_(AB, AC), B\_(BB, BC)의 2가지이다.

### 09 품공 문제 분석

- 3, 4, 7, 8의 혈액형은 모두 다르다.  $\rightarrow$  부모(3, 4)가 A형과 B형이고 자녀(7, 8)가 AB형과 O형이거나 부모(3, 4)가 AB형과 O형이고 자녀(7, 8)가 A형과 B형이다.
- 4와 9의 혈액형 유전자형은 동형 접합성이다.  $\rightarrow$  4와 9의 혈액형 유전자형이 동형 접합성이므로 3은 AB형이고 4와 9는 O형이다.
- 5와 6의 혈액형은 다르고, 5와 7의 혈액형은 같다.  $\rightarrow$  5와 6의 혈액형이 다르므로 5와 7은 B형이고 8은 A형이다.  $\rightarrow$  A형인 6과 B형인 7 사이에서 태어난 9는 O형이므로 6과 7의 유전자형은  $I^A i, I^B i$ 이다.

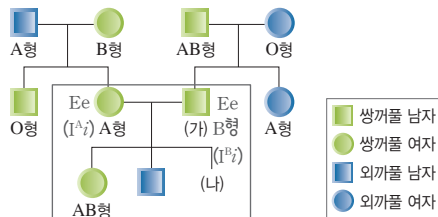


**모범 답안** 6과 7 사이에서 O형인 자녀 9가 태어났으므로 6과 7은 모두 열성 대립유전자를 갖는다. 이들에게서 9의 동생이 태어날 때  $I^A i \times I^B i \rightarrow I^A I^B, I^A i, I^B i, ii$ 이므로 이 아이가 O형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이고, 남자일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이므로 O형이고 남자일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

채점 기준	배점
O형일 확률을 옳게 구하고, 근거를 들어 옳게 서술한 경우	100 %
O형일 확률만 옳게 구한 경우	50 %

### 10 품공 문제 분석

(가)와 A형인 부인 사이에서 AB형인 딸이 태어났으므로 (가)의 ABO식 혈액형은 B형이나 AB형이다. 그런데 (가)의 어머니가 O형이므로 (가)는 B형이고, 유전자형은  $I^B i$ 이다. (가)의 부인은 A형인데 어머니가 B형이므로 유전자형이  $I^A i$ 이다.



쌍꺼풀인 부모에게서 외가풀인 자녀가 태어났으므로 쌍꺼풀이 우성이고, 외가풀이 열성이다. (가)와 (가)의 부인은 쌍꺼풀이지만 외가풀이 있으므로 외가풀 대립유전자를 가지고 있다. 쌍꺼풀 대립유전자를 E, 외가풀 대립유전자를 e라고 할 때, (가)와 (가)의 부인의 눈꺼풀 유전자형은 Ee이다.

ㄱ. (가)는 ABO식 혈액형이 B형이므로 적혈구 막에 응집원 B가 있다.

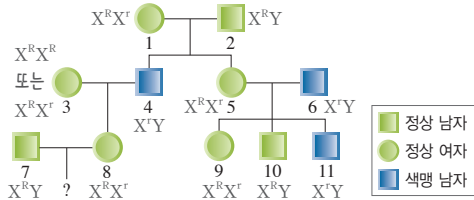
ㄴ. • (나)가 B형일 확률:  $I^A i \times I^B i \rightarrow I^A I^B, I^A i, I^B i, ii$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

• (나)가 쌍꺼풀일 확률:  $Ee \times Ee \rightarrow EE, Ee, Ee, ee$ 로  $\frac{3}{4}$ 이다.

따라서 (나)가 B형이면서 쌍꺼풀일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$ 이다.

**바로알기** ㄴ. (가)는 쌍꺼풀이지만, 외가풀인 아들이 있으므로 외가풀 대립유전자를 가지고 있다. 따라서 눈꺼풀 모양 유전자형은 이형 접합성(Ee)이다.

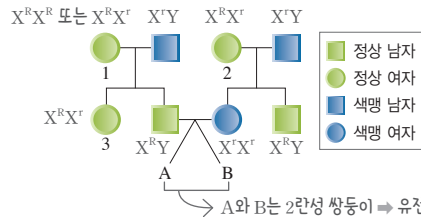
### 11 품공 문제 분석



- 1과 5는 모두 정상이지만 색맹인 아들이 있으므로 적록 색맹 대립유전자를 갖는다. 따라서 적록 색맹 유전자형은  $X^R X^r$ 로 같다.
- 3의 적록 색맹 유전자형은  $X^R X^R$  또는  $X^R X^r$ 로 확실하지 않다.
- 7과 8 사이에서 태어난 아이가 적록 색맹인 아들이므로 확률은  $X^R Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^R, X^R X^r, X^R Y, X^r Y$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.
- 9는 아버지(6)에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받았다.

**바로알기** ⑤ 남자의 X 염색체는 어머니에게서 물려받는다. 따라서 11의 적록 색맹 대립유전자는 5에게서 받은 것이다.

### 12 품공 문제 분석



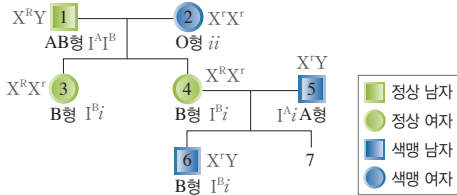
ㄴ. 2는 정상이지만 적록 색맹인 딸이 태어난 것으로 보아 보인자이다. 3은 정상이지만 아버지가 적록 색맹이므로 보인자이다. 따라서 2와 3의 적록 색맹 유전자형은  $X^R X^r$ 로 같다.

ㄷ. A와 B는 2란성 쌍둥이이므로 A와 B가 모두 적록 색맹일 확률은 A와 B 각각이 적록 색맹일 확률을 곱하여 구한다. A가 적록 색맹일 확률은  $X^R Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^R, X^R X^r, X^r Y, X^r Y$ 로  $\frac{1}{2}$ 이며, B가 적록 색맹일 확률도 이와 같다.

따라서 A와 B가 모두 적록 색맹일 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. 1과 적록 색맹인 남자 사이에서 태어난 아이들이 모두 정상이다. 따라서 1이 보인자임을 확신할 수 없다.

### 13 꼼꼼 문제 분석



- 3, 4의 ABO식 혈액형 유전자형: O형인 어머니에게서 열성 대립유전자를 물려받으므로 유전자형은  $I^B i$ 이다.
- 3과 4의 적록 색맹 유전자형: 어머니에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받아 보인자( $X^R X^r$ )이다.
- 5는 A형인데 아들 6은 B형이다. 따라서 5와 6은 열성 대립유전자를 가지고 있으며, ABO식 혈액형 유전자형은 5는  $I^A i$ , 6은  $I^B i$ 이다.

- 3의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^B i$ 로 이형 접합성이다.
- 3과 4는 어머니인 2에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받으므로 보인자( $X^R X^r$ )이다.
- 6은 A형인 아버지 5에게서 열성 대립유전자를 물려받으므로 ABO식 혈액형 유전자형이  $I^B i$ 로 4와 같다.
- 남자인 6이 가진 적록 색맹 대립유전자는 어머니인 4에게서 물려받은 것이고, 4는 어머니인 2에게서 물려받은 것이다.

**바로알기** ⑤ 4와 5 사이에서 태어나는 아이가

- A형일 확률:  $I^B i \times I^A i \rightarrow I^A I^B, I^B i, I^A i, ii$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.
- 적록 색맹 여자일 확률:  $X^R X^r \times X^r Y \rightarrow X^R X^r, X^r X^r, X^R Y, X^r Y$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

따라서 7이 A형이고 적록 색맹인 여자일 확률은  $\frac{1}{16}$ 이다.

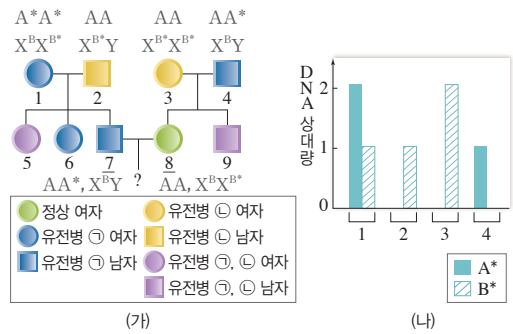
### 14 꼼꼼 문제 분석

- 부모가 정상이면 자녀는 모두 정상이다.
- ㉠A인 남자와 정상인 여자 사이에서 태어난 ㉡딸은 모두 A를 나타내고, 아들은 모두 정상이다.  $\rightarrow$  아버지가 A이면 딸이 A이고, 어머니가 정상이면 아들이 정상이므로 A 유전자는 X 염색체에 있고 A는 정상에 대해 우성 형질이다.

- 유전자가 성염색체에 있어 반성유전하는 형질은 아버지가 우성이면 딸이 우성이고, 어머니가 열성이면 아들은 열성이다. A는 반성유전의 특징을 나타내므로 A 유전자는 성염색체에 있다.
- 딸 ㉡은 A를 나타내지만 어머니에게서 물려받은 정상 대립유전자를 갖는다.

**바로알기** ㄱ. A는 우성 형질이다.

### 15 꼼꼼 문제 분석



- 1은 A\*가 2개이며 ㉠을 나타낸다.  $\rightarrow$  A\*는 ㉠이 나타나게 하는 대립유전자이다.
- 4는 A\*가 1개인데 ㉠이 표현되었으며, 3이 A\*가 없는데도 아들인 9는 ㉠이다.  $\rightarrow$  A\*는 A에 대해 우성이며, 아버지의 A\*가 아들에게 전달되는 것으로 보아 ㉠의 유전자는 상염색체에 있다.
- B\*가 1개 있을 때 여자인 1은 ㉡을 나타내지 않지만, 남자인 2는 ㉡을 나타낸다.  $\rightarrow$  B\*는 ㉡이 나타나게 하는 대립유전자이며, X 염색체에 있고 정상 대립유전자 B에 대해 열성이다.

ㄱ. 남녀 모두 A\*가 1개만 있어도 ㉠을 나타내므로 A\*는 ㉠이 나타나게 하는 대립유전자이며, A에 대해 우성이다.

ㄴ. ㉡이 나타나게 하는 대립유전자 B\*는 X 염색체에 있으며, 정상 대립유전자 B에 대해 열성이다. 따라서 ㉡은 여자보다 남자에서 발현 빈도가 높다.

ㄷ. 7과 8 사이에서 남자 아이가 태어날 때, ㉠과 ㉡이 모두 나타날 확률은 다음과 같다.

- 7과 8의 ㉠의 유전자형: 7은 2에게서 정상 대립유전자 A를 물려받으므로 유전자형이 AA\*이고, 8은 열성 형질인 정상이므로 AA이다.
- 7과 8 사이에서 태어난 남자 아이가 ㉠일 확률:  $AA^* \times AA \rightarrow AA, AA^*$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

• 7과 8의 ㉡의 유전자형: 7은 정상이므로  $X^B Y$ 이고, 8은 정상이지만 3에게서  $X^{B*}$ 를 물려받으므로  $X^B X^{B*}$ 이다.

• 7과 8 사이에서 태어난 남자 아이가 ㉡일 확률:  $X^B Y \times X^B X^{B*} \rightarrow X^B X^B, X^B X^{B*}, X^B Y, X^{B*} Y$ 로, 아들이 ㉡일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 아들이 ㉠과 ㉡을 모두 나타낼 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

**16** ㄱ. 콧볼 모양은 대립 형질이 뚜렷하게 구분되는 단일 인자 유전 형질이다.

ㄷ. 키는 표현형이 다양하며 연속적 변이를 나타내므로 다인자 유전 형질이다. 다인자 유전 형질은 여러 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되므로, 한 쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되는 콧볼 모양보다 형질을 결정하는 대립유전자의 수가 많다.

**바로알기** 나. 귓볼 모양은 표현형이 두 가지로 구분되어 불연속적 변이를 나타내므로 환경의 영향을 거의 받지 않고 유전자에 의해 결정되는 형질이다.

**17** **꼼꼼 문제 분석**

- 피부색은 서로 다른 상염색체에 있는 세 쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다. → 피부색은 다인자 유전 형질이다.
- 피부색은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정된다.

유전자형이 AaBbDd인 ㉠에서 만들어질 수 있는 생식세포의 종류는 ABD, ABd, AbD, Abd, aBD, aBd, abD, abd이다.

- 유전자형이 AaBbDd인 ㉠여자가 유전자형이 같은 남자와 결혼하여 ㉡자녀를 낳을 경우, 자녀에서 피부색의 표현형이 다양하게 나타날 수 있다. → ㉡의 피부색이 부모와 같을 확률은 부모와 마찬가지로 대문자로 표시되는 대립유전자 3개를 가질 확률이다.

ㄱ. 피부색을 결정하는 대립유전자가 세 쌍이라고 하였으므로 피부색은 다인자 유전 형질이다.

ㄴ. ㉡의 피부색이 부모와 같을 확률은 부모와 마찬가지로 대문자로 표시되는 대립유전자 3개를 가질 확률이다.

(1)  $Aa \times Aa \rightarrow AA, 2Aa, aa$ 이고,  $Bb \times Bb, Dd \times Dd$ 에서도 같은 비율이다.

(2) ㉡에서 대문자로 표시되는 대립유전자가 3개인 경우는 다음과 같다.

대립유전자	A	B	C
(가)	2	1	0
(나)	2	0	1
(다)	1	2	0
(라)	1	1	1
(마)	1	0	2
(바)	0	2	1
(사)	0	1	2

• 2, 1, 0인 경우의 확률:  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{32}$ 이고, (가), (나),

(다), (마), (바), (사)의 6가지가 있으므로  $\frac{6}{32}$ 이다.

• 1, 1, 1인 경우의 확률: (라)에서  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

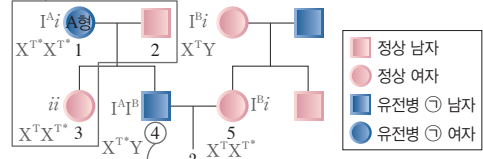
따라서 ㉡의 피부색이 부모와 같을 확률은  $\frac{6}{32} + \frac{1}{8} = \frac{10}{32} = \frac{5}{16}$ 이다.

**바로알기** 나. 유전자형이 AaBbDd인 ㉠에서 만들어질 수 있는 생식세포의 종류는 ABD, ABd, AbD, Abd, aBD, aBd, abD, abd의 8가지이다.

01 ⑤    02 ①    03 ①    04 ⑤    05 ④    06 ②

**01** **꼼꼼 문제 분석**

→ 1과 2는 각각 T와 T\* 중 한 가지만 가지는데, 딸(TT\*)인 3은 정상이므로 정상이 우성, ㉠이 열성 형질이다.



2가 정상 대립유전자 T만을 가지는데 남자 4는 ㉡을 나타내므로 ㉡을 결정하는 유전자는 X 염색체에 있다. 유전자형은 4는  $X^T Y$ , 5는 아버지에게서 유전병 대립유전자를 물려받아  $X^T X^{T*}$ 이다.

- 1, 2, 3, 4의 ABO식 혈액형은 각기 다르다. → 1이 A형이므로 2는 B형이며, 1의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ 이고, 2의 유전자형은  $I^B i$ 이다.
- 2와 5의 ABO식 혈액형의 유전자형은 같다. → 5의 ABO식 혈액형의 유전자형은  $I^B i$ 이다.
- 3의 ABO식 혈액형의 유전자형은 동형 접합성이다. → 3은 AB형 또는 O형인데, 유전자형이 동형 접합성이므로 O형이고, 4는 AB형이다.

나. 3은 1에게서  $X^{T*}$ 를 물려받고, 5는 아버지에게서  $X^{T*}$ 를 물려받아 둘 다 유전자형이  $X^T X^{T*}$ 이다.

ㄴ. 4와 5 사이에서 태어난 아이가

• A형일 확률:  $I^A I^B \times I^B i \rightarrow I^A I^B, I^A i, I^B I^B, I^B i$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

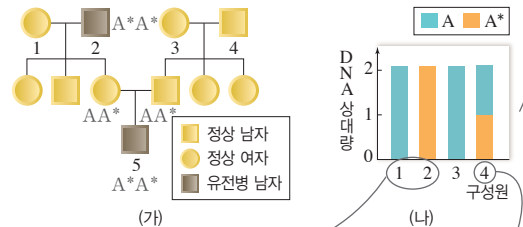
• ㉠일 확률:  $X^T Y \times X^T X^{T*} \rightarrow X^T X^T, X^{T*} X^{T*}, X^T Y, X^{T*} Y$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 A형이며 ㉠일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

**바로알기** 나. T와 T\* 중 한 가지만 갖고 있는 1과 2 사이에서 정상인 딸 3이 태어났으므로 정상이 우성, ㉠이 열성 형질이다.

**02** **꼼꼼 문제 분석**

남녀 모두 대립유전자 A와 A\*의 DNA 상대량합이 2이다. → 유전병 유전자는 상염색체에 있다.



1의 유전자형은 AA이고 정상이며, 2의 유전자형은  $A^* A^*$ 이고 유전병이다. → A는 정상 대립유전자이고, A\*는 유전병 대립유전자이다. 4는 유전자형이 AA\*인데 정상이다. → 정상이 우성 형질이고, 유전병이 열성 형질이다.



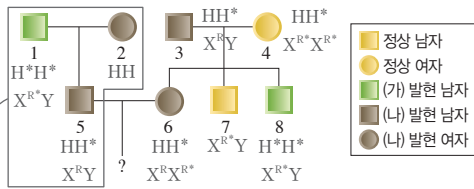
ㄱ. A는 정상 대립유전자이고, A\*는 유전병 대립유전자이다. 유전자형이 AA\*인 4가 정상이므로 A는 A\*에 대해 우성이다.

**바로알기** ㄴ. 남녀 모두 한 쌍의 대립유전자를 가지므로 이 유전병 유전자는 상염색체에 있어 남녀에서 유전병 발현 빈도가 같다.

ㄷ. 5의 부모의 유전자형은 모두 AA\*이다. 따라서 5의 동생이 유전병을 나타낼 확률은  $AA^* \times AA^* \rightarrow AA, AA^*, AA^*$ ,

$AA^*$ 로  $\frac{1}{4}$ 이고, 여자이면서 유전병을 나타낼 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

### 03 품공 문제 분석



- 1과 2는 각각 H와 H\* 중 한 가지만 갖고 있으므로 5의 유전자형은 HH\*인데 (가)가 발현되지 않으므로, 열성 대립유전자 H\*가 (가) 발현 대립유전자이다. → (가) 유전자형은 1은 H\*H\*, 2는 HH이다.
- (가)가 발현되는 8은 유전자형이 H\*H\*이므로 3과 4의 유전자형은 HH\*이다. → 6의 (가) 유전자형은 4와 같으므로 HH\*이다.
- (나)를 결정하는 유전자는 X 염색체에 있어서 반성유전하는데, 아버지가 (나)가 발현되면 반드시 딸은 (나)가 발현된다. 따라서 우성 대립유전자 R가 (나) 발현 대립유전자이며, R\*는 정상 대립유전자로 열성이다.

ㄱ. 1과 2는 H와 H\* 중 한 가지만 가지므로 5의 유전자형은 HH\*이다. 5는 (가)가 발현되지 않으므로 H는 정상 대립유전자, H\*는 (가) 발현 대립유전자이며 정상이 우성 형질이다. 정상인 3과 4 사이에서 (가) 발현인 8(H\*H\*)이 태어난 것으로 보아 3과 4의 유전자형은 HH\*이다.

**바로알기** ㄴ. (나) 유전자는 X 염색체에 있고, 아버지가 (나) 발현이면 딸은 반드시 (나)가 발현되므로 3의 (나) 발현이 우성 형질이고, 4의 정상이 열성 형질이다. 따라서 3의 (나) 유전자형은 X<sup>R</sup>Y이고, 4의 (나) 유전자형은 X<sup>R\*</sup>X<sup>R\*</sup>이므로 4는 R\*를 갖는다.

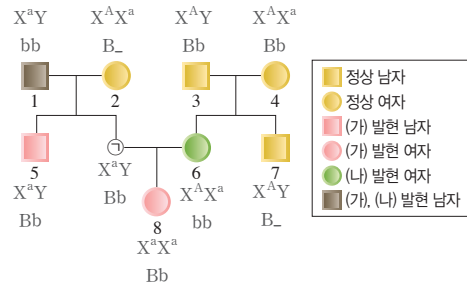
ㄷ. 5와 6 사이에서 태어난 아이에게서

• (가)가 발현될 확률: 6의 (가) 유전자형은 4와 같으므로 5와 6의 유전자형이 모두 HH\*이다. 따라서 (가)가 발현될 확률은  $HH^* \times HH^* \rightarrow HH, HH^*, HH^*, H^*H^*$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

• (나)가 발현될 확률: 5의 유전자형은 X<sup>R</sup>Y이고, 6은 4에게서 X<sup>R\*</sup>를 물려받아 X<sup>R</sup>X<sup>R\*</sup>이므로  $X^R Y \times X^R X^{R^*} \rightarrow X^R X^R, X^R X^{R^*}, X^R Y, X^{R^*} Y$ 로  $\frac{3}{4}$ 이다.

따라서 (가)와 (나)가 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{3}{16}$ 이다.

### 04 품공 문제 분석



- 정상인 3, 4에게서 (나) 발현 딸 6이 태어났으므로 (나) 발현은 열성 형질이며 유전자는 상염색체에 있다. B가 정상 대립유전자이고, b가 (나) 발현 대립유전자이다.
- (나)의 유전자가 상염색체에 있으므로 (가)의 유전자는 X 염색체에 있다. 아들의 X 염색체는 어머니에게서 물려받는데 정상인 어머니 2에게서 (가) 발현 아들 5가 태어났으므로 (가) 발현은 정상에 대해 열성 형질이다. A가 정상 대립유전자이고 a가 (가) 발현 대립유전자이다.

ㄱ. (가)의 유전자는 성염색체에, (나)의 유전자는 상염색체에 있다.

ㄴ. (가)는 유전자가 X 염색체에 있으며 열성인 형질이다. ①의 딸(8)은 열성 형질인 (가) 발현(X<sup>a</sup>X<sup>a</sup>)이므로 ①은 (가) 발현 대립유전자를 가지고 있다(X<sup>a</sup>Y). 또, 어머니(6)는 (나) 발현(bb)인데 딸(8)은 정상(Bb)이므로 ①은 정상 대립유전자 B를 가지며, 1이 (나) 발현이므로 ①은 (나) 발현 대립유전자 b를 갖는다. 따라서 ①은 유전자형이 X<sup>a</sup>Y, Bb로 (가)는 발현되지만 (나)는 발현되지 않는다.

ㄷ. (가)와 (나)의 유전자는 서로 다른 염색체에 있으므로 독립적으로 유전된다. ①과 6 사이에서 태어나는 자녀에서

• (가)가 발현될 확률:  $X^a Y \times X^A X^a \rightarrow X^A X^a, X^a X^a, X^A Y, X^a Y$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

• (나)가 발현될 확률:  $Bb \times bb \rightarrow Bb, bb$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 8의 동생이 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (나) 중 하나만 발현될 확률은 [(가) 발현 확률 × (나) 미발현 확률] + [(가) 미발현 확률 × (나) 발현 확률] =  $(\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) + (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) = \frac{1}{2}$ 이다.

**05** ①~④를 결정하는 유전자는 서로 다른 3개의 상염색체에 있으므로 ①~④는 독립적으로 유전된다.

유전자형이 AaBbDd인 부모 사이에서 태어난 아이가 적어도 두 가지 형질에 대한 유전자형을 열성 동형 접합성으로 가지는 경우는 유전자형이 AAbbdd, Aabbdd, aaBBdd, aaBbdd, aabbDD, aabbDd, aabbdd인 경우이다.

$Aa \times Aa \rightarrow AA, 2Aa, aa$ 이고,  $Bb \times Bb, Dd \times Dd$ 에서도 같은 비율이다.

• 한 가지 형질은 우성 동형 접합성이고, 두 가지 형질은 열성 동형 접합성(AAbb $dd$ , aaBB $dd$ , aabbDD)일 확률:

$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 3 = \frac{3}{64}$$

• 한 가지 형질은 이형 접합성이고, 두 가지 형질은 열성 동형 접합성(Aabb $dd$ , aaBb $dd$ , aabbDd)일 확률:

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times 3 = \frac{3}{32}$$

• 세 가지 형질이 열성 동형 접합성(aabb $dd$ )일 확률:

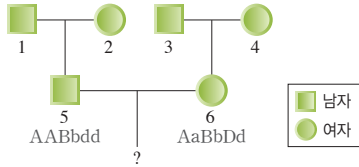
$$\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{64}$$

따라서 ㉠~㉣ 중 적어도 두 가지 형질에 대한 유전자형을 열성 동형 접합성으로 가질 확률은  $\frac{3}{64} + \frac{3}{32} + \frac{1}{64} = \frac{10}{64} = \frac{5}{32}$ 이다.

### 06 품공 문제 분석

- (가)를 결정하는 데 관여하는 세 쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d는 서로 다른 염색체에 있다.  
→ 세 쌍의 대립유전자가 형질을 결정하므로 다인자 유전 형질이다.
- 구성원 1~6의 (가)의 표현형은 나타나지 않았으나 모두 같고, 5의 유전자형은 AABb $dd$ , 6의 유전자형은 AaBbDd이다.

대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 각각 3개이다.



ㄴ. AABb $dd$  × AaBbDd에서 나올 수 있는 A의 수는 (1, 2) B의 수는 (0, 1, 2), D의 수는 (0, 1)이므로 이들의 조합으로 생길 수 있는 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 1, 2, 3, 4, 5이다. 따라서 (가)의 표현형은 최대 5가지이다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 세 쌍의 대립유전자가 형질을 결정하므로 다인자 유전 형질이다. 복대립 유전은 한 쌍의 대립유전자가 형질을 결정하는 단일 인자 유전 형질이다.

ㄷ. 5와 6은 대문자로 표시되는 대립유전자가 3개이다. 따라서 5와 6 사이에서 태어나는 아이가 대문자로 표시되는 대립유전자가 3개일 확률을 계산한다.

$$AABb\mathit{dd} \times AaBbDd \rightarrow \left(\frac{1}{2}AA + \frac{1}{2}Aa\right) \left(\frac{1}{4}BB + \frac{1}{2}Bb + \frac{1}{4}bb\right) \left(\frac{1}{2}Dd + \frac{1}{2}dd\right)$$

이다. 따라서 대문자로 표시되는 대립유전자가 3개일 확률은  $\left(\frac{1}{2}AA \times \frac{1}{2}Bb \times \frac{1}{2}dd\right) + \left(\frac{1}{2}AA \times \frac{1}{4}bb \times \frac{1}{2}Dd\right) + \left(\frac{1}{2}Aa \times \frac{1}{4}BB \times \frac{1}{2}dd\right) + \left(\frac{1}{2}Aa \times \frac{1}{2}Bb \times \frac{1}{2}Dd\right) = \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{16} + \frac{1}{8} = \frac{6}{16} = \frac{3}{8}$ 이다.

## 유전병의 종류와 특징

### 개념 확인 문제

238쪽

- ① 비분리    ② 21    ③ 터너    ④ 결실    ⑤ 전좌  
⑥ 염기 서열

- 1 (1) ○ (2) × (3) ×    2 (1) 44+XXY, 클라인펠터 증후군  
(2) 44+X, 터너 증후군 (3) 44+XX 또는 44+XY, 정상 여자 또는 정상 남자로 유전병이 나타나지 않는다. (4) 45+XX 또는 45+XY, 다운 증후군    3 (가) 중복 (나) 결실 (다) 역위 (라) 전좌  
4 (1) ○ (2) ○ (3) ×    5 ㄱ, ㄴ, ㄹ, ㅅ

1 (2) 체세포에서 일어난 돌연변이는 자손에게 유전되지 않으며, 생식세포에서 일어난 돌연변이만 자손에게 유전된다.

(3) 핵형은 염색체의 수, 모양, 크기와 같은 특징으로, 유전자 위치에 의한 유전병은 핵형 분석으로 알아낼 수 없다.

2 (가)는 감수 1분열에서 성염색체가, (나)는 감수 2분열에서 21번 염색체가 비분리되었다.

(1) 정자 A의 염색체 구성은 22+XY이고, 정상 남자의 염색체 구성은 22+X이다. 따라서 A가 정상 남자와 수정하면 44+XXY로, 클라인펠터 증후군인 아이가 태어난다.

(2) 정자 B의 염색체 구성은 22, 정상 남자는 22+X이므로 이들이 수정하면 44+X로, 터너 증후군인 아이가 태어난다.

(3) 정자 C는 21번 염색체가 1개로 정상이므로 염색체 구성은 22+X 또는 22+Y이다. 따라서 C가 정상 남자와 수정하면 44+XX 또는 44+XY로, 정상 여자 또는 정상 남자가 태어난다.

(4) 정자 D는 21번 염색체가 2개이므로 염색체 구성은 23+X 또는 23+Y이다. 따라서 D가 정상 남자와 수정하면 45+XX 또는 45+XY로, 다운 증후군인 여자 또는 남자가 태어난다.

3 (가)는 de가 반복되므로 중복, (나)는 a가 없으므로 결실, (다)는 ef가 거꾸로 되었으므로 역위, (라)는 염색체 일부가 상동 염색체가 아닌 다른 염색체와 교환되었으므로 전좌이다.

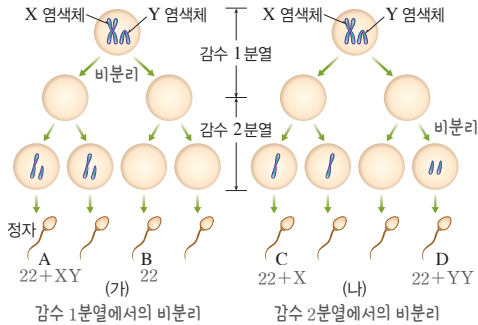
4 (1) 방사선, 자외선, 화학 물질 등에 의해 유전자 돌연변이가 발생할 수 있다.

(3) 헌팅턴 무도병과 같이 우성으로 유전되는 유전병도 있다.

5 염색체 구조 이상에 의한 유전병인 고양이 울음 증후군, 유전자 이상에 의한 유전병인 알비노증, 페닐케톤뇨증, 낫 모양 적혈구 빈혈증은 체세포의 염색체 수가 46으로 정상인과 같다. 에드워드 증후군(18번 염색체 3개)과 클라인펠터 증후군(성염색체 XXY)은 체세포의 염색체 수가 47이다.

- 자료 1** 1 A: 22+XY, B: 22, C: 22+X, D: 22+YY  
 2 ㉠ 44+XXY, ㉡ 클라인펠터 증후군, ㉢ 44+X,  
 ㉣ 터너 증후군 3 (1) ○ (2) × (3) × (4) × (5) ×
- 자료 2** 1 터너 증후군 2 G 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○  
 (5) × (6) ×

1-1 품공 문제 분석

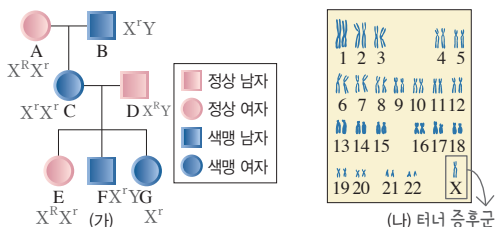


A~D는 상염색체 수는 22로 정상이지만, A는 성염색체로 XY를 가지고, B는 성염색체가 없으며, C는 X 염색체를 1개 가지고, D는 Y 염색체를 2개 가진다.

1-2 A의 염색체 구성은 22+XY이고, 정상 남자의 염색체 구성은 22+X이다. 따라서 이들이 수정하면 클라인펠터 증후군(44+XXY)인 아이가 태어난다. B의 염색체 구성은 22이고, 정상 남자의 염색체 구성은 22+X이다. 따라서 이들이 수정하면 터너 증후군(44+X)인 아이가 태어난다.

- 1-3 (1), (2) A와 B는 감수 1분열 시 상동 염색체가 비분리되어 형성된 것이다.  
 (3) C는 정상적인 정자이므로 염색체 수는 n이다.  
 (4) C와 D는 상염색체 수는 같고, 성염색체 구성만 X 염색체 1개와 Y 염색체 2개로 다르다. 따라서 DNA양은 성염색체 구성만큼만 차이가 난다.  
 (5) (나)에서는 염색체 수가 정상인 생식세포가 2개 형성된다.

2-1 품공 문제 분석



(나)는 상염색체 수는 정상이지만 성염색체가 X 염색체 한 개만 있는 터너 증후군의 핵형이다.

2-2 터너 증후군은 염색체 비분리에 의해 나타나며, 외관상 여자이므로 (나)는 A, C, E, G 중 한 사람의 핵형이다. 적록 색맹은 유전자가 X 염색체에 있어 반성유전하며, 정상에 대해 열성이다. 따라서 아버지가 우성 형질인 정상이면 딸은 모두 정상이어야 하는데, 정상인 아버지(D)에게서 적록 색맹인 딸(G)이 나온 것은 염색체 비분리에 의해 아버지에게서 정상 대립유전자가 있는 X 염색체를 물려받지 못한 경우이므로 (나)는 G의 핵형이다.

- 2-3 (1) (나)와 같은 핵형을 가진 사람은 상염색체 22쌍(44개)과 성염색체 1개를 가지므로 체세포 1개당 염색체 수는 45이다.  
 (2) (나)와 같은 핵형을 가진 사람은 성염색체로 X 염색체만 가지므로 성별은 여성이다.  
 (3) E는 정상이지만 어머니 C에게서 물려받은 적록 색맹 대립유전자를 가지므로 유전자형은 이형 접합성이다.  
 (4) F는 어머니 C에게서 적록 색맹 대립유전자를 물려받아 적록 색맹이다.  
 (5) G는 적록 색맹으로 어머니 C에게서 X 염색체를 물려받았고, 아버지 D에게서는 성염색체를 물려받지 못하였다.  
 (6) D에서 감수 분열 과정 중 성염색체가 비분리되어 성염색체가 없는 정자가 형성된 후 정상 남자와 수정하여 터너 증후군을 나타내는 G가 태어났다.

내신 만점 문제

- 01 ③ 02 ⑤ 03 해설 참조 04 ① 05 ② 06 ④  
 07 ③ 08 ② 09 해설 참조 10 ③ 11 ② 12 ⑤  
 13 (1) 전좌 (2) 만성 골수성 백혈병 14 ④ 15 ⑤ 16 ④  
 17 ④

01 ①, ② 염색체나 유전자에 변화가 일어나 부모에게 없던 형질이 갑자기 나타나는 것을 돌연변이라고 한다.  
 ④ 염색체 수 이상이나 구조 이상에 의한 유전병은 핵형 분석을 통해 진단할 수 있다.

바로알기 ③ 돌연변이는 유전병의 원인이 될 수 있으나 모든 돌연변이가 유전병의 원인이 되는 것은 아니다. 돌연변이는 새로운 대립유전자를 만들어 유전적 다양성을 증가시키기도 한다.

- 02 ①, ② 이 태아는 성염색체 구성이 XY이므로 남자이고, 21번 염색체가 3개이므로 다운 증후군이다.  
 ③ 22쌍의 상염색체와 21번 염색체가 1개 더 있으므로 이 태아의 체세포의 상염색체 수는 45이다.

④ 다운 증후군과 같은 상염색체 수 이상에 의한 유전병은 남녀 모두에게 나타날 수 있다.

**바로알기** ⑤ 이 태아에게서 나타나는 염색체 수 이상에 의한 유전병은 부모의 생식세포 형성 과정에서의 염색체 비분리가 원인이다. 중복은 염색체 구조 이상 중 하나이다.

**03** 정자 형성 과정 중 감수 1분열에서 염색체 비분리가 1회 일어나면 핵상이  $n-1$ ,  $n+1$ 인 정자가 형성되고, 감수 2분열에서 염색체 비분리가 1회 일어나면 핵상이  $n$ ,  $n-1$ ,  $n+1$ 인 정자가 형성된다.

**모범 답안** (1) 감수 2분열, 정자 형성 과정 중 감수 2분열에 염색체 비분리가 1회 일어나면 핵상이  $n$ ,  $n-1$ ,  $n+1$ 로 염색체 수가 서로 다른 3가지 정자가 형성되지만, 감수 1분열에 염색체 비분리가 일어나면 핵상이  $n-1$ ,  $n+1$ 로 염색체 수가 서로 다른 2가지 정자가 형성되기 때문이다.  
(2) ㉠  $n+1$ , ㉡  $n-1$ , ㉢  $n$

채점 기준	배점
(1) 감수 2분열이라는 것과 그 근거를 모두 옳게 서술한 경우	60 %
감수 2분열이라고만 쓴 경우	30 %
(2) ㉠~㉢의 핵상을 모두 옳게 쓴 경우	40 %
㉠ 24, ㉡ 22, ㉢ 23이라고 쓴 경우	20 %

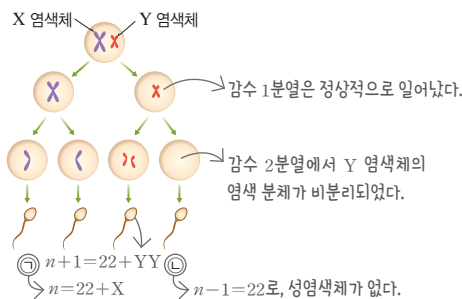
**04** 생식세포 분열 중 감수 1분열에 성염색체가 비분리되어 형성될 수 있는 정자의 염색체 구성은  $22$ ,  $22+XY$ 이고, 정상 남자의 염색체 구성은  $22+X$ 이다. 따라서 이들의 수정으로 태어난 자녀의 염색체 구성은  $44+X$ ,  $44+XXY$ 이다.

**05** 나. 상동 염색체가 분리되어 이동하고 있으므로 감수 1분열 과정에서 염색체 비분리가 일어났다. 이런 경우 딸세포의 염색체 수는  $n+1$ 과  $n-1$ 이 된다.

**바로알기** 가. 그림은 생식세포 분열 과정 중 감수 1분열 후기의 세포이다.

다. 고양이 울음 증후군은 5번 염색체 일부가 결실되어 나타나며, 염색체 비분리에 의해 나타나는 유전병이 아니다.

**06** **꼼꼼 문제 분석**

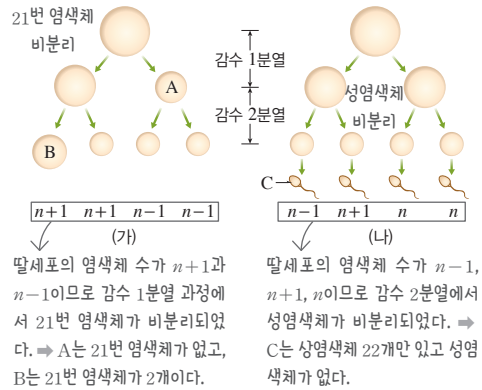


나. ㉠의 염색체 구성은  $22+X$ 로 정상이고, 정상 남자의 염색체 구성은  $22+X$ 이다. 따라서 ㉠과 정상 남자가 수정하면 염색체 구성이  $44+XX$ 로, 염색체 수가 정상인 여자가 태어난다.

다. ㉡의 염색체 구성은  $22$ 이므로 ㉡이 정상 남자와 수정하여 태어나는 아이는 염색체 구성이  $44+X$ 이다. 따라서 터너 증후군을 나타낸다.

**바로알기** 가. 감수 2분열에 성염색체인 Y 염색체의 염색 분체가 비분리되었다.

**07** **꼼꼼 문제 분석**



① (가)는 감수 1분열에서 21번 상동 염색체의 비분리가 일어난 경우로, 형성된 딸세포 모두 염색체 수에 이상이 있다.

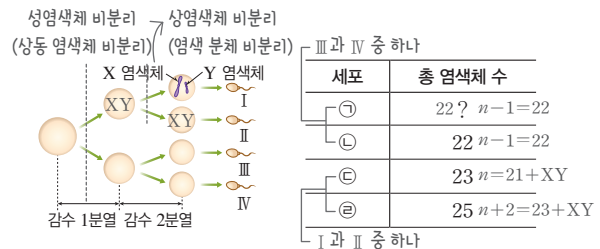
② (나)는 감수 2분열에 성염색체의 염색 분체가 비분리되었다.

④ B는 21번 염색체를 2개 가지므로 정상 정자와 수정하면 21번 염색체가 3개인 다운 증후군 아이가 태어난다.

⑤ C는 성염색체가 없고 상염색체만 22개이므로 정상 남자 ( $22+X$ )와 수정하면 염색체 구성이  $44+X$ 로 터너 증후군인 아이가 태어난다.

**바로알기** ③ A의 형성 과정에서 21번 염색체는 비분리되었지만 성염색체는 정상적으로 분리되었으므로 A에는 X 염색체가 있다.

**08** **꼼꼼 문제 분석**



- 정자 I에 X 염색체와 Y 염색체가 함께 있으므로 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어났다.  $\Rightarrow$  I과 II는 염색체 수가 24, III과 IV는 22가 되어야 하는데, ㉢과 ㉣은 각각 23, 25이므로 감수 2분열에서 상염색체가 비분리되어 I과 II가 형성되었다.
- 정자 III과 IV의 염색체 수는 22로 같고, 각각 ㉢과 ㉣ 중 하나에 해당한다.



나. ㉠은 Ⅲ과 Ⅳ 중 하나이며, 총 염색체 수는 22이다.

**바로알기** 가. 1에 X 염색체와 Y 염색체가 함께 있으므로 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어났으며, 감수 2분열에서는 상염색체 비분리가 일어났다.

다. Ⅳ는 감수 1분열에 성염색체가 비분리되어 성염색체는 없고 상염색체만 22개인 정자이므로 정상 남자(22+X)와 수정하여 태어난 아이는 염색체 구성이 44+X로 체세포 1개당 상염색체 수는 44, 성염색체 수는 1이다.

**09** 철수는 상염색체는 정상이지만 성염색체 구성이 XXY이므로 클라인펠터 증후군이다. 철수 아버지는 적록 색맹이 아니므로 철수가 아버지의 X 염색체를 물려받았다면 적록 색맹이 아닐 것이다. 따라서 철수의 X 염색체 2개는 모두 어머니에게서 물려받은 것이고, X 염색체 2개에 모두 적록 색맹 대립유전자가 있다. 따라서 어머니는 적록 색맹 보인자( $X^R X^r$ )이고, 남자 형성 과정 중 감수 2분열 과정에서 적록 색맹 대립유전자가 있는 X 염색체가 비분리되어 2개의 X 염색체가 들어간 난자가 Y 염색체를 가진 정상 정자와 수정되어 철수( $X^R X^r Y$ )가 태어났다.

**모범 답안** 어머니의 난자 형성 과정에서 감수 2분열에 성염색체가 비분리되어 적록 색맹 대립유전자가 있는 X 염색체가 2개 들어간 난자가 형성된 후 Y 염색체를 가진 정상 정자와 수정하여 철수가 태어났다.

채점 기준	배점
5개 용어를 모두 옳게 선택하여 서술한 경우	100 %
5개 용어 중 일부가 누락된 상태로 서술한 경우	50 %

## 10 꼼꼼 문제 분석





- 정상 대립유전자 A와 유전병 대립유전자 A\*는 7번 염색체에 있다.
  - 유전병 유전자가 상염색체에 있다.
- 유전병에 대한 철수 아버지의 유전자형은 AA이고, 어머니의 유전자형은 AA\*이다. → 부모가 모두 정상이므로 A가 A\*에 대해 우성이다.
- 철수는 7번 염색체 쌍을 모두 어머니에게서, 나머지 염색체는 아버지와 어머니에게서 하나씩 물려받았다.
  - 유전병인 철수는 어머니에게서 A\*를 2개 물려받았다.
- 어머니의 난자 ㉠이 아버지의 정자 ㉡과 수정하여 철수가 태어났으며, ㉠과 ㉡이 형성될 때 염색체 비분리가 1회씩 일어났다.
  - 철수는 7번 염색체를 모두 어머니에게서 물려받았으므로 ㉠은 7번 염색체가 2개로 염색체 구성이 23+X이고, ㉡은 7번 염색체가 없으므로 염색체 구성이 21+Y이다.

가. 어머니의 유전자형이 AA\*인데 정상이므로 정상 대립유전자 A는 유전병 대립유전자 A\*에 대해 우성이다.

나. ㉠은 A\*가 있는 7번 염색체를 2개 가지므로, 감수 2분열 시 7번 염색체의 염색 분체가 비분리되어 형성되었다. 만일 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어났다면 ㉠은 대립유전자 A가 있는 7번 염색체와 A\*가 있는 7번 염색체를 갖게 되어 철수는 유전병을 나타내지 않을 것이다.

**바로알기** 다. ㉡은 7번 염색체가 없으므로 상염색체가 21개이다.

## 11 꼼꼼 문제 분석

유전병	(가)	(나)	(다)	(라)
특징	 21	 X	 XXY	 5
	다운 증후군, 45+XY 또는 45+XX	터너 증후군, 44+X	클라인펠터 증후군, 44+XXY	고양이 울음 증 후군, 44+XY 또는 44+XX

① (가)는 정상인보다 21번 상염색체가 1개 더 많으므로 체세포 1개당 염색체 수는 47이다.

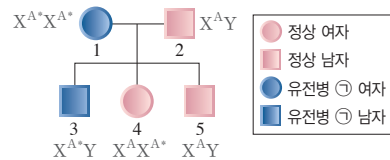
③ (다)는 성염색체 수는 하나 더 많지만, 상염색체 수는 정상이므로 염색체 구성은 44+XXY이다.

④ (라)는 5번 염색체 일부가 결실되었지만 체세포 1개당 염색체 수는 정상인과 같아서 46이다.

⑤ 감수 1분열에 성염색체가 비분리되어 형성되는 정자의 염색체 구성은 22, 22+XY이므로 정상 남자(22+X)와 수정될 경우 44+X(나), 44+XXY(다)가 나타날 수 있다.

**바로알기** ② (나)는 상염색체 수가 정상인과 같으므로 체세포 1개당 상염색체 수는 44이다.

## 12 꼼꼼 문제 분석



- 1과 2가 각각 A와 A\* 한 종류만 가지고 있는데 성별이 다른 자손인 3과 4의 표현형이 다르므로 ㉠ 유전자는 상염색체에 있지 않고 X 염색체에 있다.
- 딸 4는 1과 2에게서 X 염색체를 1개씩 물려받았는데 정상이므로 ㉠은 열성 형질이며, A는 정상 대립유전자이고, A\*는 ㉠ 대립유전자이다.

가. 체세포 1개당 A\*의 수가 3( $X^A Y$ )과 4( $X^A X^{A*}$ )에서 같으므로 A\*의 DNA 상대량도 같다.

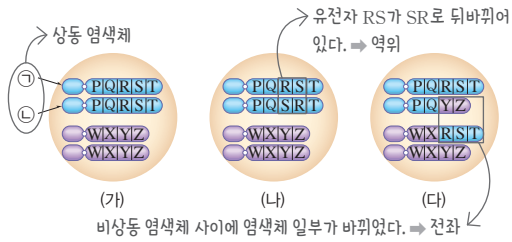
나. 5의 핵형은 정상이고 ㉠이 발현되지 않았으므로 유전자형은  $X^A Y$ 이다. 1의 유전자형이  $X^A X^{A*}$ 이므로 5의 성염색체는 모두 아버지인 2에게서 물려받은 것이다. 따라서 남자 ㉠은 성염색체가 없어  $n-1$ 이고, 정자 ㉡은 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있어  $n+1$ 이다.

다. ㉠은 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있으므로 감수 1분열에 성염색체 비분리가 일어나 형성되었다.

**13** (1) 염색체 일부가 떨어져 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 연결되는 염색체 구조 이상을 전좌라고 한다.

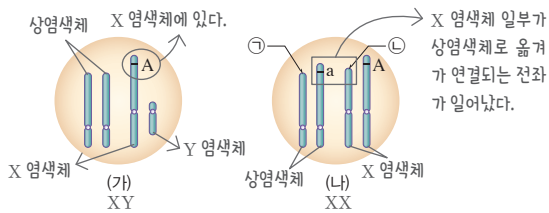
(2) 만성 골수성 백혈병은 9번 염색체와 22번 염색체 사이에 전좌가 일어나서 나타나는 유전병이다.

14 **꼼꼼 문제 분석**



- ① ㉠과 ㉡은 같은 위치에 하나의 형질을 결정하는 대립유전자가 있는 상동 염색체이다.
- ② (나)와 (다)는 염색체 구조에 이상이 일어났지만, 핵산은 (가)와 같은  $2n$ 이다.
- ③ (나)에는 염색체 일부가 떨어진 후 거꾸로 붙는 역위가 일어난 염색체가 있다.
- ⑤ (가)는 정상이고, (나)와 (다)에서만 각각 다른 염색체 구조 이상이 일어났다. 이것은 (나)와 (다)의 염색체 구조 이상은 체세포 분열 과정에서 일어났다는 것을 의미한다.
- 바로알기** ④ 전좌는 염색체 일부가 떨어진 후 상동 염색체가 아닌 다른 염색체에 연결되는 것이다.

15 **꼼꼼 문제 분석**



- ㉠. (가)와 (나)에서 A는 X 염색체에 있다.
- ㉡. (나)에서 A의 대립유전자 a가 있는 부분이 상염색체로 옮겨가 있으므로 성염색체의 일부가 상염색체로 전좌되었다는 것을 알 수 있다.
- 바로알기** ㉠. (가)는 상염색체 한 쌍과 성염색체 XY가 있으므로 수컷의 세포이다. (나)는 상염색체 한 쌍과 성염색체 XX가 있으므로 암컷의 세포이다. ㉠은 상염색체이고, ㉡은 X 염색체이므로 ㉠과 ㉡은 상동 염색체가 아니다.

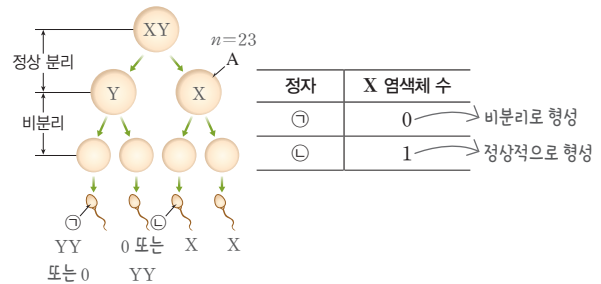
- 16 ㉠. 낫 모양 적혈구가 형성되었을 때 빈혈 증세가 나타나는 것은 낫 모양 적혈구가 정상 적혈구에 비해 산소 운반 기능이 떨어지기 때문이다.
- ㉡. 낫 모양 적혈구 빈혈증 환자는 정상인과 핵형이 같으므로 체세포 1개당 염색체 수는 정상인과 같다.
- 바로알기** ㉠. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자의 DNA 염기 서열 하나가 바뀐 유전자 돌연변이에 의한 것으로, 염색체의 형태적 특징을 분석하는 핵형 분석으로는 알아낼 수 없다.

- 17 ① 알비노증(가)은 유전자 이상, 즉 DNA 염기 서열의 이상으로 나타나는 유전병이다.
- ② 알비노증(가)과 고양이 올음 증후군(나)인 사람에서 체세포 1개당 염색체 수는 46으로 같다.
- ③ 고양이 올음 증후군(나)은 5번 염색체가 짧고, 터너 증후군(다)은 성염색체가 X 염색체 1개이므로 핵형 분석으로 알아낼 수 있다.
- ⑤ 터너 증후군(다)인 사람은 성염색체가 1개밖에 없는데, 이것은 생식세포 형성 시 성염색체 비분리로 형성된 생식세포가 수정했을 때 나타날 수 있다.
- 바로알기** ④ 체세포 1개당 상염색체 수는 (가)인 사람과 (다)인 사람 모두 44로 같다.

**실력 UP 문제** 244~245쪽

01 ②    02 ⑤    03 ④    04 ④    05 ③    06 ④

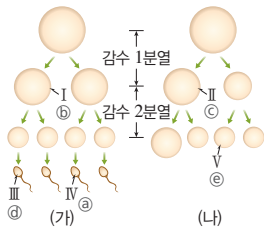
01 **꼼꼼 문제 분석**



- 감수 1분열에서는 성염색체가 정상적으로 분리되었으므로 X 염색체와 Y 염색체가 서로 다른 세포로 들어갔다. => ㉠에 X 염색체가 1개 있으므로 A에 X 염색체가 있다.
- 감수 2분열에서 성염색체의 염색 분체가 비분리되면 생식세포는 성염색체가 2개인 것과 성염색체가 없는 것이 만들어진다. 그런데 ㉠은 X 염색체를 1개 가지고 있으므로 비분리는 ㉡이 형성되는 과정에서 일어났다. => ㉡은 Y 염색체를 2개 가지거나 성염색체가 없다.

- ㉠. ㉠은 정상적인 분열로 형성되었고, 감수 2분열이 일어나면 염색체 수는 변하지 않고 DNA양만 반으로 줄어든다. 따라서 DNA양은 A가 ㉡의 2배이다.
- ㉡. A는 감수 2분열 중기 세포이므로 염색체 수는  $n=23$ 이다. 이때 각 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있으므로 염색 분체 수는  $23 \times 2 = 46$ 이다.
- 바로알기** ㉡. ㉠의 염색체 구성은  $22 + YY$  또는  $22$ 이므로 ㉠이 정상 남자와 수정하면 염색체 구성이  $44 + XYY$  또는  $44 + X$ 가 된다. 따라서 태어난 아이가 클라인펠터 증후군( $44 + XXY$ )일 확률은 0이다.

## 02 품공 문제 분석



세포	총 염색체 수	X 염색체 수
㉑	22	1
㉒	24	0
㉓	24	1
㉔	25	0
㉕	㉑ 23	2

- X 염색체가 없으면서 총 염색체 수가 정상 생식세포의 23보다 많은 ㉒와 ㉔는 정자 형성 과정에서 Y 염색체가 들어간 세포이다.  $\Rightarrow$  ㉒는 7번 염색체가 2개 들어간 I 이고, ㉔는 7번 염색체와 Y 염색체가 2개씩 들어간 III이다.
- IV는 7번 염색체가 없어 총 염색체 수는 22이고, X 염색체가 1개 있는 ㉑이다.
- ㉓는 총 염색체 수가 24이고, X 염색체가 1개 있으므로 21번 염색체가 2개 들어간 II이다.
- V는 21번 염색체가 없고, X 염색체가 비분리되어 2개이므로 ㉕이고, 총 염색체 수는 23(㉑)이다.
- 각 세포의 염색체 구성을 정리하면 다음과 같다.

세포	염색체	구성 특징
I(㉑)	23+Y	7번 염색체 2개
II(㉓)	23+X	21번 염색체 2개
III(㉒)	23+YY	7번 염색체 2개, Y 염색체 2개
IV(㉑)	21+X	7번 염색체 0개
V(㉕)	21+XX	21번 염색체 0개, X 염색체 2개

⑤ V에는 21번 염색체가 없고, X 염색체가 2개 있다.

**바로알기** ① ㉑은 23이다.

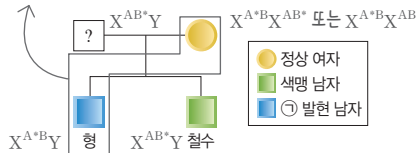
② I과 II에서 성염색체는 1개로 같다.

③ III에는 성염색체로 Y 염색체가 2개 있다.

④ IV에는 7번 염색체가 없다.

## 03 품공 문제 분석

어머니가 정상인데 형은 ㉑이 발현되었다. 우성인 A는 정상 대립유전자이고, A\*는 ㉑ 대립유전자이며, 어머니는 보인자이다.



- 철수네 가족 구성원의 핵형은 모두 정상이다.
- 정자 ㉑와 난자 ㉒가 수정되어 철수가 태어났고, ㉑와 ㉒의 형성 과정 중 성염색체 비분리가 1회씩 일어났다.

$\Rightarrow$  남자인 철수의 핵형이 정상이므로 성염색체 구성이 XY이다. 따라서 정자 ㉑에는 X 염색체와 Y 염색체가 모두 있고, 난자 ㉒에는 성염색체가 없다. 철수가 적록 색맹이므로 아버지에게서 물려받은 X 염색체에 적록 색맹 대립유전자가 있다.

$\Rightarrow$  아버지는 적록 색맹이며, 철수가 ㉑을 나타내지 않으므로 아버지도 ㉑을 나타내지 않는다.

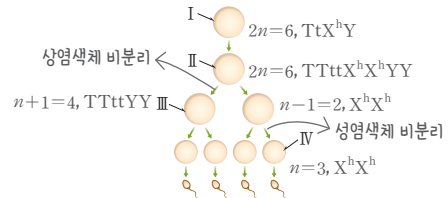
㉑. 철수의 X 염색체는 아버지에게서 물려받은 것인데, 철수가 적록 색맹이므로 아버지도 적록 색맹이다. 또 철수가 ㉑을 나타내지 않으므로 아버지도 ㉑을 나타내지 않는다.

㉒. 철수의 핵형이 정상이므로 성염색체 구성이 XY이다. 성염색체 비분리로 만들어진 정자 ㉑와 난자 ㉒의 수정으로 철수가 태어났으므로 철수의 X 염색체와 Y 염색체는 모두 정자 ㉑에서 비롯된 것이다. X 염색체와 Y 염색체를 모두 가진 정자가 형성하려면 감수 1분열에서 성염색체가 비분리되어야 한다.

㉓. 정자 ㉑(22+XY)와 난자 ㉒(22)의 상염색체 수는 22로 같다.

**바로알기** ㉒. ㉑을 결정하는 유전자는 성염색체인 X 염색체에 있으므로 형의 ㉑ 대립유전자는 어머니에게서 물려받은 것이다. 어머니는 정상이므로 정상 대립유전자 A가 우성이고, ㉑ 대립유전자 A\*가 열성이며, 어머니의 ㉑에 대한 유전자형은 AA\*이다. 또 어머니는 적록 색맹이 아니므로 정상 대립유전자 B를 가진다. 형은 ㉑이 발현되고 적록 색맹이 아니므로 어머니에게서 A\*와 B를 물려받았다.

## 04 품공 문제 분석



세포	염색체 수	DNA 상대량			
		H	h	T	t
㉑ II	6	㉑ 0	㉒ 2	2	2
㉒ I	? 6	0	㉑ 1	1	1
㉓ IV	3	0	2	0	0
㉔ III	㉑ 4	0	? 0	2	2

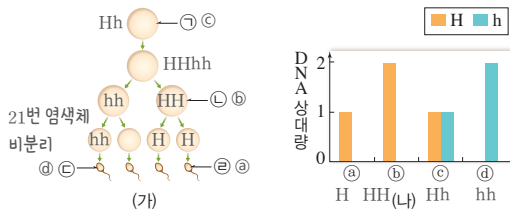
- I과 II는  $2n=6$ 이고, II는 DNA가 복제된 상태이므로 각 대립유전자의 DNA 상대량이 I의 2배이다. 따라서 ㉑이 II, ㉒이 I이다.  $\Rightarrow$  ㉑=0, ㉒의 염색체 수 6
- 감수 1분열에서 비분리가 일어난 상염색체에 있는 대립유전자가 복제된 상태로 하나의 세포로 들어간다.  $\Rightarrow$  ㉑이 III이며, T와 t는 상염색체에 있는 대립유전자이고, ㉑의 염색체 수 ㉑는 4이다.
- ㉒은 IV이며, 염색체 수가 3이므로 감수 2분열에 성염색체의 염색 분체가 비분리되어 들어갔다. h의 DNA 상대량이 2이므로 h는 성염색체에 있는 대립유전자이다.  $\Rightarrow$  ㉒는 1이고, ㉓는 2이다.

㉒. ㉑은 I이고, X 염색체와 Y 염색체가 모두 있으므로 성염색체 수는 2이다. ㉒은 IV이고, 감수 2분열 과정에서 성염색체 비분리가 일어나 성염색체 수는 2이다.

㉓. ㉑은 III이며, 비분리된 상염색체가 들어가 염색체 수 ㉑는 4이다.

**바로알기** ㉒. ㉑+㉒+㉓=0+2+1=3이고, ㉑=4이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**



- ㉑은 G<sub>1</sub>기 세포로, 핵상이 2n이므로 상동 염색체에 있는 대립유전자가 모두 있다. ⇒ ㉑은 ㉑이다.
- ㉑이 감수 2분열하여 ㉑이 형성되었으므로 ㉑의 대립유전자의 DNA 상대량은 ㉑의 반이다. 따라서 동일한 대립유전자 H가 있으면서 DNA 상대량이 2인 ㉒가 ㉑이고, H의 DNA 상대량이 1인 ㉓가 ㉑이다.
- ㉑은 ㉑인데, 감수 2분열이 완료된 상태에서 h의 DNA 상대량이 2이므로 감수 2분열에서 비분리된 21번 염색체가 2개 들어 있다.

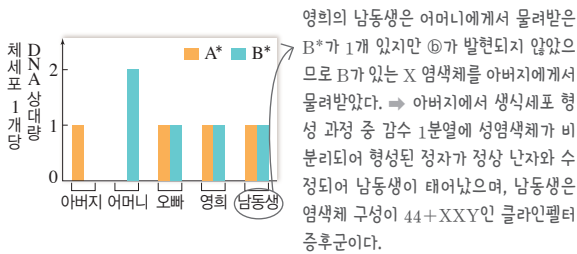
㉑. (가)에서 감수 2분열에 염색 분체가 비분리되어 ㉑이 형성되었다.

㉒. 사람의 염색체 수는 2n=46이고, (가)에서 감수 1분열은 정상적으로 일어났으므로 ㉒(㉑)의 염색체 수는 n=23이다. ㉑은 감수 2분열에 비분리된 21번 염색체가 2개이므로 염색체 수는 n+1=24이며, 상염색체 수는 23이다.

따라서  $\frac{\text{㉑의 상염색체 수}}{\text{㉒의 염색체 수}} = \frac{23}{23} = 1$ 이다.

**바로알기** ㉒. ㉑은 정상적으로 감수 분열이 완료되어 형성된 정자이므로 염색체 수는 n=23이다. 따라서 ㉑이 정상 난자와 수정하여 태어난 아이는 염색체 수가 정상이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



A\*가 1개 있으면 남녀에 관계없이 ㉑가 발현된다. 따라서 A\*는 ㉑ 대립유전자이고, 정상 대립유전자 A에 대해 우성이며, 상염색체에 있다.

구성원	㉑	㉒
아버지	○AA*	× X <sup>B</sup> Y
어머니	× AA	○ X <sup>B</sup> X <sup>B*</sup>
오빠	○AA*	○ X <sup>B</sup> Y
영희	○AA*	× X <sup>B</sup> X <sup>B*</sup>
남동생	○AA*	× X <sup>B</sup> X <sup>B*</sup> Y

(○: 발현됨, ×: 발현되지 않음)

㉑. A\*는 ㉑의 대립유전자이며, 정상 대립유전자 A에 대해 우성이다.

㉒. 여자인 어머니는 B\*가 2개 있어야 ㉒가 발현되고, 남자인 오빠는 B\*가 1개만 있어도 ㉒가 발현되므로 B\*는 ㉒ 대립유전자이고, 정상 대립유전자 B에 대해 열성이며, X 염색체에 있다. 따라서 ㉒의 유전자형은 아버지 X<sup>B</sup>Y, 어머니 X<sup>B\*</sup>X<sup>B\*</sup>, 오빠 X<sup>B\*</sup>Y, 영희 X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup>이다. 남동생은 어머니에게서 B\*를 물려받았지만 ㉒가 발현되지 않았으므로 아버지에게서 B가 있는 X 염색체를 물려받았다. 남동생은 클라인펠터 증후군이고, ㉑의 유전자형은 X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup>Y이다. 따라서 아버지와 남동생의 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 1로 같다.

㉒. ㉒만 발현된 남자의 유전자형은 AA, X<sup>B\*</sup>Y이다. 따라서 이 남자와 영희(AA\*, X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup>) 사이에서 태어난 아이가

- ㉑가 발현될 확률: AA×AA\* → AA, AA\*로  $\frac{1}{2}$ 이다.
- ㉒가 발현될 확률: X<sup>B\*</sup>Y × X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup> → X<sup>B</sup>X<sup>B\*</sup>, X<sup>B\*</sup>X<sup>B\*</sup>, X<sup>B</sup>Y, X<sup>B\*</sup>Y로  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 ㉑, ㉒가 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

**중단원 핵심 정리**

246~247쪽

- 1 환경 2 가계도 3 쌍둥이 4 생식세포 5 없다
- 6 열성 7 상 8 이형 9 복대립 10 정자
- 11 성염색체 12 아들 13  $\frac{1}{4}$  14 환경 요인 15 돌연
- 변이 16 비분리 17 다중 증후군 18 중복 19 전좌
- 20 헤모글로빈

**중단원 마무리 문제**

248~251쪽

- 01 ⑤ 02 ② 03 ① 04 ② 05 ⑤ 06 ⑤
- 07 ④ 08 ② 09 ⑤ 10 ③ 11 ① 12 ⑤
- 13 해설 참조 14 해설 참조 15 해설 참조 16 해설 참조

01 ㉑. A에서 부모는 모두 축축한 귀지인데 마른 귀지인 자녀가 있으므로 축축한 귀지가 우성 형질이고, 마른 귀지가 열성 형질이다.

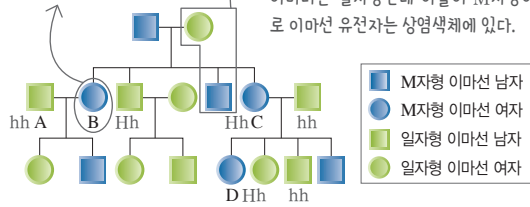
㉒. B에서 축축한 귀지와 마른 귀지인 부모 사이에서 태어난 축축한 귀지인 자녀는 마른 귀지 대립유전자를 물려받아 유전자형이 이형 접합성이다.

㉒. C에서 마른 귀지인 부모에게서 마른 귀지인 자녀만 태어나는 것은 마른 귀지인 사람의 유전자형이 열성 동형 접합성이기 때문이다.



## 02 꼼꼼 문제 분석

B는 유전자형이 이형 접합성인데 M자형이므로 이마선 형질은 M자형이 우성이고, 일자형이 열성이다.



이마선 유전자가 X 염색체에 있다면 어머니가 열성 형질(일자형)일 때 아들은 반드시 열성 형질(일자형)이어야 한다. 그런데 어머니는 일자형인데 아들이 M자형이므로 이마선 유전자는 상염색체에 있다.

② 이마선 유전자는 상염색체에 있고, M자형 대립유전자(H)가 일자형 대립유전자(h)에 대해 우성이다. C는 일자형인 자녀(hh)가 태어난 것으로 보아 일자형 대립유전자를 가지고 있으며(Hh), D는 아버지에게서 일자형 대립유전자를 물려받았다(Hh). 따라서 B, C, D의 이마선 유전자형은 모두 이형 접합성(Hh)으로 동일하다.

**바로알기** ① 이마선 유전자는 상염색체에 있다.

③ 이마선은 대립 형질이 M자형과 일자형의 두 가지로 뚜렷하므로 환경의 영향을 많이 받지 않는 단일 인자 유전 형질이다.

④ D는 이마선 유전자형이 이형 접합성(Hh)이다. 따라서 M자형 이마선 남자의 유전자형이 이형 접합성(Hh)이라면 D와의 사이에서 일자형 이마선 아이가 태어날 수 있다.

⑤ A와 B 사이에 셋째 아이가 태어날 때 이 아이가

• M자형 이마선일 확률:  $hh \times Hh \rightarrow \underline{Hh}, hh$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

• 여자일 확률:  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 M자형 이마선인 여자일 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4} (=25\%)$ 이다.

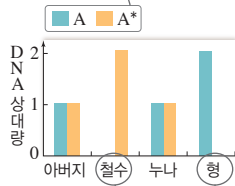
## 03 꼼꼼 문제 분석

남녀 모두 한 쌍의 대립유전자를 가진다.

→ 유전병 (가)를 결정하는 유전자는 상염색체에 있다.

가족	유전병 (가)
아버지	없음 AA*
철수	있음 A*A*
누나	없음 AA*
형	없음 AA

유전자형이 AA, AA\*이면 유전병 (가)를 나타내지 않고, 유전자형이 A\*A\*이면 (가)를 나타낸다. → A는 정상 대립유전자이고, A\*는 (가) 대립유전자이며, A\*는 A에 대해 열성이다.



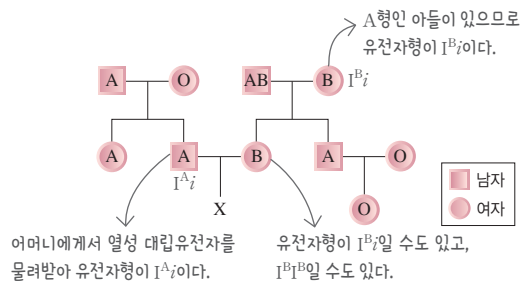
철수는 대립유전자 A\*를 아버지와 어머니에게서 하나씩 물려받았고, 형은 대립유전자 A를 아버지와 어머니에게서 하나씩 물려받았다. → 어머니의 유전자형은 AA\*이다.

나. 남자와 여자 모두 대립유전자를 한 쌍으로 가지므로 (가) 유전자는 상염색체에 있다.

**바로알기** ㄱ. 철수의 유전자형은 A\*A\*이므로 철수는 어머니에게서 대립유전자 A\*를 물려받았다. 또 형의 유전자형은 AA이므로 형은 어머니에게서 대립유전자 A를 물려받았다. 따라서 어머니의 유전자형은 AA\*이고, (가)를 나타내지 않는다.

ㄴ. 누나의 유전자형은 AA\*이고 (가)인 남자의 유전자형은 A\*A\*이다. 따라서 이들 사이에서 태어나는 자녀의 유전자형은  $AA^* \times A^*A^* \rightarrow AA^*, A^*A^*$ 로, 자녀가 (가)일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

## 04 꼼꼼 문제 분석



X 아버지의 유전자형은  $I^A i$ 이고, 어머니의 유전자형은  $I^B i$ 일 확률이  $\frac{1}{2}$ ,  $I^B I^B$ 일 확률이  $\frac{1}{2}$ 이다.

• 어머니의 유전자형이  $I^B i$ 일 경우:  $I^A i \times I^B i \rightarrow \underline{I^A I^B}, I^A i, I^B i, ii$ 이므로 AB형이 나올 확률은  $\frac{1}{4}$ 이고, 어머니의 유전자형이  $I^B i$ 일 확률이  $\frac{1}{2}$ 이므로 X가 AB형일 확률은  $\frac{1}{8}$ 이다.

• 어머니의 유전자형이  $I^B I^B$ 일 경우:  $I^A i \times I^B I^B \rightarrow \underline{I^A I^B}, I^B i$ 이므로 AB형이 나올 확률은  $\frac{1}{2}$ 이고, 어머니의 유전자형이  $I^B I^B$ 일 확률이  $\frac{1}{2}$ 이므로 X가 AB형일 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.

따라서 X의 ABO식 혈액형이 AB형일 확률은  $\frac{1}{8} + \frac{1}{4} = \frac{3}{8}$ 이다.

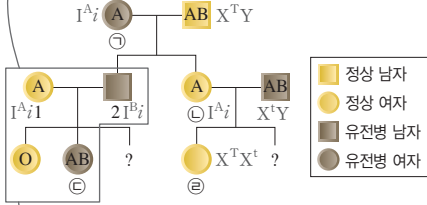
**05** ㄱ. B와 D는 정상이지만 적록 색맹인 아들이 있으므로 적록 색맹 보인자이다. 즉, B와 D는 적록 색맹 유전자형이  $X^R X^r$ 로 같다.

나. 철수의 적록 색맹 대립유전자는 어머니에게서 물려받은 것이고, 어머니는 외할아버지인 C에게서 물려받은 것이다.

ㄴ. 철수의 동생이 태어날 때,  $X^r Y \times X^R X^r \rightarrow X^R X^r, \underline{X^r X^r}, X^R Y, X^r Y$ 로 적록 색맹 여자일 확률은  $\frac{1}{4} (=25\%)$ 이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**

자녀의 ABO식 혈액형이 O형과 AB형이므로 부모의 유전자형은  $I^A i$ 와  $I^B i$ 이다.  $\Rightarrow$  ㉠의 유전자형은  $I^A i$ 이다.



유전병은 반성유전하므로 유전자가 X 염색체에 있다. 아버지가 유전병인데 딸은 정상이다.  $\Rightarrow$  유전병은 열성 형질이다.

ㄱ. 1과 2의 자녀가 O형과 AB형이므로 1의 ABO식 혈액형 유전자형은  $I^A i$ , 2는  $I^B i$ 이며, 2의 열성 대립유전자는 ㉠에게서 물려받았다. 그러므로 ㉠의 유전자형은  $I^A i$ 로 이형 접합형이다.

ㄴ. ㉠의 동생이 태어날 때 이 아이가

• O형일 확률:  $I^A i \times I^B i \rightarrow I^A I^B, I^A i, I^B i, ii$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

• 정상일 확률: ㉠이 유전병이므로 1은 보인자이다. 정상 대립유전자를  $X^T$ , 유전병 대립유전자를  $X^t$ 라고 할 때  $X^T X^t \times X^T Y \rightarrow X^T X^t, X^t X^t, X^T Y, X^t Y$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

따라서 ㉠의 동생이 O형이고 정상일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

ㄷ. ㉠은 ABO식 혈액형 유전자형이 ㉠과 같으므로  $I^A i$ 이고, ㉠으로부터 유전병 대립유전자를 물려받아 유전병 유전자형은  $X^T X^t$ 이다. ㉠의 동생이 태어날 때 이 아이가

• ABO식 혈액형 유전자형이  $I^A i$ 일 확률:  $I^A i \times I^A i \rightarrow I^A I^A, I^A I^B, I^A i, I^B i$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

• 유전병 유전자형이  $X^T X^t$ 일 확률:  $X^T X^t \times X^T Y \rightarrow X^T X^t, X^t X^t, X^T Y, X^t Y$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

따라서 유전자형이 ㉠과 모두 같을 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

07 **꼼꼼 문제 분석**

여자와 남자 모두 대립유전자 T와 T\*의 수가 2이므로 이 유전자는 상염색체에 있다.

구성원	DNA 상대량			
	P	P*	T	T*
아버지	㉠ 0	㉠ 1	㉠ 1	㉠ 1
어머니	2	0	0	2
누나	1	1	0	2
철수	1	0	1	1



여자인 어머니와 누나는 P와 P\*의 수가 2인 데 비해 남자인 철수는 1이다. P와 P\*는 X 염색체에 있다.  $\Rightarrow$  P가 있는 (가)는 X 염색체이다.

ㄴ. P와 P\*는 X 염색체에 있다. 어머니의 유전자형은 PP인데, 누나의 유전자형은 PP\*이다. 따라서 누나의 P\*는 아버지에게서 물려받은 것이므로 ㉠은 0이고, ㉠은 1이다. 또한 T와 T\*는 상염색체에 있다. 어머니와 누나의 유전자형은 T\*T\*이고, 철수의 유전자형은 TT\*이다. 따라서 아버지의 유전자형은 TT\*이므로, ㉠과 ㉠은 각각 1이다.

ㄷ. 철수의 동생이 태어날 때 이 아이가

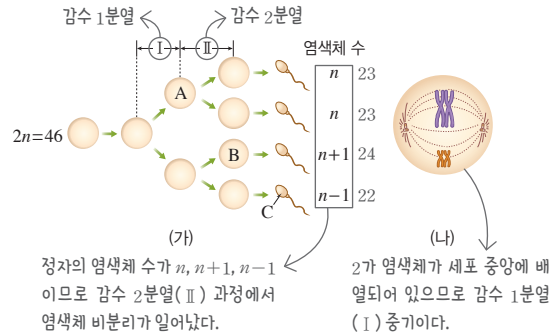
• P, P\*를 모두 가질 확률:  $P^* Y \times PP \rightarrow PP^*, PY$ 로  $\frac{1}{2}$

• T, T\*를 모두 가질 확률:  $TT^* \times T^* T^* \rightarrow TT^*, T^* T^*$ 로  $\frac{1}{2}$

따라서 P, P\*, T, T\*를 모두 가질 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ 이다.

**바로알기** ㄱ. P가 있는 (가)는 X 염색체이다.

08 **꼼꼼 문제 분석**



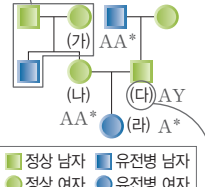
ㄴ. 성염색체가 비분리되었으므로 C는 22개의 상염색체만을 가지고 성염색체는 없다. 따라서 C가 정상 남자(22+X)와 수정하면 터너 증후군(44+X)인 아이가 태어난다.

**바로알기** ㄱ. 세포의 염색체 수는 A는  $n=23$ 이고, B는  $n+1=24$ 이다.

ㄷ. (가)에서 염색체 비분리는 감수 2분열에 일어났고, (나)는 감수 1분열에 관찰된다.

09 **꼼꼼 문제 분석**

부모는 정상인데 유전병인 자녀가 태어났다.  $\Rightarrow$  정상이 우성, 유전병이 열성 형질이다.



구성원	A*의 수	염색체 수
(가)	㉠ 1	46
(나)	1	46
(다)	0	46
(라)	1	45

(다)는 아버지가 유전병인데 유전병 대립유전자 A\*가 없다. 아버지의 A\*는 아들에게 전달되지 않으므로 A\*는 X 염색체에 있다. 염색체 수가 45, A\*가 1개인데 유전병을 나타내므로 X 염색체가 1개인 터너 증후군이다.  $\Rightarrow$  (다)의 정자 형성 과정에서 성염색체 비분리

ㄱ. 유전병 유전자는 X 염색체에 있으므로 아들의 유전병 대립 유전자는 어머니에게서 온 것이다. 따라서 (가)는 정상이지만 유전병 대립유전자 A\*를 가지고 있는 보인자이므로 ㉠은 1이다.

ㄴ. 남자는 X 염색체를 하나만 가지므로 X 염색체에 A\*가 있으면 유전병이 나타난다. 따라서 이 가계도에서 A\*를 가진 정상 남자는 없다.

ㄷ. (라)는 염색체 수가 45이고, A\*는 1개인데 유전병을 나타내므로 X 염색체를 1개 가지는 터너 증후군이다. (다)는 정상이므로 (라)는 A\*를 어머니 (나)에게서 물려받았으며, (다)에게서는 성염색체를 물려받지 않았다. 그러므로 (다)의 정자 형성 과정에서 성염색체가 비분리되어 형성된 성염색체가 없는 정자가 정상 난자와 수정하여 (라)가 태어난 것이다.

**10** ㄱ. 알비노증 환자는 핵형이 정상인과 같으므로 알비노증은 유전자 이상에 의한 유전병이다.

ㄴ. 다운 증후군 환자는 상염색체인 21번 염색체가 3개이고, 클라인펠터 증후군 환자는 X 염색체가 1개 더 많은 남자(44+XXY)이다. 따라서 ㉠은 상염색체이고, ㉡은 성염색체이다.

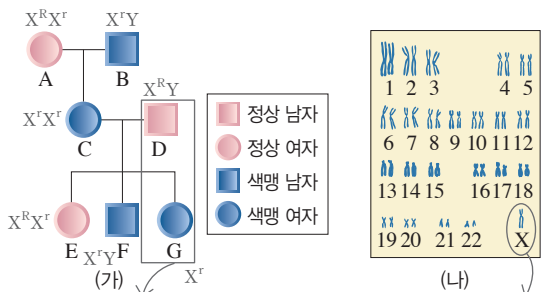
**바로알기** ㄷ. 고양이 울음 증후군은 5번 염색체의 결실로 나타나는 유전병이며, 결실은 염색체의 일부가 떨어져 없어진 경우이다. 따라서 고양이 울음 증후군 환자의 체세포의 염색체 수는 정상인과 같은 2n이다.

**11** ㄱ. 난자가 될 난원 세포와 체세포인 상피 세포의 8번 염색체와 14번 염색체는 정상이고, 버킷림프종 세포에서는 8번 염색체와 14번 염색체 일부가 바뀌는 전좌가 일어났다. 따라서 버킷림프종 세포는 체세포 분열 과정에서 후천적으로 형성되었다.

**바로알기** ㄴ. 유전병은 생식세포를 통해 자손에게 유전될 수 있는데, 생식세포가 될 난원 세포의 염색체 구성이 정상이므로 이 환자의 버킷림프종은 자손에게 유전되지 않는다.

ㄷ. 버킷림프종 세포에서는 8번 염색체와 14번 염색체 사이에 전좌가 일어났다.

**12** **꼼꼼 문제 분석**



D가 적록 색맹이 아니므로 정상적으로는 적록 색맹인 딸이 태어날 수 없다. 하지만 G가 적록 색맹이므로 G는 (나)처럼 X 염색체가 1개인 터너 증후군이다.

ㄴ. 적록 색맹 유전자는 X 염색체에 있으며, 열성으로 유전한다. D가 적록 색맹이 아니므로 딸은 모두 정상이어야 하는데, G가 적록 색맹이다. 따라서 G는 염색체 비분리에 의해 형성된 생식 세포의 수정으로 태어났으며, (나)는 터너 증후군인 G의 핵형 분석 결과임을 알 수 있다.

ㄷ. 터너 증후군인 G가 적록 색맹이 되려면 D의 정자 형성 과정에서 염색체 비분리에 의해 성염색체가 없는 정자가 형성되고, 이 정자와 C에서 정상적으로 형성된 적록 색맹 대립유전자를 가진 난자가 수정하여야 가능하다.

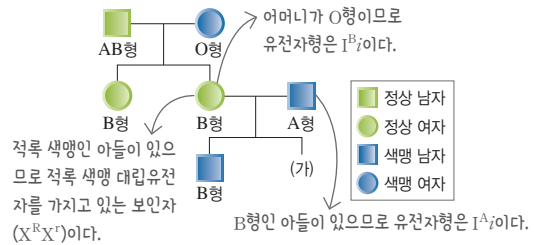
**바로알기** ㄱ. 터너 증후군인 (나)는 G의 핵형 분석 결과이다.

**13** **모범 답안** (1) 우성-유전병인 7과 8 사이에서 정상인 영희가 태어났으므로 유전병은 정상에 대해 우성 형질이다. 상염색체-아버지 7이 우성 형질인 유전병이지만 영희는 열성 형질인 정상이므로 유전병 유전자는 상염색체에 있다. 만일 유전병 유전자가 X 염색체에 있다면 아버지가 우성 형질이면 딸은 반드시 우성 형질이어야 한다.

(2) 7과 8 사이에서 열성인 영희가 태어났으므로 7과 8의 유전자형은 모두 이형 접합성이다. 따라서 자녀가 유전병일 확률은  $\frac{3}{4}$ 이므로 동생이 유전병 남자일 확률은  $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{8}$ 이다.

채점 기준	배점
(1) 우성과 상염색체라고 쓰고, 판단 근거를 옳게 서술한 경우	70 %
(1) 우성과 상염색체라고 쓰고, 판단 근거를 하나만 옳게 서술한 경우	40 %
우성과 상염색체라고만 쓴 경우	10 %
(2) 확률을 구하는 과정을 서술하여 옳게 구한 경우	30 %
확률만 옳게 쓴 경우	10 %

**14** **꼼꼼 문제 분석**



**모범 답안** (가)의 ABO식 혈액형이 A형일 확률은  $I^B i \times I^A i \rightarrow I^A I^B, I^B i, I^A i, ii$ 로  $\frac{1}{4}$ 이고, (가)가 정상 여자일 확률은  $X^R X^r \times X^r Y \rightarrow X^R X^r, X^r X^r, X^r Y$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 (가)가 A형이며 정상 여자일 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{16}$ 이다.

채점 기준	배점
유전자형을 써서 확률을 옳게 구한 경우	100 %
혈액형과 적록 색맹 중 하나의 확률만 옳게 구한 경우	40 %





(나) 발현(rr)이므로 유전자형이 Rr이다. 또한 4는 (다) 발현이 아니지만(우성) 딸 7이 (다) 발현(tt)이므로 유전자형이 Tt이다. 따라서 4의 (가)~(다)의 유전자형은 모두 이형 접합성이다.

③ ②와 6의 유전자형을 고려하여 자손의 표현형의 확률을 계산한다.  
 ㄷ. 6이 (나) 발현(rr)인데 8이 (나) 발현이 아니므로 ②는 정상 대립유전자 R가 있다. 그런데 아버지 1이 (나) 발현(rr)이므로 ②의 유전자형은 Rr이다. ②와 6 사이에서 자녀가 태어날 때 이 아이가 (나) 발현일 확률은  $Rr \times rr \rightarrow Rr, rr$ 로  $\frac{1}{2}$ 이다.

6은 (가) 발현이 아닌데 8이 (가) 발현이므로 (가) 발현 대립유전자 H는 ②에게서 물려받은 것이다. 2는 열성 형질인 (다) 발현이므로 2개의 X 염색체에 모두 t가 있다. 따라서 ②의 X 염색체에는 H와 t가 있다( $X^{Ht}Y$ ). 6은 3의 X 염색체를 물려받는데, 3은 (가)가 발현되지 않았고, (다) 발현인 7에게 t를 물려주었으므로  $X^{ht}Y$ 이다. 4는 (가)와 (다)의 유전자형이 모두 이형 접합성(HhTt)인데, 7에게서 (가)와 (다)가 모두 발현되었으므로 H와 t가 같은 염색체에 있고 4의 유전자형은  $X^{Ht}X^{ht}$ 이다. 6은 (가)가 발현되지 않았으므로 4에서 h가 있는 X 염색체를 물려받아 유전자형이  $X^{hT}X^{ht}$ 이다. ②와 6 사이에서 자녀가 태어날 때, 이 아이에게서 (가)와 (다)가 모두 발현될 확률은  $X^{Ht}Y \times X^{hT}X^{ht} \rightarrow X^{Ht}X^{hT}, X^{Ht}X^{ht}, X^{hT}Y, X^{ht}Y$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다.

따라서 8의 동생에게서 (가), (나), (다)가 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ 이다.

## 02 품공 문제 분석

㉠의 유전자형			㉡의 유전자형		
사람 1	사람 2	표현형 일치 여부	사람 1	사람 2	표현형 일치 여부
AA	Aa	×	BB	Bb	×
AA	aa	×	BB	bb	×
Aa	aa	×	Bb	bb	×

(○: 일치함, ×: 일치하지 않음)  
 (가) (나)

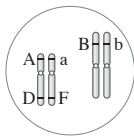
AA, Aa인 사람의 표현형이 일치하지 않으므로 ㉠의 표현형은 3가지이다.  
 BB, Bb인 사람의 표현형이 일치하지 않으므로 ㉡의 표현형은 3가지이다.

• ㉡의 표현형은 4가지이며, ㉡의 유전자형이 DE인 사람과 EE인 사람의 표현형은 같고, 유전자형이 DF인 사람과 FF인 사람의 표현형은 같다.

⇒ ㉡은 복대립 유전 형질이고, 대립유전자의 우열 관계는  $E=F>D$ 이다.

• 여자 P는 남자 Q와 ㉠~㉡의 표현형이 모두 같고, P의 체세포에 들어 있는 일부 상염색체와 유전자는 그림과 같다. ⇒ P에서 형성되는 생식세포의 유전자형은 ADB, ADb, aFB, aFb의 4가지이다.

• P와 Q 사이에서 ㉠가 태어날 때, ㉠의 ㉠~㉡의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다.



### 선택지 분석

① E는 D에 대해 우성이다.

② Q의 ㉡의 유전자형은 DF이다.

③ ㉡의 표현형은 3가지이다.

④ Q에서 A, B, D를 모두 갖는 정자가 형성될 수 있다. **없다**

⑤ ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대 12가지이다.

**전략적 풀이** ① ㉡의 대립유전자 사이의 우열 관계를 판단하고 Q의 ㉡ 유전자형을 추론한다.

① ㉡은 대립유전자가 D, E, F 3가지이므로 복대립 유전 형질이다. 유전자형 DE와 EE의 표현형이 같으므로 E가 D에 대해 우성이고( $E>D$ ), 유전자형 DF와 FF의 표현형이 같으므로 F가 D에 대해 우성이다( $F>D$ ), E와 F 사이에 우열이 있다면 표현형이 3가지만 있게 되는데 ㉡의 표현형이 4가지이므로 E와 F 사이에는 우열이 없다( $E=F>D$ ).

② P의 ㉡ 유전자형은 DF인데 Q와 표현형이 같으므로 Q의 유전자형은 DF와 FF 중 하나이다. P와 Q 사이에서 태어나는 자손이 ㉠~㉡ 중 한 가지만 부모와 같을 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다. Q의 ㉡ 유전자형이 FF이면 ㉡이 부모와 같을 확률이 1이 되므로 조건에 적합하지 않아 Q의 ㉡ 유전자형은 DF이다.

③ ㉠과 ㉡에서 표현형의 종류를 판별한다.

③ ㉡의 유전자형 BB와 Bb의 표현형이 일치하지 않으므로 ㉡의 표현형은 BB/Bb/bb의 3가지이다.

④ Q에서 각 유전자의 염색체상의 위치를 파악한다.

④ ㉠과 ㉡의 표현형이 모두 3가지이므로 Q의 ㉠과 ㉡에 대한 유전자형은 P와 같다. 따라서 Q의 유전자형은 AaBbDF이다. P와 Q 사이에서 자손이 태어날 때  $Bb \times Bb \rightarrow BB, Bb, Bb, bb$ 로 부모와 ㉡ 표현형이 같을(Bb) 확률은  $\frac{1}{2}$ , 부모와 다를(BB, bb) 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다.

P에서 형성되는 생식세포의 유전자형은 AD, aF이다.

(1) Q에서 A와 D/a와 F가 같은 염색체에 있다면 P와 Q 사이에서 태어나는 자손은 표와 같다.

Q \ P	AD	aF
AD	AADD	AaDF
aF	AaDF	aaFF

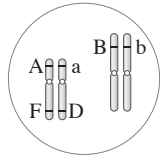
㉠과 ㉡의 표현형 중 두 가지 모두 부모와 같을(AaDF) 확률은  $\frac{1}{2}$ , 한 가지만 부모와 같을(aaFF) 확률은  $\frac{1}{4}$ , 두 가지 모두 부모와 다를(AADD) 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 이 경우 자손 ㉠가 ㉠~㉡의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 확률은 (㉡이 같을 확률  $\times$  ㉠과 ㉡이 모두 다를 확률) + (㉡이 다를 확률  $\times$  ㉠과 ㉡ 중 한 가지만 같을 확률) =  $(\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}) + (\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}) = \frac{1}{4}$ 로 조건에 맞지 않다.

(2) Q에서 A와 F/a와 D가 같은 염색체에 있다면 P와 Q 사이에서 태어나는 자손은 P와 같다.

Q \ P	P	AD	aF
AF	AADF	AaFF	
aD	AaDD	aaDF	

㉠과 ㉡의 표현형 중 두 가지 모두 부모와 같을(AaFF) 확률은  $\frac{1}{4}$ , 한 가지만 부모와 같을(AADF, AaDD, aaDF) 확률은  $\frac{3}{4}$ , 두 가지 모두 부모와 다를 확률은 0이다. 이 경우 자손 ㉠가 ㉠~㉡의 표현형 중 한 가지만 부모와 같을 확률은  $(\frac{1}{2} \times 0) + (\frac{1}{2} \times \frac{3}{4}) = \frac{3}{8}$ 으로 조건에 맞다.

결국 Q의 염색체상의 유전자 위치는 그림과 같고, 이로부터 형성될 수 있는 정자의 유전자형은 ABF, AbF, aBD, abD로 A, B, D를 모두 갖는 정자는 형성될 수 없다.



㉢ P와 Q의 자손 ㉠에게서 나타날 수 있는 ㉠과 ㉡의 표현형은 4가지(AADF, AaDD, AaFF, aaDF)이고, ㉢의 표현형은 3가지(BB, Bb, bb)이므로 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은 최대  $4 \times 3 = 12$ 가지이다.

### 03 꼼꼼 문제 분석

- (가)는 서로 다른 3개의 상염색체에 있는 3쌍의 대립유전자 A와 a, B와 b, D와 d에 의해 결정된다. 다인자 유전
- (가)의 표현형은 유전자형에서 대문자로 표시되는 대립유전자의 수에 의해서만 결정되며, 이 대립유전자의 수가 다르면 표현형이 다르다.  $3\text{가지}(EE/Ee/ee) <$
- (나)는 대립유전자 E와 e에 의해 결정되며, 유전자형이 다르면 표현형이 다르다. (나)의 유전자는 (가)의 유전자와 서로 다른 상염색체에 있다.  $\Rightarrow$  (가)와 (나)는 독립 유전을 한다.
- P와 Q는 (가)의 표현형이 서로 같고, (나)의 표현형이 서로 다르다. 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 4 한 사람은 EE, 다른 사람은 Ee
- P와 Q 사이에서 ㉠가 태어날 때, ㉠의 표현형이 P와 같을 확률은  $\frac{3}{16}$ 이다. (가)의 표현형이 P와 같을 확률( $\frac{3}{8}$ )  $\times$  (나)의 표현형이 P와 같을 확률( $\frac{1}{2}$ )
- ㉠은 유전자형이 AABBDDDEE인 사람과 같은 표현형을 가질 수 있다.  $\Rightarrow$  P와 Q는 모두 ABDE인 생식세포를 만들 수 있다.

#### 선택지 분석

- ㉠ (가)는 다인자 유전 형질이다.
- ✗ P에서 A, B, D를 모두 갖는 생식세포가 형성될 수 없다. 있다
- ㉡ ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수는 10가지이다.

**전략적 풀이** ① 다인자 유전의 정의를 생각한다.

ㄱ. (가)는 3쌍의 대립유전자에 의해 형질이 결정되므로 다인자 유전 형질이다.

② P와 Q에서 형성될 수 있는 생식세포의 유전자형을 추론한다.

ㄴ. 자손 ㉠가 AABBDDDEE인 사람과 같은 표현형을 가질 수 있으므로 P와 Q는 모두 ABDE인 생식세포를 만들 수 있다.

③ (가)와 (나) 유전의 특징을 분석하고 자손 ㉠의 표현형의 확률을 이용하여 P와 Q의 유전자 구성을 추론한다.

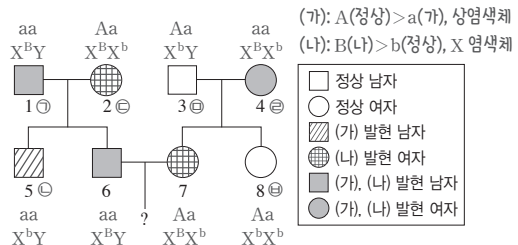
ㄷ. (나)는 유전자형이 다르면 표현형이 다르므로 표현형이 EE/Ee/ee의 3가지이다. P와 Q는 (나)의 표현형이 다르므로 한 사람은 EE, 다른 한 사람은 Ee이다.  $EE \times Ee \rightarrow EE, Ee$ 로 ㉠의 유전자형이 EE일 확률은  $\frac{1}{2}$ , Ee일 확률은  $\frac{1}{2}$ 이다. ㉠의 (가) 표현형이 P와 같을 확률  $\times$  ㉠의 (나) 표현형이 P와 같을 확률( $\frac{1}{2}$ ) =  $\frac{3}{16}$ 이므로 ㉠의 (가) 표현형이 P와 같을 확률은  $\frac{3}{8}$ 이다.

P와 Q는 (가) 표현형이 서로 같고 모두 유전자형이 ABD인 생식세포를 만들 수 있다. 따라서 P의 (가) 유전자형은 대문자로 표시되는 대립유전자의 수가 3, 4, 5, 6 중의 하나인데, 3이라면 ㉠의 (가) 표현형이 P와 같을 확률은  $\frac{20}{64}$ 이고, 5라면  $\frac{1}{2}$ , 6이라면 1이므로 조건에 맞지 않다. 따라서 P와 Q의 (가)에 대한 유전자형이 대문자로 표시되는 대립유전자의 수는 4이다.

P와 Q의 생식세포에서 (가)에 대한 유전자형이 대문자로 표시되는 대립유전자 수 (3, 2, 1)이 형성되는 확률은  $(\frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4})$ 이므로 ㉠에서 (가) 유전자형이 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 4일 확률은 P, Q의 생식세포의 조합이 (3, 1) + (2, 2) + (1, 3)일 확률이므로  $(\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}) + (\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}) + (\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}) = \frac{3}{8}$ 이다.

P와 Q의 생식세포에서 (가) 유전자형이 대문자로 표시되는 대립유전자 수는 (3, 2, 1) (3, 2, 1)이므로 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형은, (가)는 대문자로 표시되는 대립유전자 수가 6, 5, 4, 3, 2의 5가지이고, (나)는 최대 2가지(EE, Ee)이다. 따라서 ㉠에게서 나타날 수 있는 표현형의 최대 가짓수는  $5 \times 2 = 10$ 이다.

### 04 꼼꼼 문제 분석



구성원	㉠1	㉡5	㉢2	㉣4	㉤3	㉥8
A와 b의 DNA 상대량을 더한 값	0	1	2	1	2	3

**선택지 분석**

- (가)는 우성 형질이다. 열성
- (나)의 유전자는 상염색체에 있다. X 염색체
- 5는 Ⓒ이다. Ⓓ
- 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 2와 6이 같다.
- 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 Ⓒ과 같을 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다.  $\frac{1}{8}$

**전략적 풀이** ① (가)와 (나)의 유전자가 있는 염색체와 대립유전자의 우열 관계를 판별한다.

①, ② 1과 2는 (나) 발현인데 아들 5는 정상이므로 (나)는 우성 형질이다. B는 (나) 발현 대립유전자이고, b는 정상 대립유전자이다. (나)의 유전자가 상염색체에 있다면 1과 2의 유전자형은 Bb, 5의 유전자형은 bb이므로 1, 2, 5에 모두 b가 있다. 이 경우 1, 2, 5에서 체세포 1개당 A와 b의 DNA 상대량을 더한 값 ①~⑤은 0이 될 수 없으므로 표의 조건과 맞지 않다. 따라서 (나)의 유전자는 X 염색체에 있으며, 유전자형은 1은  $X^{BY}$ , 2는  $X^{bY}$ , 5는  $X^{bY}$ 이다.

①에서 A와 b의 DNA 상대량을 더한 값이 0이므로 ①은 b를 갖지 않는 1이며, 1(Ⓒ)은 (가)의 유전자로 a만 갖는데 (가) 발현이므로 a는 (가) 발현 대립유전자이고 A는 정상 대립유전자이다. (가)의 유전자가 X 염색체에 있다면 (가)와 (나)는 함께 유전될 것인데, 이 경우 유전자형은 1에서  $X^{aBY}$ , 5에서  $X^{abY}$ , 6에서  $X^{aBY}$ 이므로 5와 6의 어머니 2의 (가)와 (나)의 유전자형은  $X^{aB}X^{ab}$ 가 되어 (가) 발현이어야 하는데 정상이다. 따라서 (가)의 유전자는 X 염색체가 아닌 상염색체에 있다.

② (가)와 (나) 유전의 특성을 이용하여 구성원의 유전자형과 ①~⑤에 해당하는 구성원을 파악한다.

③ 1, 5, 6은 (가) 발현이므로 유전자형은 모두 aa이다. 2는 (가)에 대해 정상이지만 아들 5와 6에게 a를 물려주었으므로 유전자형이 Aa이다. 따라서 체세포 1개당 A와 b의 DNA 상대량을 더한 값은 1에서 0, 2에서 2, 5에서 1이므로 ①은 1, ②은 5, ③은 2이다.

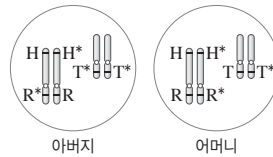
4는 (가) 발현이므로 유전자형이 aa이고, 7과 8은 4로부터 a를 물려받아 모두 유전자형이 Aa이다. 3은 (나)가 발현되지 않았으므로 유전자형이  $X^{bY}$ 이고, 7과 8은 아버지 3으로부터 X<sup>b</sup>를 물려받으므로 7의 유전자형은  $X^{bX^b}$ , 8은  $X^{bX^b}$ 이다. 8의 X<sup>b</sup> 하나는 어머니 4로부터 물려받은 것이므로 4의 유전자형은  $X^{bX^b}$ 이다. 따라서 체세포 1개당 A와 b의 DNA 상대량을 더한 값은 4에서 1, 8에서 3이므로 ④은 4, ⑤은 8이다. 나머지 하나인 ⑥이 3인데 3은 (나) 유전자형이  $X^{bY}$ 이고, A와 b의 DNA 상대량을 더한 값이 2이므로 (가) 유전자형은 Aa이다.

④ 2와 6의 (나)의 유전자형은  $X^{BY}$ 와  $X^{bY}$ 로, 체세포 1개당 B의 DNA 상대량은 1로 같다.

③ 6과 7의 유전자형으로부터 자손에서 특정 형질이 표현될 확률을 계산한다.

⑤ (가)의 유전자는 상염색체, (나)의 유전자는 X 염색체에 있으므로 (가)와 (나)는 독립적으로 유전된다. 6과 7 사이에서 태어나는 자녀가 Ⓒ(5)과 같이 (가) 발현일 확률은  $aa \times Aa \rightarrow Aa, aa$ 로  $\frac{1}{2}$ 이고, (나)가 발현되지 않을 확률은  $X^{BY} \times X^{bX^b} \rightarrow X^{BX^B}, X^{BX^b}, X^{bY}, X^{bX^b}$ 로  $\frac{1}{4}$ 이다. 따라서 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이의 (가)와 (나)의 표현형이 모두 Ⓒ(5)과 같을 확률은  $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ 이다.

**05 품공 문제 분석**



H와 H\*, R와 R\*는 하나의 염색체에 있으므로 함께 유전되고, T와 T\*는 이들과는 다른 염색체에 있으므로 독립적으로 유전된다.

결실 < 감수 1분열에서 염색체 비분리

- 아버지의 생식세포 형성 과정에서 ①이 1회 일어나 형성된 정자 P와 어머니의 생식세포 형성 과정에서 ②이 1회 일어나 형성된 난자 Q가 수정되어 자녀 ④가 태어났다. ①과 ②은 염색체 비분리와 염색체 결실을 순서 없이 나타낸 것이다.
- 그림은 ③의 체세포 1개당 H\*, R, T, T\*의 DNA 상대량을 나타낸 것이다.

→ 난자 형성 과정에서 염색체 비분리(②)가 일어나 어머니로부터 T와 T\*를 물려받았다.

**선택지 분석**

- P에는 H\*가 있다. 없다
- Q가 형성될 때 ②은 감수 1분열에서 일어났다.
- ④의 체세포 1개당 상염색체 수는 45이다.

**전략적 풀이** ① ③의 대립유전자 상대량을 통해 정자 P가 형성되는 과정에서 일어난 염색체 이상은 무엇인지 추론한다.

ㄱ. 아버지와 어머니의 염색체상의 유전자가 그림과 같을 때 이들 사이에서 태어날 수 있는 정상적인 자녀의 유전자형은 표와 같다.

정자	HR*	H*R	정자	T*
난자			난자	T*
HR	HHRR*	HH*RR	T	TT*
H*R*	HH*R*R*	H*H*RR*	T*	T*T*

④는 체세포 1개당 H\*의 DNA 상대량은 0이고, R의 DNA 상대량은 2이므로 아버지로부터 정자 형성 과정에서 H\*가 있는 부위는 결실(①)되고 R만 있는 염색체를, 어머니로부터 H와 R가 있는 염색체를 물려받았다. 따라서 정자 P에는 H\*가 없다.

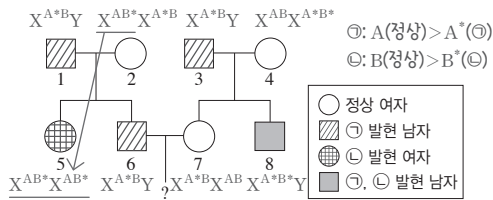
㉔ ㉔의 대립유전자 상대량을 통해 남자 Q가 형성되는 과정에서 일어난 염색체 이상은 무엇인지 추론한다.

ㄴ. ㉔가 T의 DNA 상대량은 1이고 T\*의 DNA 상대량이 2인 것으로부터 남자 형성 과정에서 염색체 비분리(㉒)가 일어나 어머니에게서 T와 T\*를 모두 물려받았다는 것과 염색체 비분리는 감수 1분열에 일어났다는 것을 알 수 있다.

㉓ ㉔의 염색체 구성을 추론한다.

ㄷ. 정자 P는 결실은 일어났지만 염색체 수는  $n=23$ 이고, 상염색체 수는 22이다. 남자 Q는 감수 1분열에 염색체 비분리가 일어나 상염색체가 1개 더 많아졌으므로  $n+1=24$ 이고, 상염색체 수는 23이다. 따라서 P와 Q가 수정하여 태어난 ㉔의 상염색체 수는 45이다.

### 06 품공 문제 분석



#### 선택지 분석

- ㉑ ㉒의 유전자는 X 염색체에 있다.
- ㉒ ㉔의 형성 과정에서 염색체 비분리는 감수 2분열에서 일어났다.
- ✗ 6과 7 사이에서 아이가 태어날 때, 이 아이에게서 ㉑과 ㉒이 모두 발현될 확률은  $\frac{1}{4}$ 이다. 0

전략적 풀이 ① ㉑의 유전자가 위치하는 염색체와 우열 관계를 파악한다.

ㄱ. (1) ㉑의 유전자가 상염색체에 있고 ㉑이 우성 형질(A가 ㉑ 발현 대립유전자, A\*가 정상 대립유전자)인 경우 유전자형이 1은 AA 또는 AA\*, 2는 A\*A\*, 6은 AA\*로 1, 2, 6 각각의 체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량을 더한 값은 3 또는 4이다. 또한, 3은 AA\*, 4는 A\*A\*, 7은 A\*A\*로 3, 4, 7 각각의 체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량을 더한 값은 5이므로 조건에 맞지 않는다.

(2) ㉑의 유전자가 상염색체에 있고 ㉑이 열성 형질(A가 정상 대립유전자, A\*가 ㉑ 발현 대립유전자)인 경우 유전자형이 1은 A\*A\*, 2는 AA\*, 6은 A\*A\*로 1, 2, 6 각각의 체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량을 더한 값은 5이다. 또한, 3은 A\*A\*, 4는 AA\*, 7은 AA\*로 3, 4, 7 각각의 체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량을 더한 값은 4이므로 조건에 맞지 않는다.

(3) ㉑의 유전자가 X 염색체에 있고 ㉑이 우성 형질(A가 ㉑ 발현 대립유전자, A\*가 정상 대립유전자)인 경우 어머니 2가 열성인 정상인데 아들 6이 우성인 ㉑ 발현이므로 조건에 맞지 않는다.

(4) ㉒의 유전자가 X 염색체에 존재하고 ㉒이 열성 형질(A가 정상 대립유전자, A\*가 ㉒ 발현 대립유전자)인 경우 1은 A\*Y, 2는 AA\*, 6은 A\*Y로 1, 2, 6 각각의 체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량을 더한 값은 3이다. 또한, 3은 A\*Y, 4는 AA\*, 7은 AA\*로 3, 4, 7 각각의 체세포 1개당 A\*의 DNA 상대량을 더한 값은 3이므로

$$\frac{1, 2, 6 \text{ 각각의 체세포 1개당 } A^* \text{의 DNA 상대량을 더한 값}}{3, 4, 7 \text{ 각각의 체세포 1개당 } A^* \text{의 DNA 상대량을 더한 값}} = \frac{3}{3} = 1 \text{로 조건에 맞다.}$$

㉑의 유전자와 ㉒의 유전자는 같은 염색체에 있으므로 ㉒의 유전자도 X 염색체에 있다. ㉒에 대해 정상인 1과 2로부터 ㉒인 딸 5가 태어났으므로 ㉒은 정상에 대해 열성 형질이다. 따라서 B는 정상 대립유전자, B\*는 ㉒ 발현 대립유전자이다.

② 염색체 비분리에 의해 형성된 생식세포의 수정으로 태어난 구성원을 밝히고 염색체 비분리가 일어난 시기를 추론한다.

ㄴ. 1의 유전자형은 X<sup>A\*B</sup>Y이므로 정상적으로는 딸 5가 아버지로부터 B를 물려받아 ㉒이 발현되지 않아야 하는데 ㉒ 발현이므로 5는 비정상 정자와 난자의 수정으로 태어났다. 5는 ㉒ 발현(B\*B\*)이므로 2는 정상이지만 B\*를 가지고, 6이 X<sup>A\*B</sup>Y이므로 2의 유전자형은 X<sup>AB</sup>X<sup>AB\*</sup>이다.

5의 B\*는 모두 2로부터 물려받은 것이다. 따라서 2의 남자 형성 과정에서 감수 2분열에 염색체 비분리가 일어나 형성된 A와 B\*가 있는 X 염색체가 2개 있는 비정상 난자(22+X<sup>AB</sup>X<sup>AB\*</sup>)와 1의 정자 형성 과정에서 성염색체가 비분리되어 형성된 성염색체가 없는 정자(22)가 수정(44+X<sup>AB</sup>X<sup>AB\*</sup>)되어 태어났다.

③ 6과 7의 유전자형으로부터 자손에서 특정 형질이 표현될 확률을 계산한다.

ㄷ. 8의 유전자형이 X<sup>A\*B</sup>Y이므로 정상인 4의 유전자형은 X<sup>AB</sup>X<sup>A\*B\*</sup>이다. 3의 유전자형이 X<sup>A\*B</sup>Y이므로 7의 유전자형은 X<sup>A\*B</sup>X<sup>AB</sup>이다. 7의 ㉒ 유전자형이 X<sup>B</sup>X<sup>B</sup>이므로 자손에서 ㉒이 발현될 확률은 0이다. 6과 7 사이에서 태어날 수 있는 아이는 X<sup>A\*B</sup>Y × X<sup>A\*B</sup>X<sup>AB</sup> → X<sup>A\*B</sup>X<sup>A\*B</sup>, X<sup>A\*B</sup>X<sup>AB</sup>, X<sup>A\*B</sup>Y, X<sup>AB</sup>Y이다.

### 07 품공 문제 분석

사람	세포	DNA 상대량					
		A	a	B	b	D	d
P AaBbDd	I ㉔	0	1	?0	㉒1	0	㉒0
	II	㉒2	㉒0	㉒2	?0	㉒2	?0
	III	?1	㉒0	0	㉒1	㉒1	㉒0
Q AabbDd	IV	㉒1	?1	?0	2	㉒1	㉒1
	V ㉕	㉒0	㉒1	0	㉒2	㉒1	?0
	VI	㉒2	?0	?0	㉒2	㉒0	㉒2



**선택지 분석**

- ✗ ㉠은 1이다. 2
- Ⓒ ㉡는 V이다.
- Ⓒ ㉢에서 a의 DNA 상대량 / ㉣에서 D의 DNA 상대량 = 1이다.

**전략적 풀이** ① Q의 세포는 항상 b를 갖는다는 것을 참고하여 ㉠~㉣의 값을 추론한다.

ㄱ. Q의 유전자형이 AabbDd이므로 분열이 일어나는 세포를 포함하여 Q의 정상 세포에서 b의 DNA 상대량은 1, 2, 4가 가능하다. V와 VI에서 b의 DNA 상대량이 ㉠이므로 ㉠은 0은 아니다. IV에서 b의 DNA 상대량이 2이므로 IV가 정상 세포라면 대립유전자 D와 d가 모두 없거나 b보다 DNA 상대량이 많지는 않으므로 ㉡은 1이고, ㉠은 2이며, ㉣이 0이다.

② ㉠~㉣의 값을 이용하여 P와 Q에서 같은 염색체에 있는 유전자를 찾고, 돌연변이가 일어난 세포 ㉢와 ㉣를 구분한다.

ㄴ. ㉠은 2, ㉣은 0이므로 I에서 대립유전자 D와 d가 모두 없고 유전자 구성이 ab이므로 염색체 일부가 결실된 ㉢는 I이다. II와 III은 정상 세포인데 유전자 구성은 II는 AABBDD이고, III은 AbD이다. 따라서 P에서는 A와 D(a와 d)가 같은 염색체에 있고 B(b)는 다른 염색체에 있다. I에서는 a와 b만 있으므로 (다)의 d가 있는 염색체의 일부가 결실된 세포이다.

V는 유전자 구성이 abbD이므로 Q에서는 a와 D(A와 d)가 같은 염색체에 있고, b가 있는 염색체가 비분리되어 2개가 있는 비정상적인 세포 ㉣이다. 유전자 구성은 IV는 AabbDd이고, VI은 AAbbdd이다.

③ ㉢와 ㉣의 유전자형을 통해 대립유전자의 DNA 상대량을 구한다.

ㄷ. 유전자 구성은 ㉢(I)는 ab이고, ㉣(V)는 abbD이므로

$$\frac{\text{㉢에서 a의 DNA 상대량}}{\text{㉣에서 D의 DNA 상대량}} = \frac{1}{1} = 1 \text{이다.}$$

**08** **꼼꼼 문제 분석**

구성원	성별	R(발현) > r(미발현)			유전자형
		H(미발현) > h(발현)	(가)	(나)	
아버지	남	○	○	?○	X <sup>hRT</sup> Y
자녀 1	여	×	○	○	X <sup>hRT</sup> X <sup>Hrt</sup>
자녀 2	남	×	×	×	X <sup>Hrt</sup> Y
자녀 3	?남	○	×	○	X <sup>Hrt</sup> Y
자녀 4 ㉢	?여	×	×	○	X <sup>Hrt</sup> X <sup>hrT</sup>

(○: 발현됨, ×: 발현 안 됨)

- 아버지는 (가) 발현이지만 딸 1이 (가) 발현이 아니므로 (가)는 열성 형질이다.
- 아들인 자녀 2는 (가), (나), (다) 모두 미발현인데 3이 (가) 발현이므로 어머니의 (가) 유전자형은 Hh이다. 딸인 자녀 1은 (가) 미발현이므로 어머니로부터 자녀 2가 물려받은, H와 (나) 미발현 대립유전자, (다) 미발현 대립유전자가 있는 X 염색체를 물려받았는데 (나) 발현, (다) 발현이므로 (나)와 (다)는 모두 우성 형질이다.

**선택지 분석**

- ① h는 (가) 발현 대립유전자이다.
- ② (나)와 (다)는 모두 우성 형질이다.
- ✗ ③ ㉢는 자녀 3이다. 4
- ④ 자녀 2의 X 염색체에는 H, r, t가 있다.
- ⑤ ㉣은 감수 1분열에서 염색체 비분리가 일어나 형성된 난자이다.

**전략적 풀이** ① 제시된 조건을 활용하여 (가), (나), (다)의 우열 관계를 파악한다.

① (가)의 유전자가 X 염색체에 있는데 아버지는 (가) 발현이지만 아버지의 X 염색체를 물려받는 딸 1이 (가) 발현이 아니다. 따라서 (가)는 열성 형질이고, H는 (가) 미발현 대립유전자, h는 (가) 발현 대립유전자이다.

② 아들인 자녀 2는 (가), (나), (다) 모두 미발현이므로 어머니는 H와 (나) 미발현 대립유전자, (다) 미발현 대립유전자가 있는 X 염색체를 갖는다.

만일 어머니의 (가) 유전자형이 HH라면 자녀는 모두 (가) 미발현이어야 하는데 3이 (가) 발현이므로 어머니의 (가) 유전자형은 Hh이다. 딸인 자녀 1은 (가) 미발현이므로 어머니로부터 자녀 2가 물려받은, H와 (나) 미발현 대립유전자, (다) 미발현 대립유전자가 있는 X 염색체를 물려받았는데 (나) 발현, (다) 발현이므로 (나)와 (다)는 모두 우성 형질이다.

따라서 R는 (나) 발현 대립유전자이고 r는 (나) 미발현 대립유전자이며, T는 (다) 발현 대립유전자, t는 (다) 미발현 대립유전자이다.

④ (가)는 열성, (나)와 (다)는 우성 형질이므로 (가), (나), (다) 모두 미발현인 자녀 2의 X 염색체에는 H, r, t가 있다.

② 부모의 유전자형을 고려하여 돌연변이에 의해 태어난 ㉢가 누구인지를 판별한다.

③ 아버지가 (가) 발현이므로 자녀 1은 어머니로부터 X<sup>Hrt</sup>를 물려받았다. 따라서 (나) 발현 대립유전자와 (다) 발현 대립유전자는 아버지에서 물려받았고 아버지의 유전자형은 X<sup>hRT</sup>Y이다. 자녀 3은 (가) 발현, (나) 미발현, (다) 발현이므로 아버지의 X 염색체를 물려받지 않았다. 따라서 어머니에게 h, r, T가 있는 X 염색체가 있으므로 어머니의 유전자형은 X<sup>Hrt</sup>X<sup>hrT</sup>이다.

자녀 4는 (가) 미발현, (나) 미발현, (다) 발현이므로 아버지의 X 염색체를 물려받지 않았고, 어머니로부터 X<sup>Hrt</sup>와 X<sup>hrT</sup>를 모두 물려받았다. 따라서 염색체 수가 22, 24인 생식세포 ㉠, ㉣이 수정되어 태어난 ㉢는 4이다.

⑤ ㉢는 성염색체가 없는 정자(㉠)와 X 염색체가 2개인 난자(㉣)가 수정하여 태어났으며, ㉣은 유전자 구성이 다른 두 X 염색체를 가지므로 감수 1분열에 성염색체가 비분리되어 형성된 것이다.

# 생태계와 상호 작용

## 1 생태계의 구성과 기능

### 1 생태계와 개체군

#### 개념 확인 문제

261쪽

- ① 개체군   ② 군집   ③ 소비자   ④ 비생물적

- 1 (1) ㄱ, ㉠ (2) ㄱ, ㄷ (3) ㄱ, ㄷ, ㄹ   2 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) ㉠   3 (1) × (2) ㉠ (3) × (4) × (5) ×

1 생태계는 비생물적 요인과 생물적 요인으로 구성되어 있다. 비생물적 요인에는 빛, 온도, 물, 토양, 공기 등이 있으며, 생물적 요인에는 광합성을 통해 무기물로부터 유기물을 합성하는 생산자, 다른 생물을 먹이로 하여 유기물을 섭취하는 소비자, 다른 생물의 사체나 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하여 에너지를 얻는 분해자가 있다.

- (1) 벼(ㄱ), 소나무(㉠)는 광합성을 하여 양분을 스스로 합성하므로 모두 생산자이다.
- (2) 개구리(ㄱ)는 육식 동물, 메뚜기(ㄷ)는 초식 동물이므로 모두 소비자이다.
- (3) 버섯(ㄱ), 곰팡이(ㄷ)는 모두 분해자이다.
- (4) 빛(ㄴ), 토양(ㄷ), 공기(ㄹ)는 모두 비생물적 요인이다.

2 비생물적 요인이 생물에 영향을 주는 ㉠은 작용이고, 생물이 비생물적 요인에 영향을 주는 ㉠은 반작용이며, 생물적 요인이 서로 영향을 주고받는 ㉠은 상호 작용이다.

- (1) 날씨가 추워지면 낙엽이 지는 것은 비생물적 요인인 온도가 생물인 낙엽수에 영향을 주는 것이므로 작용(㉠)에 해당한다.
- (2) 낙엽이 분해되어 토양이 비옥해지는 것은 생물이 비생물적 요인인 토양에 영향을 주는 것이므로 반작용(㉠)에 해당한다.
- (3) 사슴의 개체 수가 증가하면 풀의 개체 수가 감소하는 것은 소비자(사슴)가 생산자(풀)에 영향을 주는 것이므로 생물적 요인이 서로 영향을 주고받는 상호 작용(㉠)에 해당한다.

- 3 (1) 일정한 지역에 같은 종의 개체가 모여 개체군을 형성하고, 여러 종류의 개체군이 모여 군집을 이룬다.
- (2) 생산자는 빛을 흡수하여 무기물인 물, 이산화 탄소로부터 유기물인 포도당을 합성하는 광합성을 한다.
- (3) 다른 생물을 먹이로 하여 유기물을 섭취하는 것은 소비자이다. 분해자는 다른 생물의 사체나 배설물 속의 유기물을 분해하여 에너지를 얻는다.

- (4) 생물적 요인(생산자, 소비자, 분해자)은 다른 생물 및 비생물적 요인과 영향을 주고받으며 살아간다.
- (5) 다른 생물의 사체나 배설물 속의 유기물을 무기물로 분해하여 비생물 환경으로 돌려보내는 것은 분해자이다.

262~263쪽

#### 완자샘 비법 특강

- Q1 울타리   Q2 ㉠ 작고, ㉠ 크다  
Q3 수분

Q1 강한 빛을 받는 잎은 울타리 조직이 발달하여 두껍고, 약한 빛을 받는 잎은 빛을 효율적으로 흡수하기 위해 넓고 얇다.

Q2 추운 지방에 사는 포유류는 몸의 말단부가 작고, 몸집이 크다. 몸의 말단부가 작고 몸집이 크면 몸의 부피에 대한 체표면적의 비가 작아져 열 방출량이 감소하므로 체온을 유지하는 데 유리하다.

Q3 곤충은 몸 표면이 키틴질로 되어 있으며, 사막의 파충류는 몸 표면이 비늘로 덮여 있고, 조류와 파충류의 알은 단단한 껍데기로 싸여 있다. 이는 모두 생물이 수분 증발을 막아 체내의 수분을 보존하기 위한 방법이다.

#### 개념 확인 문제

268쪽

- ① 출생   ② 사망   ③ 성장   ④ 생존   ⑤ 계절   ⑥ 피식  
⑦ 포식   ⑧ 텃새   ⑨ 경쟁

- 1 (1) × (2) ㉠ (3) × (4) ㉠ (5) × (6) ×   2 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) ㉠   3 (가) 쇠퇴형 (나) 안정형 (다) 발전형   4 (1) ㄴ, e (2) ㄷ, a (3) ㄱ, d (4) ㄹ, c (5) ㄱ, b

- 1 (1) 개체군의 밀도는 이입과 이출보다 출생과 사망의 영향을 더 많이 받는다.
- (3) 환경 저항은 개체군의 성장을 억제하는 환경 요인이다. 개체군의 밀도가 높아지면 환경 저항이 증가하여 개체군의 생장이 둔화되며, 나중에는 더 이상 증가하지 않고 일정하게 유지된다. 이때가 주어진 환경에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기이고, 이를 환경 수용력이라고 한다.
- (5) 연령 피라미드에서 개체군의 크기 변화는 생식 전 연령층의 비율을 통해 예측할 수 있다.
- (6) 눈신토끼와 스라소니 개체군의 크기는 피식과 포식의 관계에 의해 오랜 기간에 걸쳐 주기적으로 변동한다.

- 2 (1) I 형은 적은 수의 개체를 낳지만 초기 사망률이 낮고 대부분의 개체가 생리적 수명을 다하고 죽는 생물의 생존 곡선이다. 사람, 돌산양, 코끼리 등의 대형 포유류가 이에 해당한다. → ㉠  
 (2) II 형은 출생 이후 개체 수가 일정한 비율로 줄어드는 생물의 생존 곡선이다. 히드라, 기러기 등이 이에 해당한다. → ㉡  
 (3) III 형은 많은 수의 자손을 낳지만 초기 사망률이 높아 성체로 성장하는 개체 수가 적은 생물의 생존 곡선이다. 고등어, 굴 등의 어패류가 이에 해당한다. → ㉢

3 쇠퇴형은 생식 전 연령층의 개체 수가 적고, 발전형은 생식 전 연령층의 개체 수가 많다.

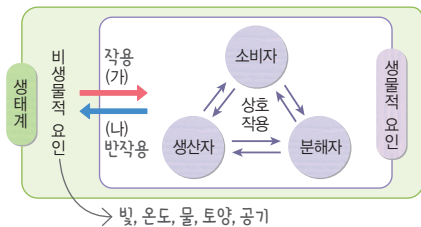
- 4 (1) 한 개체가 리더가 되어 무리 전체를 통솔하고 행동을 지휘하는 것은 리더제(L)이며, 기러기(e)가 이에 해당한다.  
 (2) 개체들 사이에서 힘의 순위에 따라 먹이나 배우자를 차지하기 위한 서열을 정하는 것은 순위제(c)이며, 닭(a)이 이에 해당한다.  
 (3) 개체들이 역할에 따라 계급과 업무를 분담하여 생활하는 것은 사회생활(m)이며, 꿀벌(d)이 이에 해당한다.  
 (4) 혈연적으로 가까운 개체들이 모여 무리 지어 생활하는 것은 가족생활(r)이며, 사자(c)가 이에 해당한다.  
 (5) 일정한 서식 공간을 차지하고 다른 개체의 접근을 막는 것은 텃세(-)이며, 은어(b)가 이에 해당한다.

### 대표 자료 분석

269쪽

- 자료 1 1 (가) 작용 (나) 반작용 2 (1) L (2) 무, 무 (3) 무 (4) 무, 무 3 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ (5) ×  
 자료 2 1 (1) (나) (2) 환경 수용력 2 무, 무, 무 3 (1) × (2) ○ (3) × (4) ×

### 1-1 꼼꼼 문제 분석

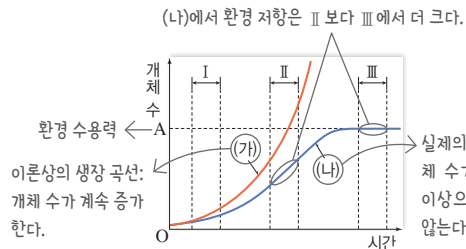


(가)는 비생물적 요인인 환경이 생물에 영향을 주는 작용이고, (나)는 생물이 비생물적 요인에 영향을 주는 반작용이다.

- 1-2 (1) 풀은 광합성을 하는 생물이므로 생산자이다.  
 (2) 동물은 다른 생물을 먹이로 섭취하므로 소비자이다.  
 (3) 곰팡이는 다른 생물의 사체나 배설물에 들어 있는 유기물을 무기물로 분해하여 생명 활동에 필요한 에너지를 얻는 분해자이다.  
 (4) 물, 빛은 생물을 둘러싸고 있는 환경으로 비생물적 요인이다.

- 1-3 (1) 생산자는 빛에너지를 이용하여 무기물인 물과 이산화탄소로부터 유기물인 포도당을 합성하는 독립 영양 생물이다.  
 (2) 분해자는 다른 생물의 사체나 배설물에 들어 있는 유기물을 무기물로 분해하여 비생물 환경으로 돌려보내는 생물이다.  
 (3) 일조량이 벼의 광합성에 영향을 주는 것은 비생물적 요인(일조 시간)이 생물(벼)에 영향을 주는 것이므로 작용(가)이다.  
 (4) 낙엽이 떨어져 토양이 비옥해지는 것은 생물(낙엽)이 비생물적 요인(토양)에 영향을 준 것이므로 반작용(나)이다.  
 (5) 벼멸구의 개체 수가 증가하면 쌀의 수확량이 감소하는 것은 생산자(벼)와 소비자(벼멸구) 사이에서 일어나는 상호 작용이다.

### 2-1 꼼꼼 문제 분석



- (가) 이론상의 성장 곡선: 생식 활동에 아무런 제한을 받지 않으면 개체군은 계속 성장한다. → 성장 곡선이 J자 모양을 나타낸다.
- (나) 실제의 성장 곡선: 자연 상태에서는 개체군의 밀도가 커지면 서식 공간과 먹이 부족, 노폐물 축적 등 환경 저항이 증가하여 개체군의 생장이 둔화되고, 나중에는 개체군의 크기가 더 이상 증가하지 않고 일정해진다. → 성장 곡선이 S자 모양을 나타낸다.

- (1) 이론상의 성장 곡선은 J자 모양을, 실제의 성장 곡선은 S자 모양을 나타낸다.  
 (2) 환경 수용력은 주어진 환경 조건에서 증가할 수 있는 개체 수의 최대 크기이므로 A는 환경 수용력이다.

2-2 무, 무, 무. 환경 저항은 개체군의 성장을 억제하는 환경 요인으로, 먹이 부족, 질병 발생, 노폐물 증가, 서식 공간 부족, 개체 간의 경쟁 등이 이에 해당한다.

바로알기 무, 무. 노폐물 증가나 서식지 부족이 환경 저항으로 작용할 수 있는 요인이다.

- 2-3 (1) (가)는 이론상의 성장 곡선으로 환경 저항이 작용하지 않았을 때의 성장 곡선이다. 환경 저항이 작용하면 성장 곡선은 (나)와 같은 S자 모양을 나타낸다.  
 (2) (나)에서 구간 III의 개체 수가 구간 I보다 많으므로 개체군의 밀도는 구간 III에서가 구간 I에서보다 크다.  
 (3) 개체군의 밀도가 커지면 환경 저항을 더 많이 받게 된다. 따라서 (나)에서 환경 저항은 구간 III에서가 구간 II에서보다 크다.  
 (4) (나)의 구간 III에서 개체 수가 일정하게 유지되는 것은 사망률과 출생률이 같기 때문이다. 사망률이 출생률보다 크면 개체 수는 감소할 것이다.

- 01 ①    02 ④    03 ②    04 ②    05 ③    06 ④  
 07 ④    08 ④    09 ⑤    10 해설 참조    11 ④    12 ②  
 13 ①    14 ③    15 ④

01 ③ 생태계는 무기 환경인 비생물적 요인과 생태계 내의 모든 생물을 포함하는 생물적 요인으로 구성된다.

④ 생산자는 빛에너지를 이용하여 광합성을 통해 무기물로부터 유기물을 합성한다.

⑤ 소비자는 다른 생물을 먹이로 하여 유기물을 얻고, 분해자는 다른 생물의 사체나 배설물로부터 유기물을 얻어 이용하므로 소비자나 분해자는 모두 종속 영양 생물에 해당한다.

**바로알기** ① 개체군이란 일정한 지역에 같은 종의 개체가 무리를 이루어 생활하는 집단이므로 모두 같은 종이다.

02 ㄱ. 식물은 광합성을 하여 유기물을 스스로 합성하므로 생산자(A)에 해당한다.

ㄴ. B는 생산자, 소비자, 분해자로 구성된 생물적 요인이다.

**바로알기** ㄷ. 생물적 요인에 속하는 생산자(A)와 비생물적 요인의 무기 환경(빛, 물, 온도 등)은 서로 영향을 주고받는다.

03 (가)는 빛, 온도, 물, 공기 등의 비생물적 요인이 생물에 영향을 주는 작용이다.

ㄱ. 가을에 기온이 낮아져 은행나무 잎이 노랗게 변하는 것은 비생물적 요인(온도)이 생물(은행나무)에게 영향을 준 것이다. → (가) 작용

ㄴ. 일조 시간이 식물의 개화 시기에 영향을 주는 것은 비생물적 요인(일조 시간)이 생물(식물)에게 영향을 준 것이다. → (가) 작용

**바로알기** ㄴ. 지의류에 의해 바위의 토양화가 촉진되는 것은 생물(지의류)이 비생물 요인(바위)에 영향을 준 것이다. → 반작용

ㄷ. 지렁이가 토양 속에서 이동하여 토양의 통기성이 높아지는 것은 생물(지렁이)이 비생물적 요인(토양)에 영향을 준 것이다.

→ 반작용

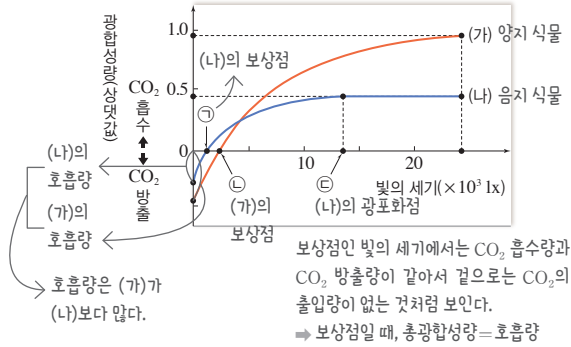
04 ㄷ. 버섯과 곰팡이는 토양 세균과 함께 분해자에 속한다. 분해자는 다른 생물의 사체나 배설물에 포함된 유기물을 무기물로 분해하며 살아간다.

**바로알기** ㄱ. 생태계의 구성에서 비생물적 요인의 예로는 빛, 온도, 물, 공기, 토양 등이 있다.

ㄴ. 광합성을 통해 스스로 무기물로부터 유기물을 합성하여 이용하는 생물을 독립 영양 생물이라 하며, 생태계 구성에서 생산자인 식물과 조류가 이에 해당한다. 반면 다른 생물을 먹이로 섭취하여 유기물을 얻는 소비자인 동물과 다른 생물의 사체나 배설물에 포함된 유기물을 이용하는 분해자인 버섯, 곰팡이, 세균은 모두 종속 영양 생물이다.

05 **꼼꼼 문제 분석**

양지 식물은 강한 빛에 적응한 식물이고, 음지 식물은 약한 빛에 적응한 식물이다. 따라서 광포화점은 양지 식물이 음지 식물보다 크다.



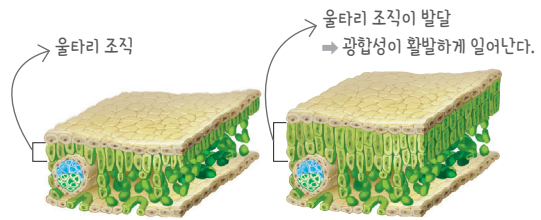
ㄷ. 보상점은 식물이 광합성을 하기 위해 흡수하는 CO<sub>2</sub>의 양과 호흡으로 방출하는 CO<sub>2</sub>의 양이 같을 때의 빛의 세기이므로 CO<sub>2</sub> 출입량이 0일 때의 빛의 세기이다. 따라서 ㉠은 (나)의 보상점, ㉢은 (가)의 보상점이며, ㉤일 때 (가)는 총광합성량과 호흡량이 같다.

ㄴ. ㉢은 (나)의 보상점이고, (가)의 보상점보다 약한 빛의 세기로, 이때 (가)의 호흡량은 총광합성량보다 많다. 따라서 빛의 세기가 ㉢일 때 (가)는 (나)보다 생존에 더 불리하다.

**바로알기** ㄱ. 광포화점이 높은 식물 (가)는 양지 식물이고, (나)는 음지 식물이다.

ㄴ. 광포화점은 광합성량이 증가하지 않는 최소한의 빛의 세기이다. 따라서 ㉡은 (나)의 광포화점이다.

06 **꼼꼼 문제 분석**



울타리 조직이 발달하여 잎이 두껍다. → 광합성이 활발하게 일어난다.  
 울타리 조직이 발달하지 않아 잎이 얇고 넓다. → 잎이 받는 빛의 양과 빛 투과율을 높이기 위한 것으로, 약한 빛에 적응한 결과이다.

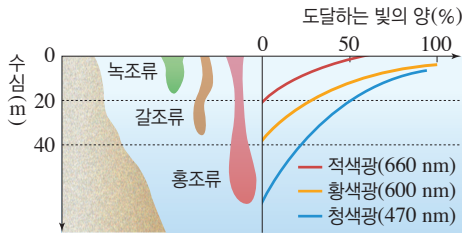
ㄴ. 음엽(가)은 약한 빛을 효율적으로 흡수할 수 있도록 잎이 얇고 넓게 발달되어 있어 잎이 받는 빛의 양과 빛 투과율을 높인다.

ㄷ. 양엽(나)은 울타리 조직이 발달하여 잎이 두껍고 광합성이 활발하게 일어난다.

**바로알기** ㄱ. 약한 빛에 적응한 잎은 음엽(가)이며, 강한 빛에 적응한 잎은 양엽(나)이다.



**07** ④ 바다의 깊이에 따라 투과되는 빛의 파장과 양이 달라 주로 분포하는 해조류의 종류도 다르다. 바다의 얇은 곳에는 적색 광을 주로 이용하는 녹조류가 많이 분포하고, 깊은 곳에는 청색 광을 주로 이용하는 홍조류가 많이 분포한다.



빛의 파장과 해조류의 분포

**08** 꼼꼼 문제 분석

위도에 따라 여우의 몸의 말단부와 몸집의 크기가 다른 것은 온도에 적응한 결과이다.



(가) 북극여우

추운 지역에 사는 여우는 몸의 말단부가 작고 몸집이 크다. → 몸의 부피에 대한 체표면적의 비율이 작아 열 손실을 줄인다.



(나) 사막여우

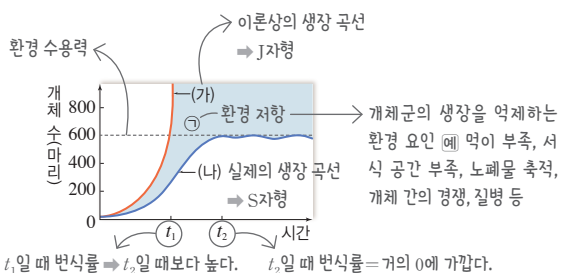
더운 지역에 사는 여우는 몸의 말단부가 크고 몸집이 작다. → 몸의 부피에 대한 체표면적의 비율이 커 열을 잘 방출한다.

ㄴ. 사막여우(나)는 북극여우(가)보다 몸의 말단부가 크고 몸집이 작아서 단위 부피당 외부로의 열 방출량이 많다. 이는 더운 지방에서 체온을 유지하는 데 유리하다.

ㄷ. 추운 지방에 사는 동물일수록 몸의 말단부가 작고 몸집이 큰 것은 열 방출량을 줄여 체온을 유지하기 위한 것이다. 따라서 두 여우의 몸의 말단부와 몸집의 크기가 다른 것은 생물이 온도에 적응한 결과이다.

**바로알기** ㄱ. 북극여우(가)는 몸의 말단부가 작고 몸집이 커서 열 방출량이 적다. 이는 추운 지방에서 체온을 유지하는 데 유리하다.

**[09~10]** 꼼꼼 문제 분석



$t_1$ 일 때 번식률  $\Rightarrow t_2$ 일 때보다 높다.  $t_2$ 일 때 번식률 = 거의 0에 가깝다.

**09** ① (가)는 개체 수가 생식 활동에 아무런 제약 없이 계속 증가하여 J자 모양의 성장 곡선을 나타내는 이론상의 성장 곡선이다. 그러나 자연 상태에서는 먹이 부족, 서식 공간 부족, 노폐물 증가 등의 환경 저항을 받기 때문에 어느 시점에 이르면 개체 수가 더 이상 증가하지 않고 일정한 수를 유지하는 S자 모양의 (나)와 같은 실제의 성장 곡선을 나타내게 된다.

② 환경 수용력은 주어진 환경에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기이며, 실제의 성장 곡선에서 최대로 증가할 수 있는 개체 수를 의미한다. 따라서 이 개체군의 환경 수용력은 600마리이다.

③ 한 시점에서 번식률은 그래프의 기울기로 판단할 수 있다. 따라서 (나)에서  $t_1$ 일 때의 번식률은 높지만  $t_2$ 일 때의 번식률은 거의 0에 가깝다는 것을 알 수 있다.

④ (나)에서  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 개체 수가 더 많으므로,  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 경쟁이 더 심하다는 것을 알 수 있다.

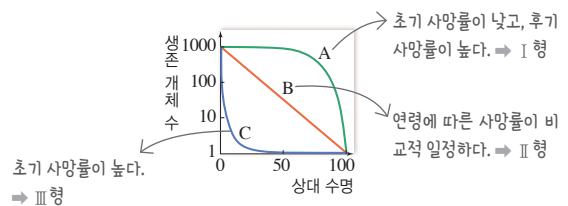
**바로알기** ⑤ (나)에서  $t_2$  이후에 개체 수가 더 이상 증가하지 않고 일정 수준을 유지하는 것은 환경 저항이 있기 때문이다.

**10** 이론상의 성장 곡선(J자 모양)과 실제의 성장 곡선(S자 모양) 간에 차이가 나타나는 까닭은 환경 저항(㉠) 때문이다. 환경 저항은 개체군의 성장을 억제하는 요인이다.

**모범 답안** 환경 저항, 환경 저항에는 먹이 부족, 서식 공간 부족 등이 있다.(노폐물 증가, 개체 간의 경쟁, 질병 등)

채점 기준	배점
환경 저항이라고 쓰고, 그 예를 두 가지 모두 옳게 서술한 경우	100 %
환경 저항이라 쓰고, 그 예를 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %
환경 저항이라고만 쓴 경우	30 %

**11** 꼼꼼 문제 분석



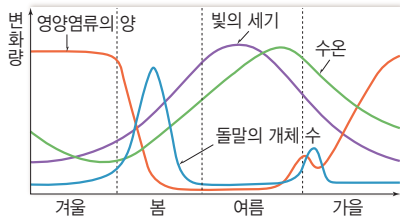
ㄱ. A가 초기 사망률이 낮은 것은 새끼일 때 부모의 보호를 받기 때문이다.

ㄴ. B는 생존 곡선 그래프의 기울기가 일정하므로 각 연령대에서 일정한 사망률을 보인다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. 사람과 코끼리는 A와 같은 생존 곡선을 나타낸다.

**바로알기** ㄷ. C는 A보다 많은 수의 자손을 낳지만 부모의 보호를 받지 못하여 어린 개체일 때의 사망률이 높다.

## 12 꼼꼼 문제 분석



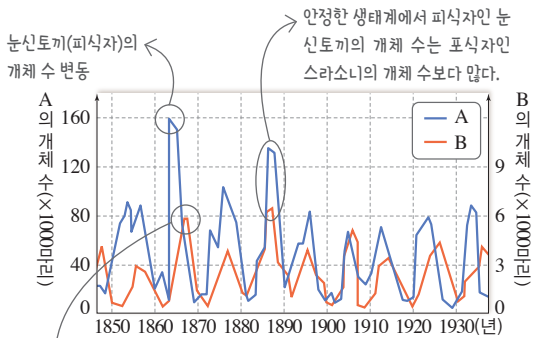
- 봄: 빛의 세기가 강해지고 수온이 상승하여 돌말의 개체 수가 증가한다.
- 여름: 빛의 세기와 수온의 조건은 좋으나 영양염류의 양이 부족하여 돌말의 개체 수가 감소한다.
- 가을: 영양염류의 양이 약간 증가하고 빛의 세기와 수온 조건이 나쁘지 않아 돌말의 개체 수가 약간 증가하였다가 빛의 세기와 수온이 감소하면서 다시 감소한다.

돌말 개체군은 빛의 세기, 수온, 영양염류의 양 등의 계절적 변화에 따라 개체군의 크기가 1년을 주기로 변한다.

- ① 이른 봄에 돌말의 개체 수가 급격히 증가하는 것은 영양염류의 양이 충분한 상태에서 빛의 세기가 강해지고 수온이 높아지기 때문이다.
- ③ 여름에 돌말의 개체 수가 적은 것은 영양염류의 양이 부족하기 때문이다. 따라서 여름에 영양염류의 양이 증가한다면 돌말의 개체 수가 급격히 증가하는데, 이러한 현상의 예가 적조 현상이다.
- ④ 초가을에 돌말의 개체 수가 약간 증가하는 것은 영양염류의 양이 다소 증가하였기 때문이다.
- ⑤ 겨울에 돌말의 개체 수가 적은 것은 영양염류의 양은 풍부하지만 빛의 세기가 약하고 수온이 낮기 때문이다. 따라서 겨울에 돌말의 개체 수는 빛의 세기와 수온에 의해 제한된다.

**바로알기** ② 늦은 봄에 돌말의 개체 수가 급격히 감소하는 것은 영양염류의 양이 부족하기 때문이다.

## 13 꼼꼼 문제 분석



- 스라소니(포식자)의 개체 수 변동 → 약 10년을 주기로 반복한다.  
 피식자가 증가하면 포식자도 증가한다.

ㄱ. 스라소니(육식 동물)는 눈신토끼(초식 동물)의 천적이므로 눈신토끼는 피식자, 스라소니는 포식자이다. A의 개체 수가 증가하고 감소함에 따라 B의 개체 수도 증가하고 감소하므로 A는 피식자인 눈신토끼의 개체 수 변동이고, B는 포식자인 스라소니의 개체 수 변동이다.

**바로알기** ㄴ. 개체군은 일정한 지역에 서식하는 같은 종의 집단을 말한다. 눈신토끼와 스라소니는 종이 다르므로 서로 다른 개체군이다. 따라서 이 지역에 서식하는 눈신토끼 개체군과 스라소니 개체군은 함께 군집을 형성한다.

ㄷ. 눈신토끼(A)의 개체 수가 증가하면 스라소니(B)의 개체 수가 증가하고, 스라소니(B)의 개체 수가 증가하면 눈신토끼(A)의 개체 수는 감소한다. 포식자와 피식자의 관계인 스라소니와 눈신토끼의 개체 수는 약 10년 주기로 변동한다는 것을 알 수 있다.

**14** ㄱ. 얼룩말이 일정한 서식 공간을 차지하고 다른 개체의 침입을 경계하는 것(가)은 개체군 내 상호 작용 중 텃세에 해당하며, 하천의 은어에서도 텃세가 나타난다. 은어는 각각의 서식 범위를 확보하여 세력권을 형성하며, 서식 범위가 정해져 있으면 공간과 먹이를 두고 불필요한 경쟁을 피할 수 있고, 특정 지역에서 은어의 개체 수가 지나치게 많아지는 것을 막을 수 있다.

ㄷ. 암탉들 사이에서 모이를 먹는 순서가 정해지는 것(나)은 개체군 내 상호 작용 중 순위제에 해당한다. 텃세(가)와 순위제(나)는 모두 개체 간의 불필요한 경쟁을 피하기 위한 상호 작용이다.

**바로알기** ㄴ. (나)는 개체군 내 모든 개체들의 서열이 정해져 있는 순위제에 해당하는 예이다. 리더제는 리더를 제외한 나머지 개체들 간에 서열이 없다.

**15** ④ 큰뿔양 수컷들이 뿔의 크기 비교나 뿔 치기로 서열을 정해 먹이 획득과 번식 과정에서의 불필요한 경쟁을 줄이는 것은 개체군 내 상호 작용 중 순위제에 해당한다. 일본원숭이가 힘의 세기로 정한 순위에 따라 암컷을 차지하는 것이나 닭이 싸움으로 정한 순위에 따라 모이를 먹는 것도 순위제의 예에 해당한다.

**바로알기** ① 개미 개체군에서 여왕개미, 병정개미, 일개미의 역할이 분담되고 이들의 협력으로 전체 개체군이 유지되는 것은 사회 생활의 예이다.

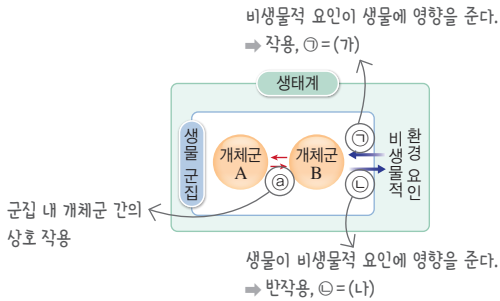
② 사자가 혈연관계의 개체들과 무리 지어 생활하는 것은 가족 생활의 예이다.

③ 양떼가 목초지를 이동할 때 경험이 많은 한 개체가 리더가 되어 전체 무리를 이끄는 것은 리더제의 예이다.

⑤ 수컷 버들붕어가 암컷을 차지하기 위해 자신의 세력권에 접근한 다른 수컷을 공격하는 것은 텃세의 예이다.

- 01 ③ 02 ③ 03 ③ 04 ⑤

01 품공 문제 분석



상호 작용	예
⊕ (가)	빛의 파장에 따라 해조류의 분포가 달라진다.
⊖ (나)	?

ㄱ. 수십벌 도달하는 빛의 파장(비생물적 요인)에 따라 바닷속에 서식하는 해조류(생물)의 분포가 달라지는 것은 비생물적 요인이 생물에 영향을 미치는 경우이므로 작용(가)에 해당한다. 따라서 (가)는 ⊕이고, (나)는 ⊖이다.

ㄴ. 숲(생물)이 우거질수록 지표면에 도달하는 빛의 양(비생물적 요인)이 적어지는 것은 생물이 비생물적 요인에 영향을 미치는 경우이므로 (나)의 예에 해당한다.

**바로알기** ㄴ. ⊕는 군집 내 서로 다른 개체군 사이의 상호 작용에 해당한다. 리터제는 개체군 내의 상호 작용의 예이다.

02 ③ 식물의 낙엽(생물)이 토양(비생물적 요인)을 비옥하게 하는 것, 질소 고정 세균(생물)에 의해 토양의 암모늄 이온(비생물적 요인)이 증가하는 것, 식물(생물)의 광합성과 호흡이 대기 중 산소와 이산화 탄소 조성(비생물적 요인)에 영향을 주는 것은 모두 생물이 비생물적 요인에 영향을 주는 반작용의 예이다. 숲(생물)이 우거질수록 토양 수분(비생물적 요인)의 증발량이 감소하는 것도 반작용의 예이다.

**바로알기** ① 빛의 세기(비생물적 요인)에 따라 잎(생물적 요인)의 두께가 달라지는 것은 작용의 예이다.

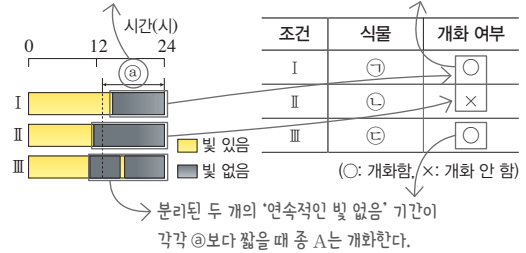
② 위도(비생물적 요인)에 따라 식물 군집(생물적 요인)의 분포가 달라지는 것은 작용의 예이다.

④ 외래 생물(생물적 요인)이 토종 생물(생물적 요인)의 수에 영향을 주는 것은 생물 사이의 상호 작용의 예이다.

⑤ 고산 지대(비생물적 요인)에 사는 사람(생물적 요인)은 평지에 사는 사람보다 적혈구 수가 많은 것은 작용의 예이다.

03 품공 문제 분석

‘연속적인 빛 없음’ 기간이 임계 시간  
 임계 시간: 식물의 개화 여부를 결정하는 최  
 소한의 ‘연속적인 빛 없음’ 기간(밤의 길이)  
 ⊕보다 짧을 때 개화하고, 길 때는 개  
 화하지 않는다. ⇒ A는 장일 식물



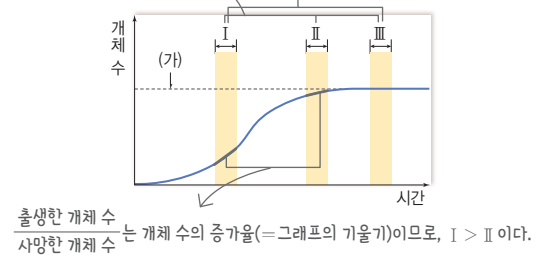
- 장일 식물: 낮의 길이가 길어지고 밤의 길이가 임계 시간보다 짧아지는 봄과 초여름에 개화하는 식물 예 보리, 꽃꽃 등
- 단일 식물: 낮의 길이가 짧아지고 밤의 길이가 임계 시간보다 길어지는 가을에 개화하는 식물 예 국화, 코스모스 등

ㄱ, ㄴ. ‘연속적인 빛 없음’ 기간이 ⊕보다 짧은 조건(I)에서 ⊕이 개화했으나 ‘연속적인 빛 없음’ 기간이 ⊕보다 긴 조건(II)에서 ⊖은 개화하지 않았다. 따라서 식물 중 A는 ‘연속적인 빛 없음’ 기간이 ⊕보다 짧을 때 개화하는 장일 식물이다.

**바로알기** ㄴ. ‘빛 없음’ 기간 중에 일시적으로 빛이 공급되어 ‘연속적인 빛 없음’ 기간이 두 개로 분리된 조건(III)에서 ⊖이 개화한 것으로 보아 두 개의 ‘연속적인 빛 없음’ 기간은 각각 ⊕보다 짧다. 또한 두 개의 ‘연속적인 빛 없음’ 기간이 합쳐져서 개화에 영향을 미치는 것이 아님을 알 수 있다.

04 품공 문제 분석

환경 저항은 개체 수가 증가할수록  
 커지므로, III > II > I이다.  
 개체군 밀도는 개체 수가 증가할수록 커지므로, III > I이다.



ㄱ. 출생한 개체 수  
 사망한 개체 수  
 는 구간별 개체 수의 증가율에 해당하므로  
 그래프의 기울기와 같다. 따라서 기울기가 큰 구간 I에서가 구간 II에서보다 크다.

ㄴ. 개체군 밀도는  $\frac{\text{개체 수}}{\text{서식 공간의 면적}}$ 인데 서식지의 크기가 일정  
 하므로 개체 수가 많은 구간 III에서가 구간 I에서보다 크다.

ㄷ. 환경 수용력(가)은 주어진 환경 조건에서 서식할 수 있는 개  
 체군의 최대 크기이다. 서식 공간이 증가하면 더 많은 개체가 서  
 식할 수 있으므로 환경 수용력(가)도 증가한다.

개념 확인 문제

277쪽

- ① 먹이 그물    ② 생태적 지위    ③ 우점종    ④ 지표종  
 ⑤ 초원    ⑥ 층상    ⑦ 생태 분포

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ×    2 (1) ⊖ (2) ⊖ (3) ⊖ (4) ⊖  
 3 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×    4 ㉠    5 교목층

1 (1) 먹이 사슬은 생산자 → 1차 소비자 → 2차 소비자 → ... → 최종 소비자까지 먹고 먹히는 관계를 나타낸 것이고, 먹이 사슬이 복잡하게 얽혀 먹이 그물을 이룬다.  
 (2) 생태계에서 개체군이 담당하는 구조적·기능적 역할을 생태적 지위라고 하고, 생태적 지위에는 먹이 지위와 공간 지위가 있다.  
 (3) 삼림 군집의 층상 구조는 여러 식물들이 햇빛을 최대한 활용할 수 있는 구조로 발달되어 있으며, 아래로 내려갈수록 빛의 세기가 약해진다.  
 (4) 수평 분포는 위도에 따라 기온과 강수량의 차이로 나타나는 것이고, 수직 분포는 특정 지역에서 고도에 따른 기온 차이로 나타나는 것이다.

2 (1) 우점종은 개체 수가 많거나 넓은 면적을 차지하는 종으로, 군집에서 가장 큰 비중을 차지하여 그 군집을 대표하는 종이다.  
 (2) 희소종은 군집에서 개체 수가 매우 적어 보호가 필요한 종이다.  
 (3) 지표종은 특정 지역이나 환경에만 출현하는 종으로, 그 군집을 다른 군집과 구별해 주는 지표가 되는 종이다.  
 (4) 핵심종은 우점종은 아니지만 그 군집의 구조에 결정적인 영향을 미치는 종이다.

3 (1) 방형구 안에 있는 각 식물 종의 개체 수를 이용하여 밀도를 구한다.  
 (2) 종이 출현한 방형구 수를 이용하여 빈도를 구하고, 피도는 각 종이 차지하고 있는 면적을 이용하여 구한다.  
 (3), (4) 중요치는 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 합한 값으로, 중요치가 가장 높은 종이 그 군집의 우점종이다.

4 ㉠ 사막은 강수량이 매우 적거나 기온이 매우 낮아 식물이 서식하기 어려운 지역에 발달한다.

**바로알기** ① 삼림은 강수량이 많고 식물이 자라기에 기온이 적당한 지역에 발달하는 군집으로, 많은 종류의 목본과 초본 개체군이 함께 자란다. 삼림에는 열대 우림, 온대림, 북부 침엽수림 등이 있다.

② 초원은 삼림보다 강수량이 적은 지역에 형성되는 초본 개체군 중심의 군집으로, 열대 초원, 온대 초원 등이 있다.

- ④ 담수 군집은 하천, 호수, 강에 형성되는 수생 군집이다.  
 ⑤ 해수 군집은 바다에 형성되는 수생 군집이다.

5 교목층은 층상 구조 중 가장 상층부로, 가장 강한 빛을 받아 광합성이 활발하게 일어난다.

개념 확인 문제

282쪽

- ① 천이    ② 1차 천이    ③ 2차 천이    ④ 경쟁    ⑤ 분서  
 ⑥ 상리    ⑦ 편리    ⑧ 기생    ⑨ 포식과 피식

- 1 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) ×    2 (1) 경쟁·배타 원리  
 (2) 숙주 (3) ㉠ 포식자, ㉡ 피식자    3 (1) b (2) d (3) l (4) r  
 (5) m (6) r    4 ㉡

1 (1), (2) 건성 천이는 바위, 용암 대지와 같은 건조하고 척박한 땅에 개척자인 지의류가 들어오면서 시작되는 천이이고, 습성 천이는 빈영양호에 유기물 등의 퇴적물이 쌓여 형성된 습지에 이끼류가 들어오면서 시작되는 천이이다.

(3) 극상은 천이의 마지막 단계로 가장 안정된 군집 상태이다. 천이를 시작하는 생물은 개척자라고 한다.

(4) 천이 과정에서 식물 군집은 강한 빛에서 잘 자라는 양수에 의해 먼저 양수림이 형성되고, 그 아래에 비교적 약한 빛에서도 잘 자라는 음수가 자라 혼합림을 거쳐 점차 음수림으로 바뀐다.

(5) 2차 천이는 버려진 경작지나 기존의 식물 군집이 산불이나 산사태 등으로 불모지가 된 곳에서 토양 내 살아남은 종자나 식물 뿌리 등에 의해 다시 시작되는 천이이다. 초원부터 시작되며, 1차 천이에 비해 천이의 진행 속도가 빠르다.

2 (1) 생태적 지위가 비슷한 두 개체군 사이에서 심한 경쟁이 일어나 경쟁에서 진 개체군이 도태되어 완전히 사라지는 것을 경쟁·배타 원리라고 한다.

(2) 기생 관계에서 이익을 얻는 생물은 기생 생물이고, 손해를 입는 생물은 숙주이다.

(3) 서로 다른 개체군(종) 사이에서 다른 생물을 잡아먹는 생물은 포식자이고, 잡아먹히는 생물은 피식자이다.

3 (1) 영양을 잡아먹는 사자는 포식자이고, 잡아먹히는 영양은 피식자이다. ➔ 포식과 피식(ㅅ)

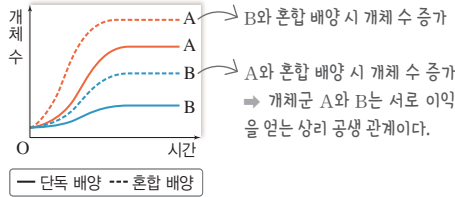
(2) 따개비는 흑등고래의 몸에 붙어 이동을 쉽게 하므로 이익을 얻지만, 흑등고래는 이익도 손해도 없다. ➔ 편리공생(ㄷ)

(3) 피라미와 은어는 생태적 지위가 비슷하여 이들이 함께 서식하면 경쟁이 일어나므로 서식지와 먹이를 달리하여 경쟁을 피한다. ➔ 분서(ㄴ)



- (4) 기생충은 동물의 몸속에 살면서 양분을 흡수하여 이익을 얻지만, 동물은 손해를 입는다. → 기생(ㄱ)
- (5) 생태적 지위가 비슷한 두 종의 짝신벌레가 한 공간에서 경쟁한 결과 한 종만 살아남는 경쟁·배타가 일어난 것이다. → 중간 경쟁(ㄹ)
- (6) 말미잘은 흰동가리가 유인한 먹이를 먹고, 흰동가리는 말미잘의 보호를 받으므로 서로 이익을 얻는다. → 상리 공생(ㄷ)

#### 4 품공 문제 분석



- ④ 개체군 A와 B는 모두 혼합 배양할 때가 단독 배양할 때보다 개체 수가 증가하였다. 이를 통해 개체군 A와 B는 서로 이익을 얻는 상리 공생 관계임을 알 수 있다.

#### 대표 자료 분석

283~284쪽

- 자료 1** 1 (1) 개체 수 (2) 빈도 (3) 상대 피도 (4) 우점종  
 2 (1) ㉠ 0.5, ㉡ 5, ㉢ 0.08, ㉣ 6, ㉤ 1 (2) ㉠ 12, ㉡ 20, ㉢ 40, ㉣ 32, ㉤ 112, ㉥ 48, ㉦ 48, ㉧ 136 (3) 종 C
- 자료 2** 1 A: 양수림, B: 음수림 2 (1) 지의류 (2) B(음수림)  
 3 (1) ㉠ (2) × (3) ㉠ (4) × (5) × (6) ㉠ (7) ㉠
- 자료 3** 1 ㉠ 중간 경쟁, ㉡ 상리 공생 2 (나) □ (다) ×  
 3 (1) × (2) × (3) × (4) ㉠ (5) ×
- 자료 4** 1 ㉠ 포식과 피식, ㉡ 편리공생, ㉢ 상리 공생, ㉣ 중간 경쟁 2 경쟁·배타 3 (1) ㉠ (2) ㉠ (3) ㉠ (4) ㉠ (5) ㉠

1-2 (1) 밀도는  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{전체 방형구의 면적(m}^2\text{)}}$ 이고,

빈도는  $\frac{\text{특정 종이 출현한 방형구 수}}{\text{전체 방형구의 수}}$ 이며,

피도는  $\frac{\text{특정 종이 차지한 점유 면적(m}^2\text{)}}{\text{전체 방형구의 면적(m}^2\text{)}}$ 이다.

따라서 B의 밀도는  $\frac{10}{2 \text{ m}^2} = 5/\text{m}^2$ 이고, C의 밀도는  $\frac{12}{2 \text{ m}^2} = 6/\text{m}^2$

이다. A의 빈도는  $\frac{1}{2} = 0.5$ 이고, C의 빈도는  $\frac{2}{2} = 1$ 이다. B의

피도는  $\frac{0.16 \text{ m}^2}{2 \text{ m}^2} = 0.08$ 이다.

(2) 상대 밀도(%)는  $\frac{\text{특정 종의 밀도}}{\text{조사한 모든 종의 밀도 합}} \times 100$ 이고,

상대 빈도(%)는  $\frac{\text{특정 종의 빈도}}{\text{조사한 모든 종의 빈도 합}} \times 100$ 이며,

상대 피도(%)는  $\frac{\text{특정 종의 피도}}{\text{조사한 모든 종의 피도 합}} \times 100$ 이다.

상대 밀도는 A가  $\frac{1.5}{12.5} \times 100 = 12 \%$ 이고, C가  $\frac{6}{12.5} \times$

$100 = 48 \%$ 이다. 상대 빈도는 A가  $\frac{0.5}{2.5} \times 100 = 20 \%$ 이고, B

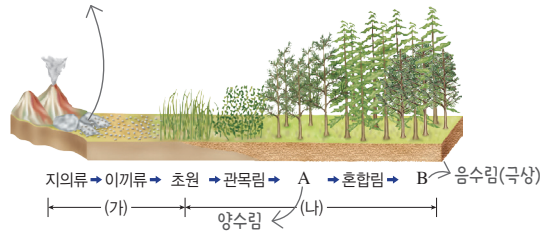
가  $\frac{1}{2.5} \times 100 = 40 \%$ 이다. 상대 피도는 B가  $\frac{0.08}{0.25} \times 100 =$

$32 \%$ 이고, C가  $\frac{0.12}{0.25} \times 100 = 48 \%$ 이다.

- (3) 중요치는 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 합한 값이므로 각 중요치를 구하면 A는 52, B는 112, C는 136이다. 중요치가 높은 종이 우점종이므로 이 식물 군집에서 우점종은 종 C이다.

#### 2-1 품공 문제 분석

화산 활동으로 형성된 용암 대지, 바위 등과 같은 건조하고 척박한 땅에 개척자인 지의류가 들어오면서 천이 과정이 시작된다. → 건설 천이



• (가): 지의류가 들어와 약간의 토양이 형성되고 토양에 수분 함량이 높아지면서 이끼류가 들어온다. 점차 토양층이 발달하면서 풀이 자라는 초원이 된다.

• (나): 토양에 양분이 축적되면서 관목이 자란다. 숲 형성 초기에는 소나무와 같은 양수로 구성된 양수림이 형성되고, 그 아래에 약한 빛에서도 잘 자라는 음수가 자란다. 이후 혼합림을 거쳐 음수림으로 바뀌고 안정된 군집을 형성하여 극상을 이룬다.

천이 과정의 초기에는 지표면에 도달하는 빛의 세기가 강하므로 강한 빛에서 잘 자라는 양수가 들어와 양수림(A)을 이룬다.

이후 지표면에 도달하는 빛의 세기가 약해짐에 따라 양수림 아래에서 비교적 약한 빛에서도 잘 자라는 음수가 자라 혼합림이 되었다가 양수가 쇠퇴하고 음수림(B)을 이룬다.

2-2 (1) 개척자는 불모지에 가장 먼저 정착하는 생물이다. 1차 건설 천이 과정에서 개척자는 지의류이며, 지의류에 의해 토양층이 형성된다. 이 천이 과정은 지의류, 이끼류가 포함된 1차 건설 천이 과정이다.

(2) 천이 과정에서 마지막 단계인 안정된 군집 상태를 극상이라고 하며, 음수림(B)이 이에 해당한다.

**2-3** (1), (2) 이 천이는 화산에서 흘러나온 용암이 굳어 형성된 용암 대지에서 시작되므로 1차 천이이며, 건조한 환경에서 시작되므로 건성 천이이다.

(3) 건성 천이의 초기에는 불모지에 토양이 형성되고 수분량이 점차 증가함에 따라 지의류 → 이끼류 → 초본류의 순으로 천이가 진행된다. 따라서 천이의 초기 과정 (가)에서 천이에 가장 큰 영향을 미치는 환경 요인은 토양의 형성 속도와 수분량이다.

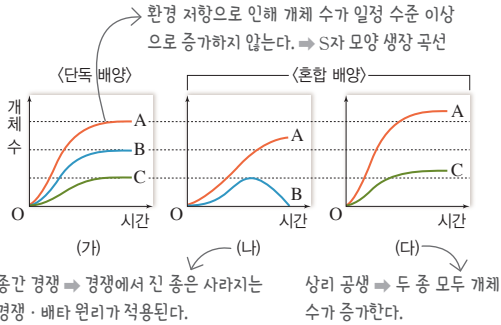
(4) (나)에서 천이가 진행될수록 숲이 무성해지므로 지표면에 도달하는 빛의 세기는 감소한다.

(5) 양수림(A)이 형성되면 빛이 가려져 숲의 하층으로 도달하는 빛이 크게 줄어 숲의 하층에는 비교적 약한 빛에서도 잘 자라는 음수 묘목이 늘어난다.

(6) 음수림(B) 상태에서 산불이 나면 생물은 거의 없어지지만 토양과 일부 생물의 종자 및 뿌리는 남아 있으므로 초원부터 시작되는 2차 천이가 빠르게 진행된다.

(7) 양수는 음수보다 강한 빛에 적응하여 울타리 조직이 발달된 잎을 가진다. 따라서 양수림(A)의 우점종이 음수림(B)의 우점종보다 잎의 평균 두께가 두껍다.

**3-1** **꼼꼼 문제 분석**



• (나)에서 종 A와 종 B를 혼합 배양하였을 때에는 종 A만 살아남고 종 B는 사라졌다. 이는 종 A와 종 B가 먹이와 서식지를 차지하기 위해 경쟁하였기 때문이므로 종 A와 종 B는 종간 경쟁(㉠) 관계이다.

• (다)에서 종 A와 종 C를 혼합 배양하였을 때에는 종 A와 종 C를 단독 배양하였을 때보다 모두 개체 수가 증가하였다. 이는 종 A와 종 C가 서로 이익을 얻었기 때문이므로 종 A와 종 C는 상리 공생(㉡) 관계이다.

**3-2** 르. 흰동가리는 말미잘의 촉수로 인해 포식자로부터 보호받고, 말미잘은 촉수 사이의 찌꺼기와 병든 촉수를 제거하는 데 흰동가리의 도움을 받으며 흰동가리가 유인한 먹이를 함께 먹으므로 서로 이익을 주므로 흰동가리와 말미잘은 상리 공생 관계이다. ⇒ (다)

ㄱ. 먹이가 같은 애기짚신벌레 종과 짚신벌레 종은 먹이를 차지하기 위해 경쟁하는 종간 경쟁 관계이다. ⇒ (나)

**바로알기** ㄱ. 피라미가 수서 곤충, 유기물, 식물 플랑크톤을 먹으며 사는 곳에 갈겨니가 이주해 오면 피라미는 수서 곤충을 적게 먹고 유기물과 식물 플랑크톤을 주로 먹어 갈겨니와의 경쟁을 피한다. 즉, 피라미와 갈겨니는 먹이를 분리하는 분서 관계이다.

ㄴ. 빨판상어는 거북의 몸에 붙어살면서 쉽게 이동하고 먹이를 얻으며 보호받지만 거북은 이익도 손해도 없다. 따라서 빨판상어와 거북은 편리공생 관계이다.

ㄷ. 스라소니와 눈신토끼는 포식과 피식의 관계이다.

**3-3** (1) 종 A와 종 B를 혼합 배양하였을 때 종 A만 살아남고 종 B는 사라졌으므로 종 A와 종 B는 종간 경쟁 관계이다. 만약 종 A가 종 B의 포식자라면 종 B의 개체 수가 증가하고 감소함에 따라 종 A의 개체 수도 증가하고 감소해야 한다.

(2) 종 A와 종 C는 서로 이익을 얻는 상리 공생 관계로 생태적 지위가 다르다. 생태적 지위가 비슷하다면 종 A와 종 C를 혼합 배양하였을 때 경쟁이 일어날 것이다.

(3) 종 C의 주기적 증감에 따른 종 A의 주기적 증감이 나타나지 않으므로 종 A와 종 C는 포식자와 피식자의 관계로 볼 수 없다.

(4) (가)에서 종 A~C를 각각 단독 배양하였을 때 개체 수가 일정 수 이상으로 증가하지 않고 S자 모양의 성장 곡선을 나타내는 것은 환경 저항을 받았기 때문이다.

(5) 경쟁·배타 원리는 생태적 지위가 비슷한 두 개체군의 경쟁 결과 한쪽 개체군만 살아남고, 다른 개체군은 도태되어 서식지에서 사라지는 것이므로 (나)에서만 경쟁·배타 원리가 적용된다.

**4-1** 한쪽은 손해를 입고, 다른 한쪽은 이익을 얻는 ㉠은 먹고 먹히는 관계인 피식과 포식, 한쪽은 이익을 얻고 다른 한쪽은 이익도 손해도 없는 ㉡은 편리공생, 두 개체군 모두 이익을 얻는 ㉢은 상리 공생, 두 개체군 모두 손해를 입는 ㉣은 종간 경쟁이다.

**4-2** 생태적 지위가 비슷한 두 개체군이 함께 살면 개체군 사이에서 한정된 자원이나 서식지를 차지하지 위한 종간 경쟁(㉠)이 일어난다. 경쟁에서 이긴 개체군은 살아남고, 경쟁에서 진 개체군은 도태되어 사라지는 경쟁·배타 원리가 적용된다.

**4-3** (1) 기생 관계에서 손해를 입는 X는 숙주에 해당한다. (2) 스라소니는 눈신토끼를 잡아 먹고 산다. 따라서 두 종의 상호 작용은 포식과 피식(㉠)에 해당한다.

(3) 생태적 지위가 비슷할수록 경쟁이 심해지므로 은어와 피라미는 먹이와 서식지를 분리하는 분서를 하여 경쟁을 피한다.

(4) 빨판상어는 거북의 몸에 붙어 쉽게 이동하고 먹이를 얻으며 보호받지만 거북은 이익도 손해도 없으므로, 두 종의 상호 작용은 편리공생(㉡)에 해당한다.

(5) 콩과식물은 뿌리혹박테리아가 고정해 준 질소를 이용하고, 뿌리혹박테리아는 콩과식물로부터 양분을 공급받으므로, 두 종의 상호 작용은 상리 공생(㉢)에 해당한다.

- 01 ㉔    02 ㉔    03 ㉔ 0.5, ㉔ 3/m<sup>2</sup>, ㉔ 0.12    04 ㉔  
 12.5, ㉔ 40, ㉔ 48, ㉔ 138    05 해설 참조    06 ㉔    07  
 ②    08 ②    09 ①    10 해설 참조    11 ㉔    12 ③  
 13 ㉔    14 ⑤    15 ㉔    16 ㉔    17 ③    18 ㉔

01 ㉔. 먹이 사슬의 각 단계를 이루는 생물종이 다양할수록 먹이 그물이 복잡해져 군집이 안정화된다.

㉔, ㉔. 생태계에서 개체군이 담당하는 구조적·기능적 역할을 생태적 지위라고 하는데, 개체군이 먹이 사슬에서 차지하는 위치를 먹이 지위라 하고, 개체군이 차지하는 서식 공간을 공간 지위라고 한다. 군집은 군집 내 개체군이 자신의 생태적 지위를 지킴으로써 유지된다.

**바로알기** ㉔. 군집 내에서는 먹이 사슬 여러 개가 복잡하게 얽혀 마치 그물처럼 복잡하게 나타나는 먹이 그물을 형성한다.

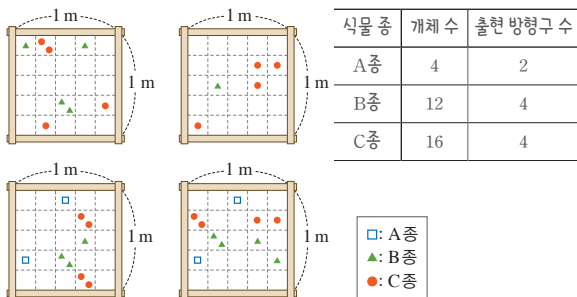
02 ㉔ 우점종은 군집에서 개체 수가 많거나 넓은 면적을 차지하여 그 군집을 대표할 수 있는 종을 말한다. 우점종은 그 군집의 구조나 환경에 큰 영향을 미친다.

**바로알기** ①, ③ 지의류는 이산화 황의 오염 정도에 대한 지표종으로, 지표종은 특정 환경 조건을 충족하는 군집에서만 출현하여 그 군집의 특징을 나타내는 종이다.

② 군집에서 개체 수가 매우 적어 보호가 필요한 종을 희소종이라고 한다.

⑤ 우점종은 아니지만 군집의 구조에 결정적인 영향을 미치는 개체군은 핵심종이다.

**03~05**    **꼼꼼 문제 분석**



03 ㉔ 전체 방형구의 수는 4개이고, A종은 이 중 2개의 방형구에서만 나타났다. 따라서 A종의 빈도는  $\frac{2}{4}=0.5$ 이다.

㉔ 방형구 4개의 전체 면적은  $1\text{ m}^2 \times 4\text{ 개} = 4\text{ m}^2$ 이고, B종의 개체 수는 12이다. 따라서 B종의 밀도는  $\frac{12}{4\text{ m}^2}=3/\text{m}^2$ 이다.

㉔ 방형구가 25개의 칸으로 이루어져 있으므로 방형구 한 칸의 면적은  $\frac{1\text{ m}^2}{25}=0.04\text{ m}^2$ 이며, C종은 전체 방형구에서 12개의 칸에 출현했으므로 C종이 차지하는 면적은  $0.04\text{ m}^2 \times 12$ 이다. 따라서 C종의 피도는  $\frac{0.04\text{ m}^2 \times 12}{4\text{ m}^2}=0.12$ 이다.

식물 종	밀도	빈도	피도
A종	$\frac{4}{4\text{ m}^2}=1/\text{m}^2$	$\frac{2}{4}=0.5$	$\frac{0.04\text{ m}^2 \times 4}{4\text{ m}^2}=0.04$
B종	$\frac{12}{4\text{ m}^2}=3/\text{m}^2$	$\frac{4}{4}=1$	$\frac{0.04\text{ m}^2 \times 9}{4\text{ m}^2}=0.09$
C종	$\frac{16}{4\text{ m}^2}=4/\text{m}^2$	$\frac{4}{4}=1$	$\frac{0.04\text{ m}^2 \times 12}{4\text{ m}^2}=0.12$
합계	8	2.5	0.25

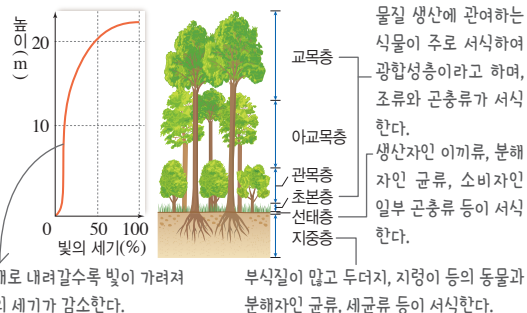
04 중요치는 상대 밀도+상대 빈도+상대 피도이다.

식물 종	상대 밀도 (%)	상대 빈도 (%)	상대 피도 (%)	중요치
A종	$\frac{1}{8} \times 100 = 12.5$ (㉔)	$\frac{0.5}{2.5} \times 100 = 20$	$\frac{0.04}{0.25} \times 100 = 16$	$12.5 + 20 + 16 = 48.5$
B종	$\frac{3}{8} \times 100 = 37.5$	$\frac{1}{2.5} \times 100 = 40$ (㉔)	$\frac{0.09}{0.25} \times 100 = 36$	$37.5 + 40 + 36 = 113.5$
C종	$\frac{4}{8} \times 100 = 50$	$\frac{1}{2.5} \times 100 = 40$	$\frac{0.12}{0.25} \times 100 = 48$ (㉔)	$50 + 40 + 48 = 138$ (㉔)

05 **모범 답안** C종, 중요치가 가장 높기 때문이다.

채점 기준	배점
우점종을 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 옮겨 서술한 경우	100 %
우점종만 옮겨 쓴 경우	30 %

**06**    **꼼꼼 문제 분석**



① 식물 군집의 층상 구조에서 교목층은 높이가 가장 높아 빛을 직접 받으므로 다른 층에 비해 강한 빛을 받는 층이며, 광합성이 활발하게 일어난다.

② 선태층은 낙엽이나 썩은 나무가 있는 층이다. 선태층에는 생산자인 이끼류, 소비자인 거미와 지네, 분해자인 곰팡이(균류) 등이 서식한다. 따라서 선태층에는 생산자, 소비자, 분해자가 모두 서식한다.

③ 지중층은 낙엽이나 사체가 썩으면서 만들어지는 부식질이 많고, 지렁이, 두더지, 균류, 세균류 등이 주로 서식한다.

⑤ 삼림의 층상 구조는 빛의 세기와 양 등에 따라 수직적으로 몇 개의 층으로 구성된 것으로, 여러 식물들이 햇빛을 최대한 활용할 수 있는 구조로 되어 있다.

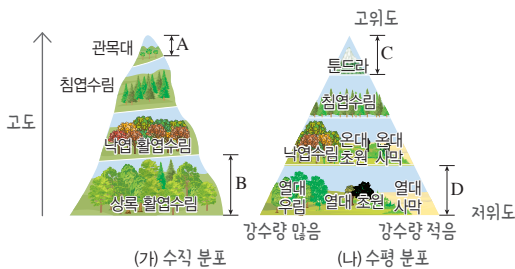
**바로알기** ④ 층상 구조에서 아래로 내려갈수록 나무들에 의해 빛이 가려져 빛의 세기는 감소한다.

**07** **ㄷ.** 군집의 생태 분포는 수평 분포와 수직 분포로 구분한다. 수평 분포는 위도에 따른 기온과 강수량의 차이로 나타나는 군집 분포이고, 수직 분포는 특정 지역에서 고도에 따른 기온 차이로 나타나는 군집 분포이다. 따라서 이 분포는 수평 분포에 해당한다.

**바로알기** **ㄱ.** (가)는 연평균 기온이 높고 강수량이 많은 저위도의 열대 지방에서 형성되는 삼림인 열대 우림이고, (나)는 중위도의 온대 지방에서 형성되는 삼림인 낙엽수림이다.

**ㄴ.** (다)는 고위도의 아한대 지방에서 형성되는 삼림인 침엽수림이고, (라)는 한대 지방과 극지방 부근에 일시적으로 형성되는 한대 사막인 툰드라이다. 툰드라는 짧은 기간 동안 이끼류와 같은 일부 식물만 자란다. 따라서 (라)가 (다)보다 고위도 지역에 분포한다.

**08** **꼼꼼 문제 분석**



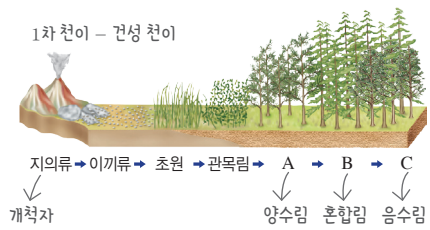
- (가): A 지역에는 관목림이 존재하고, B 지역에는 상록 활엽수림이 존재한다. → A 지역의 고도가 B 지역보다 높으며, A 지역의 기온이 B 지역보다 낮다.
- (나): C 지역에는 툰드라, D 지역에는 열대 우림, 열대 초원, 열대 사막이 존재한다. → C 지역이 D 지역보다 위도가 높으며, C 지역의 기온이 D 지역보다 낮다. 그리고 D 지역에서 열대 우림, 열대 초원, 열대 사막으로 갈수록 강수량이 적다.

**ㄴ.** (가)는 고도에 따른 기온 차이로 나타나는 수직 분포로, A 지역은 B 지역보다 고도가 높으므로 기온이 낮다.

**바로알기** **ㄱ.** (가)는 수직 분포, (나)는 수평 분포에 해당한다.

**ㄷ.** (나)는 위도에 따른 기온과 강수량의 차이로 나타나는 수평 분포로, C 지역은 극지방의 툰드라, D 지역은 적도 지방의 열대 우림, 열대 초원, 열대 사막이 해당된다. 따라서 C 지역이 D 지역보다 위도가 높다.

**[09~10]** **꼼꼼 문제 분석**



- 양수림: 강한 빛에 적응한 식물 군집
- 음수림: 약한 빛에 적응한 식물 군집
- 지표면에 도달하는 빛의 세기가 감소하여 양수림에서 음수림으로 천이가 진행된다.

**09** ② 점토, 바위, 모래, 자갈 등과 같은 건조하고 척박한 땅에 개척자인 지의류가 들어오면 토양층이 형성되기 시작하고, 이끼류가 자란다.

③ B는 양수림과 음수림 사이의 중간 단계인 혼합림으로, 먼저 강한 빛에 적응한 양수림이 형성되고, 양수림 아래에 비교적 약한 빛에서도 잘 자라는 음수가 함께 군집을 이룬다.

④ 극상은 천이 마지막의 안정된 군집 상태로, 음수림(C)에서 극상을 이룬다.

⑤ 천이 과정에서 식물 군집이 발달함에 따라 지표면에 도달하는 빛의 양이 감소하기 때문에 양수림(A)에서 음수림(C)으로 천이가 일어난다. 따라서 양수림(A) → 혼합림(B) → 음수림(C)으로 천이되는 과정에서 빛의 세기가 천이에 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용한다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ① 화산 활동으로 형성된 용암 대지와 같은 척박한 땅에 개척자인 지의류가 들어오면서 천이가 시작되는 1차 천이 과정이다.

**10** 산불 발생 후 다시 시작되는 천이는 2차 천이이다. 2차 천이는 주로 초본이 개척자로 들어와 초원부터 시작하며, 1차 천이에 비해 천이의 진행 속도가 빠르다.

**모범 답안** 초원, 산불로 불모지가 되었지만 유기물 등이 충분한 토양이 있고, 토양에 기존 식물의 종자나 식물 뿌리가 남아 있기 때문이다.

채점 기준	배점
초원이라고 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
초원이라고만 쓴 경우	30 %



### 11 꼼꼼 문제 분석

1차 천이 - 습성 천이



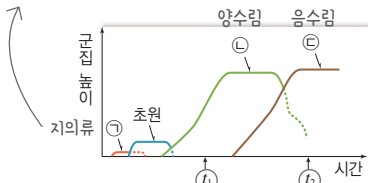
습성 천이는 호수, 연못과 같은 수분이 많은 곳에서 시작되는 천이로, 초원부터 관목림, 양수림, 혼합림, 음수림까지는 건성 천이와 같은 과정을 거친다.

ㄴ, ㄷ. 호수부터 시작하므로 습성 천이이다. 습성 천이는 호수(빈영양호 → 부영양호) → 습원 → 초원 → 관목림 → 양수림 → 혼합림 → 음수림의 단계로 진행되므로, A는 초원, B는 양수림이고 C는 음수림이다. 양수의 종자는 음수의 종자에 비해 작거나 날개가 있어 이동성이 크기 때문에 양수가 음수보다 먼저 들어와 식물 군집을 형성한다.

**바로알기** ㄱ. A의 천이 단계는 초원이므로 A의 우점종은 초본류의 식물 중 하나이다. 지의류는 1차 천이 중 건성 천이 과정에서 개척자이다.

### 12 꼼꼼 문제 분석

균류와 조류의 공생체로, 용암 대지와 같은 척박한 환경에서도 수분이 있으면 생존할 수 있어 토양을 형성하는 개척자의 역할을 한다.



군집의 높이가 낮은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 지표면에 도달하는 빛의 세기가 강하다. ⇒ 천이가 진행될수록 지표면에 도달하는 빛의 세기는 약해진다.

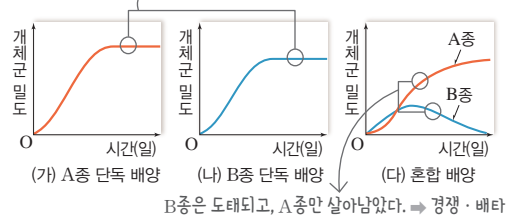
ㄱ. 지의류(㉠)부터 천이가 시작되므로 지역 A에서 일어나는 천이는 1차 천이 중 건성 천이에 해당한다.

ㄴ. 지의류(㉠)는 용암 대지와 같은 곳에서 처음으로 정착하여 토양을 형성하는 개척자의 역할을 한다.

**바로알기** ㄷ. 군집의 높이가 높을수록 층상 구조가 발달하여 숲이 무성하므로 지표면에 도달하는 빛의 세기는 감소한다. 따라서 지표면에 도달하는 빛의 세기는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 약하다. 군집이 양수림에서 음수림으로 천이가 진행되는 까닭은 양수 묘목은 생장에 많은 빛을 필요로 하지만 음수 묘목은 적은 양의 빛으로도 충분하기 때문이다. 양수림이 형성되어 빛을 가리게 되면 숲의 아래쪽에 자리잡은 양수 묘목보다 음수 묘목이 빛의 경쟁에서 유리하게 되므로 점차 양수림에서 혼합림(양수림 + 음수림)을 거쳐 음수림으로 바뀌게 된다.

### 13 꼼꼼 문제 분석

환경 저항에 의해 S자 모양의 성장 곡선을 나타낸다.



ㄴ, ㄷ. (다)에서 A종과 B종을 혼합 배양하였을 때 B종은 개체수가 점점 감소하여 사라지고 A종만 살아남았다. 이는 A종과 B종이 생태적 지위가 비슷하여 먹이와 서식지를 차지하기 위해 서로 경쟁하였기 때문이며, 이때 경쟁·배타 원리가 적용되었다.

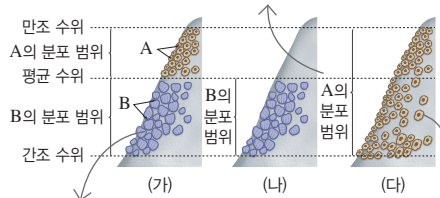
**바로알기** ㄱ. A종이 B종의 포식자라면 두 종을 혼합 배양하였을 때 B종의 개체수가 감소하면 A종의 개체수도 감소해야 한다.

14 ㄱ, ㄴ. 피라미와 은어는 먹이와 서식지가 비슷하여 같은 장소에서 생활할 때 발생하는 경쟁을 피하기 위해 서식지와 먹이를 달리하는데, 이를 생태 지위 분화(분서)라고 한다.

ㄷ. 북아메리카의 솔새는 한 나무에서 여러 종이 위치를 달리하여 서식지를 분리한다. 따라서 이는 분서의 예에 해당한다.

### 15 꼼꼼 문제 분석

A를 제거해도 B는 평균 수위 위쪽에 서식하지 않는다. ⇒ B는 건조에 대한 내성이 A보다 약하기 때문이다.



평균 수위 아래쪽에서 A와 B의 생태적 지위가 중복된다. ⇒ 평균 수위 아래쪽에 A와 B 간의 경쟁에서 진 A는 사라지고 B만 남았다(경쟁·배타 원리 적용).

B를 제거하면 A는 평균 수위 아래쪽에도 서식한다. ⇒ (가)에서 A의 분포 하한선은 경쟁에서 진 결과이기 때문이다.

ㄱ. (다)에서 A만 서식할 때에는 A는 평균 수위 아래쪽까지 서식하지만, (가)에서 A와 B가 함께 서식할 때에는 A는 평균 수위 위쪽에만 서식한다. 이는 평균 수위 아래쪽에서는 A와 B의 생태적 지위가 중복되어 A가 경쟁에서 졌기 때문이다.

ㄷ. (나)에서 B만 서식할 때에도 B는 (가)에서 A와 함께 서식할 때와 마찬가지로 평균 수위 위쪽에는 서식하지 않는다. 따라서 B가 평균 수위 위쪽에 서식하지 못하는 것은 건조에 약하기 때문이라고 볼 수 있다. 즉, (나)에서 B의 분포 상한선을 결정하는 요인은 건조에 대한 내성이다.

**바로알기** ㄴ. (가)에서 A와 B가 서식지를 두고 경쟁한 결과 A가 경쟁에 져서 평균 수위 아래쪽에 분포하지 못하는 것이므로, (가)에서 A의 분포 하한선을 결정하는 상호 작용은 중간 경쟁이다.



종 A의 상대 빈도는  $\frac{0.2}{0.2+0.28+0.32} \times 100 = 25\%$ 이고,

종 B의 상대 빈도는  $\frac{0.28}{0.2+0.28+0.32} \times 100 = 35\%$ 이다.

∴ 밀도 =  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{전체 방형구의 면적(m}^2\text{)}}$ 이고,

상대 밀도(%) =  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{모든 종의 개체 수 합}} \times 100$ 으로 구할 수 있다.

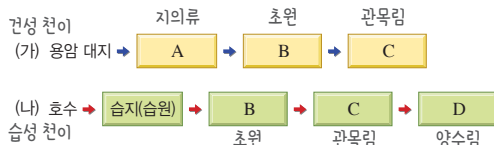
따라서 A의 상대 밀도는  $\frac{120}{120+30+100} \times 100 = 48\%$ 이고,

B의 상대 밀도는  $\frac{30}{120+30+100} \times 100 = 12\%$ 이며,

C의 상대 밀도는  $\frac{100}{120+30+100} \times 100 = 40\%$ 이다.

∴ A의 상대 피도가 55%이므로 B의 상대 피도와 C의 상대 피도를 합한 값이 45%이다. 중요치는 상대 밀도+상대 빈도+상대 피도이므로, A의 중요치는 48+25+55=128이다. B의 상대 피도와 C의 상대 피도를 알 수가 없으므로 B의 중요치와 C의 중요치를 구할 수는 없으나 C의 상대 피도를 최대값인 45%로 적용하여도 중요치는 A가 C보다 높다.

## 02 품목 문제 분석

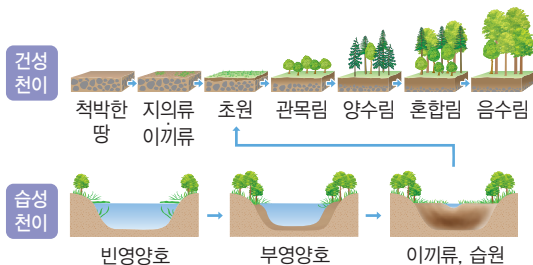


(가)는 1차 천이 중 건성 천이의 일부를 나타낸 것으로, A는 개척자인 지의류, B는 초원, C는 관목림이다. (나)는 1차 천이 중 습성 천이의 일부를 나타낸 것으로, B는 초원, C는 관목림, D는 양수림이다.

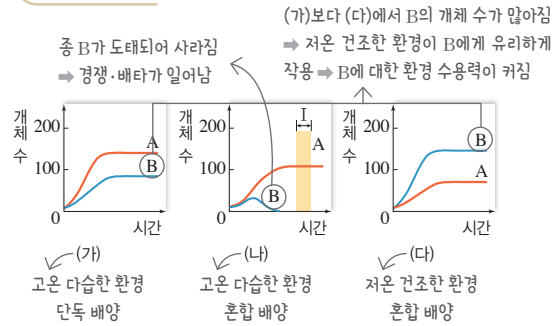
∴ (가)와 (나) 모두 토양이 없는 불모지에서 시작하므로 1차 천이 과정에 해당한다.

**바로알기** ∴ B는 초원이다.

∴ 양수림(D)에서 혼합림을 거쳐 음수림에 도달하면 극상을 이룬다.



## 03 품목 문제 분석



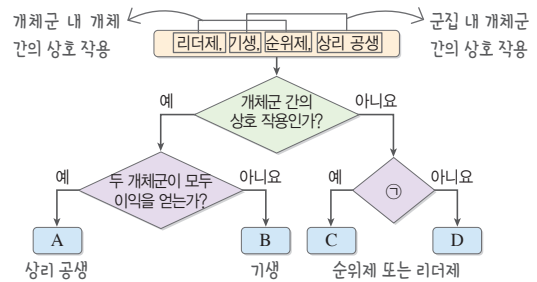
∴ 같은 고온 다습한 환경에서 종 A와 종 B를 단독 배양한 (가)와 혼합 배양한 (나)를 비교할 때 (나)에서 종 A는 생존하였으나 종 B는 사라진 것으로 보아 종 A와 종 B 사이에 경쟁·배타 원리가 적용되었다.

∴ 고온 다습한 환경에서 종 A와 종 B를 각각 단독 배양한 (가)와 저온 건조한 환경에서 종 A와 종 B를 혼합 배양한 (다)를 비교할 때 (가)보다 (다)에서 B의 개체 수가 더 크게 증가하였다. 따라서 B는 저온 건조한 환경에서 환경 저항을 적게 받아 환경 수용력이 커짐을 알 수 있다.

**바로알기** ∴ (가)에서 A와 B의 시간에 따른 개체 수 변화 그래프는 모두 S자 모양이므로 실제의 성장 곡선을 나타낸 것이다. 이론상의 성장 곡선은 J자 모양을 나타낸다.

∴ 구간 I은 A의 개체군 생장이 제한되고 환경 수용력에 도달한 상태이므로 A는 최대의 환경 저항을 받는 상태이다.

## 04 품목 문제 분석



∴ A는 개체군 간의 상호 작용 중 두 개체군이 모두 이익을 얻는 경우이므로 상리 공생이다.

∴ 순위제는 힘의 서열에 따라 먹이나 배우자를 얻을 때 순위가 정해지는 관계이고, 리더제는 한 개체가 리더가 되어 개체군의 행동을 지휘하는 경우로 리더를 제외한 나머지 개체들은 순위가 없다. 따라서 '힘의 강약에 따라 서열이 정해지는가?'는 ㉠에 적합한 분류 기준이며, 이 경우 C는 순위제, D는 리더제가 된다.

**바로알기** ∴ 여러 개체군은 일정한 지역에서 군집을 이루며 상호 작용을 한다. 따라서 기생(B)의 관계를 갖는 두 개체군은 한 군집을 이루는 생물들이다.

# 3 에너지 흐름과 물질 순환

## 개념 확인 문제

295쪽

- 1 빛
- 2 열
- 3 피라미드
- 4 효율
- 5 호흡량
- 6 성장량
- 7 이산화 탄소
- 8 질소 고정
- 9 분해자
- 10 생태계 평형

- 1 (1) × (2) × (3) ○ (4) ×    2 12.5%    3 (1) ㄴ (2) ㄷ  
 (3) ㄱ    4 (1) 광합성 (2) 호흡 (3) 연소    5 (1) (다) (2) (라)  
 (3) (나)    6 (나) → (라) → (다) → (가)

- 1 (1) 생태계에서 에너지는 순환하지 않고 한쪽 방향으로 흐르다가 생태계 밖으로 빠져나가고, 물질은 생태계 내에서 생물과 비생물 환경 사이를 순환한다.  
 (2) 생태계의 에너지 근원은 태양의 빛에너지이다.  
 (3) 생태계에서 물질과 에너지는 먹이 사슬을 통해 생산자에서 소비자로 이동한다.  
 (4) 일반적으로 먹이 사슬의 하위 영양 단계에서 상위 영양 단계로 이동할수록 개체 수, 생체량, 에너지양은 모두 줄어든다.

2 에너지 효율은 한 영양 단계에서 다음 영양 단계로 이동한 에너지의 비율이다.

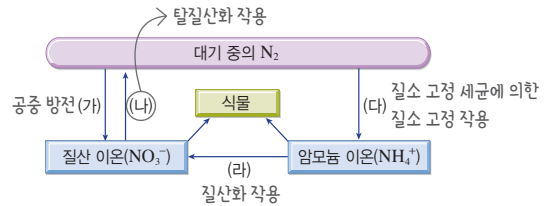
$$\Rightarrow \text{에너지 효율}(\%) = \frac{\text{현 영양 단계가 보유한 에너지 총량}}{\text{전 영양 단계가 보유한 에너지 총량}} \times 100$$

생산자가 보유한 에너지가 280 kcal/m<sup>2</sup>·일이고 1차 소비자가 보유한 에너지가 35 kcal/m<sup>2</sup>·일이므로 1차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{35}{280} \times 100 = 12.5\%$ 이다.

- 3 (1) 총생산량에서 생산자의 호흡량을 제외한 양은 식물이 호흡 후 저장하는 유기물의 양으로, 순생산량이다. → ㄴ  
 (2) 식물체에 남아 있는 유기물의 양은 순생산량에서 피식량, 고사량, 낙엽량을 제외한 양으로, 성장량이다. → ㄷ  
 (3) 생산자가 일정 기간 동안 광합성으로 생산한 유기물의 총량은 총생산량이다. → ㄱ

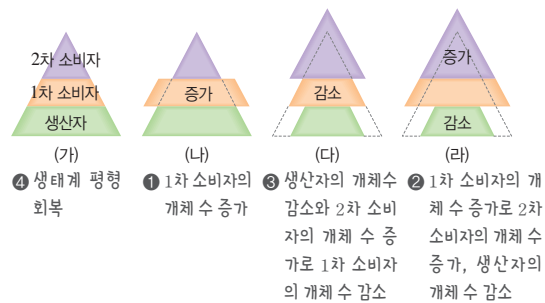
- 4 (1) 대기 중의 이산화 탄소는 생산자인 식물의 광합성에 의해 포도당과 같은 유기물로 합성된다.  
 (2) 생산자와 소비자의 유기물에 포함된 탄소는 호흡에 의해 산화되어 이산화 탄소 형태로 대기 중으로 방출된다.  
 (3) 석유, 석탄 등의 화석 연료가 연소되는 과정에서 화석 연료의 탄소가 이산화 탄소의 형태로 대기 중으로 방출된다.

## 5 품공 문제 분석



- (1) 대기 중의 질소(N<sub>2</sub>)는 식물이 이용할 수 있는 질소 화합물로 전환되어야 한다. 대기 중의 질소가 질소 고정 세균에 의해 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)으로 전환되는 질소 고정 작용은 (다)이다. (가)는 대기 중의 질소(N<sub>2</sub>)가 번개와 같은 공중 방전에 의해 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)으로 전환되는 과정이다.  
 (2) 질산화 세균에 의해 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)이 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)으로 전환되는 질산화 작용은 (라)이다.  
 (3) 탈질산화 세균에 의해 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)이 질소 기체(N<sub>2</sub>)로 전환되는 탈질산화 작용은 (나)이다.

## 6 품공 문제 분석



1차 소비자의 개체 수가 일시적으로 증가하면(나) 생산자의 개체 수는 감소하고 2차 소비자의 개체 수는 증가한다(라). 이로 인해 1차 소비자의 개체 수가 감소(다)하면 2차 소비자의 개체 수는 감소하고 생산자의 개체 수는 증가(가)하여 생태계 평형이 회복된다.

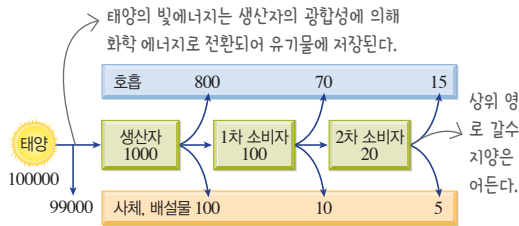
## 대표 자료 분석

296쪽

- 자료 1 1 (1) ㉠ 빛, ㉡ 화학, ㉢ 열    2 1차 소비자: 10%, 2차 소비자: 20%    3 (1) × (2) ○ (3) ○ (4) ○ (5) × (6) ×
- 자료 2 1 A: 생산자, B: 분해자, C: 생산자, D: 분해자  
 2 (가) 연소 (나) 광합성 (다) 호흡    3 ㉠ 질소 고정 작용, ㉡ 질산화 작용, ㉢ 탈질산화 작용    4 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × (5) × (6) ○ (7) ×



### 1-1 공공 문제 분석



• 에너지 효율(%) =  $\frac{\text{현 영양 단계가 보유한 에너지 총량}}{\text{전 영양 단계가 보유한 에너지 총량}} \times 100$

생태계에서 생산자의 광합성에 의해 태양의 빛(㉠)에너지가 화학(㉡) 에너지로 전환되어 유기물에 저장되며, 유기물이 먹이 사슬을 따라 이동하면서 생산자, 소비자, 분해자의 호흡을 통해 유기물의 화학 에너지는 열(㉢)에너지로 전환되어 생태계 밖으로 방출된다.

### 1-2 • 1차 소비자의 에너지 효율

$$= \frac{1\text{차 소비자가 보유한 에너지 총량}}{\text{생산자가 보유한 에너지 총량}} \times 100$$

$$= \frac{100}{1000} \times 100 = 10\%$$

### • 2차 소비자의 에너지 효율

$$= \frac{2\text{차 소비자가 보유한 에너지 총량}}{1\text{차 소비자가 보유한 에너지 총량}} \times 100$$

$$= \frac{20}{100} \times 100 = 20\%$$

1-3 (1), (2) 생태계에서 에너지는 순환하지 않고 먹이 사슬을 따라 한쪽 방향으로 흐르다가 열에너지 형태로 생태계 밖으로 빠져나간다. 따라서 생태계가 유지하려면 외부에서 에너지가 끊임없이 유입되어야 한다. 생태계에 공급되는 에너지의 근원은 태양의 빛에너지이다.

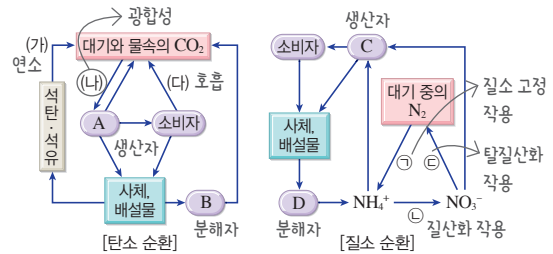
(3) 사체 및 배설물 속의 유기물은 분해자의 호흡에 의해 분해되며, 분해자는 이를 통해 에너지를 얻는다.

(4) 유기물의 화학 에너지는 먹이 사슬에 따라 이동하며, 각 영양 단계에서 생물이 살아가는 데 사용되거나 사체, 배설물의 형태로 방출되고 남은 것만 상위 영양 단계로 이동하므로, 영양 단계가 높아질수록 이동하는 에너지량은 감소한다.

(5) 사체 및 배설물 속의 유기물도 결국 분해자의 호흡에 의해 열 에너지 형태로 전환되어 생태계 밖으로 빠져나가므로 생태계로 유입되는 에너지(100000)와 생태계 밖으로 방출되는 에너지(99000+800+70+15+100+10+5)이 같다.

(6) 유기물에 저장된 에너지는 각 영양 단계에서 호흡에 의해 열 에너지 형태로 전환되어 방출된다.

### 2-1 공공 문제 분석



A와 C는 생산자로, 빛에너지와 이산화 탄소를 이용하여 유기물을 합성(광합성)하고, 토양 속  $\text{NH}_4^+$ 과  $\text{NO}_3^-$ 을 흡수하여 식물을 구성하는 질소 화합물을 합성한다. B와 D는 분해자로, 사체와 배설물 속의 유기물을 무기물로 분해한다.

### 2-2 • (가): 석유, 석탄 등의 화석 연료가 연소되는 과정이다.

• (나): 대기와 물속의 이산화 탄소가 생산자인 식물의 광합성에 의해 유기물로 합성되는 과정이다.

• (다): 소비자의 호흡에 의해 유기물이 분해되어 탄소가 이산화 탄소 형태로 대기와 물속으로 방출되는 과정이다.

### 2-3 • ㉠: 대기 중의 질소가 질소 고정 세균에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 전환되는 질소 고정 작용이다.

• ㉡: 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산화 세균에 의해 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되는 질산화 작용이다.

• ㉢: 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 탈질산화 세균에 의해 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환되는 탈질산화 작용이다.

2-4 (1) (가)는 연소로, 연소가 지나치게 일어나면 대기 중 이산화 탄소 농도가 높아져 온실 효과로 인해 지구 온난화가 일어날 수 있다.

(2) (나)는 광합성으로, 광합성은 식물이 빛에너지를 이용해 이산화 탄소와 물로부터 포도당과 같은 유기물을 합성하는 과정이다. 따라서 광합성이 일어나려면 빛에너지가 필요하다.

(3) (다)는 호흡으로, 유기물을 분해하여 에너지를 얻는 과정이다. 탄소는 식물의 광합성(나)을 통해 유기물로 합성된다.

(4) ㉠은 뿌리혹박테리아와 같은 질소 고정 세균에 의해 일어난다. 번개와 같은 공중 방전에 의해서는 공기 중의 질소( $\text{N}_2$ )가 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환된다.

(5) ㉡은 질산화 작용으로, 질산화 세균에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환된다.

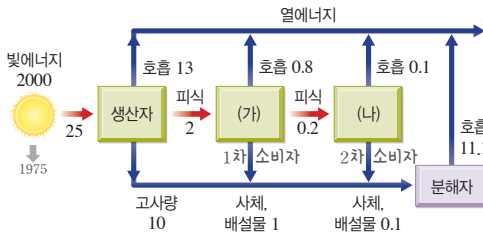
(7) 식물은 대기 중의 탄소를 이산화 탄소 형태로 직접 흡수하여 이용할 수 있다. 그러나 질소는 질소 고정 작용을 통해 이온 형태로 전환되어야 식물이 이용할 수 있다. 즉, 식물은 이온 형태로 된 질소를 뿌리를 통해 흡수하여 이용한다.

- 01 ③    02 ④    03 (가) 8 % (나) 10 %    04 해설 참조  
 05 ①    06 ①    07 ⑤    08 ②    09 ⑤    10 ①  
 11 ③    12 ③    13 ③    14 (마)    15 ③    16 ①  
 17 ①    18 해설 참조    19 ③

**01** ㄱ, ㄴ. 생태계에서 에너지는 순환하지 않고 한쪽 방향으로 흐르다가 생태계 밖으로 빠져나간다. 따라서 생태계가 유지되면 끊임없이 외부에서 에너지가 공급되어야 하는데, 이 에너지는 태양으로부터 공급된다.

**바로알기** ㄷ. 생태계에서 태양의 빛에너지는 생산자의 광합성에 의해 유기물에 화학 에너지 형태로 저장된 후 먹이 사슬을 따라 이동하며, 각 영양 단계에서 생물의 호흡을 통해 열에너지 형태로 전환되어 생태계 밖으로 빠져나간다. 따라서 생태계에서 에너지는 빛에너지 → 화학 에너지 → 열에너지 순으로 전환된다.

**[02~03]** **꼼꼼 문제 분석**



각 영양 단계에서 유기물의 에너지는 호흡을 통해 생명 활동에 사용되거나 열에너지로 전환되어 방출된다. ⇒ 상위 영양 단계로 전달되는 에너지량은 점차 감소한다.

**02** ㄱ. 각 영양 단계에서 에너지는 호흡을 통해 생명 활동에 사용되고 열에너지로 방출되거나 사체, 배설물의 형태로 방출되고 남은 에너지가 상위 영양 단계로 전달된다. 따라서 상위 영양 단계로 갈수록 이동하는 에너지량이 감소한다.

ㄴ. 낙엽이나 사체, 배설물 속의 화학 에너지는 분해자의 호흡에 의해 열에너지 형태로 전환되어 생태계 밖으로 빠져나간다.

**바로알기** ㄷ. 1차 소비자 (가)가 생산자로부터 전달받은 에너지량은 2, 2차 소비자 (나)가 (가)로부터 전달받은 에너지량은 0.2이므로, (가)와 (나)가 전달받은 에너지의 총량은 2.2이다. 그리고 분해자가 이용할 수 있는 에너지의 총량은 생산자의 고사량(10), (가)의 사체와 배설물 속의 에너지량(1.0), (나)의 사체와 배설물 속의 에너지량(0.1)을 모두 더한 것이므로 11.1이다. 따라서 (가)와 (나)가 전달받은 에너지의 총량은 분해자가 이용할 수 있는 에너지의 총량보다 적다.

**03** 에너지 효율(%) =  $\frac{\text{현 영양 단계가 보유한 에너지 총량}}{\text{전 영양 단계가 보유한 에너지 총량}} \times 100$

• (가)의 에너지 효율 =  $\frac{2}{25} \times 100 = 8\%$

• (나)의 에너지 효율 =  $\frac{0.2}{2} \times 100 = 10\%$

**04** **모범 답안** 각 영양 단계가 가진 에너지 중 생명 활동에 사용되거나 사체, 배설물의 형태로 방출되고 남은 에너지만 상위 영양 단계로 전달되기 때문이다.

채점 기준	배점
생명 활동에 사용되거나 사체, 배설물의 형태로 방출되고 남은 에너지만 상위 영양 단계로 전달되기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
현 영양 단계가 가진 에너지 중 일부만 다음 영양 단계로 전달되기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

**05** 생태계에서 영양 단계별 에너지량은 상위 영양 단계로 갈수록 감소한다. 따라서 A는 2차 소비자, B는 3차 소비자, C는 1차 소비자, D는 생산자임을 알 수 있다.

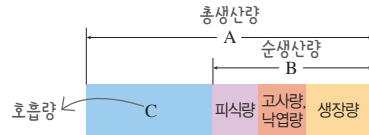
ㄱ. 2차 소비자인 A의 에너지 효율 ①은

$\frac{\text{2차 소비자의 에너지량}}{\text{1차 소비자의 에너지량}} \times 100 = \frac{30}{200} \times 100 = 15\%$ 이다.

**바로알기** ㄴ. B는 3차 소비자이다.

ㄷ. 이 생태계에서 상위 영양 단계로 갈수록 에너지량과 함께 생물량도 감소한다.

**06** **꼼꼼 문제 분석**



- 총생산량(A) = 호흡량(C) + 순생산량(B)
- 순생산량(B) = 총생산량(A) - 호흡량(C)
- 생장량 = 순생산량(B) - (피식량 + 고사량 + 낙엽량)

① A는 총생산량으로, 광합성을 통해 생산된 유기물의 총량이다.

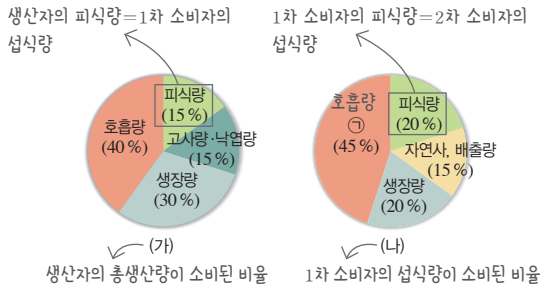
**바로알기** ② B는 순생산량으로, 식물의 생장에 쓰이거나 저장되는 양이다. 이때 순생산량 중 일부는 잎, 줄기 등이 말라 죽어 소실되거나(고사량, 낙엽량) 소비자에게 먹히기도 한다(피식량).

③ C는 호흡량으로, 식물이 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 호흡의 재료로 소비하는 유기물의 양이다.

④ 천이 초기 단계에 있는 식물 군집의 경우 생체량(생물량)은 적지만, 대부분 초본이고 빠르게 성장하기 때문에 순생산량(B)은 많지만 피식량과 고사량, 낙엽량은 적다.

⑤ 원시림과 같이 극상에 이른 군집은 생체량(생물량)은 많지만 생산량과 소비량이 균형을 이루기 때문에 순생산량(B)이 적다.

### 07 꼼꼼 문제 분석

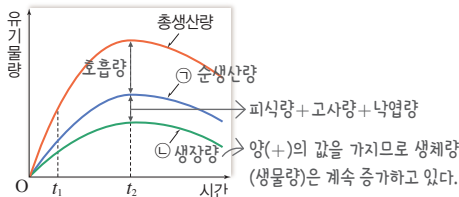


ㄱ. (나)에서 ㉠은 1차 소비자가 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해 소비한 유기물의 양인 호흡량이다.

ㄴ. 생산자의 순생산량은 총생산량에서 호흡량을 뺀 값이므로, (가)에서  $100\% - 40\% = 60\%$ 이다. 따라서 생산자의 순생산량 피식량  $= \frac{60}{15} = 4$ 이다.

ㄷ. 생산자의 총생산량 중 15%가 피식을 통해 1차 소비자에게 전달되었고, 1차 소비자의 섭식량 중 20%가 피식을 통해 2차 소비자에게 전달되었다. 따라서 생산자의 총생산량 중 2차 소비자에게 전달된 비율은  $\frac{15}{100} \times \frac{20}{100} \times 100 = 3\%$ 이다.

### 08 꼼꼼 문제 분석

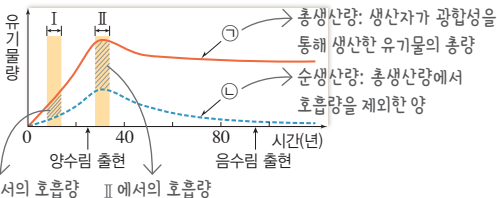


ㄴ. 생체량(생물량)은 현재 식물 군집이 갖고 있는 유기물의 총량으로 성장량이 누적된 것이다. 시간에 따라 성장량은 양(+)의 값을 가지므로 생체량도 계속 증가한다. 따라서 생체량은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 많다.

**바로알기** ㄱ. 순생산량=성장량+피식량+고사량+낙엽량이므로 성장량은 순생산량에 포함된다. 따라서 ㉠이 순생산량이고, ㉡이 성장량이다.

ㄷ. 1차 소비자에 의한 피식량은 순생산량(㉠)에 포함된다.

### 09 꼼꼼 문제 분석

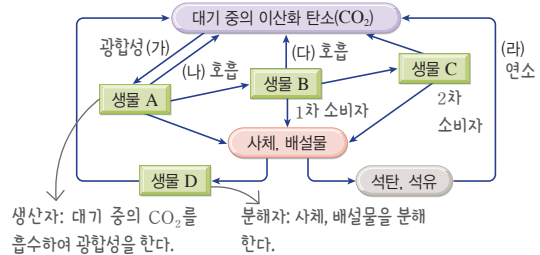


ㄱ. 총생산량이 순생산량보다 유기물량이 많으므로, ㉠은 총생산량, ㉡은 순생산량이다. 순생산량(㉡)은 총생산량(㉠) 중 호흡량을 제외한 유기물의 양으로, 순생산량 중 일부(피식량, 고사량, 낙엽량)는 다음 영양 단계로 이동하여 소비자나 분해자가 사용될 수 있다.

ㄴ. 호흡량은 총생산량(㉠)에서 순생산량(㉡)을 뺀 값이므로 A의 호흡량은 구간 I에서 구간 II에서보다 적다.

ㄷ. 순생산량=성장량+피식량+고사량+낙엽량이다. 따라서 구간 II에서 A의 성장량은 순생산량에 포함된다.

### 10 꼼꼼 문제 분석



② 생물 D는 다른 생물의 사체, 배설물 속 유기물을 무기물로 분해하는 분해자이다. 분해자에는 세균과 곰팡이가 있다.

③ (가) 과정은 대기 중의 이산화 탄소(CO<sub>2</sub>)에 포함된 탄소가 생물 A(생산자)로 유입되어 광합성에 의해 유기물로 합성되는 과정이다.

④ 생물 A(생산자)와 생물 B(1차 소비자)의 호흡(나)와 (다)로 유기물이 분해되어 유기물 속의 탄소가 이산화 탄소 형태로 대기 중에 방출된다.

⑤ 유기물이 퇴적되어 만들어진 화석 연료(석탄과 석유)는 연소 과정(라)을 통해 이산화 탄소가 대기 중으로 방출된다. 화석 연료의 과다 사용으로 대기 중에 이산화 탄소의 농도가 증가하여 온실 효과가 일어날 수 있다.

**바로알기** ① 생물 A에 의해 대기 중의 탄소가 생물 내로 유입되므로 생물 A는 생산자이며, 생물 A → 생물 B → 생물 C로 탄소가 이동하므로 생물 B는 1차 소비자, 생물 C는 2차 소비자이다. 그리고 생물 D에 의해 사체, 배설물 속의 탄소가 대기 중으로 방출되므로 생물 D는 분해자이다.

11 ㄱ, ㄴ. 대기 중의 탄소가 생물 내로 유입되는 과정은 광합성(A)이다. 그리고 유기물 속 탄소는 먹이 사슬을 따라 상위 영양 단계로 이동하므로 (다)는 생산자, (나)는 1차 소비자, (가)는 2차 소비자이다. 생산자, 소비자, 분해자의 호흡에 의해 탄소가 대기 중으로 이동하는 과정은 B이다.

**바로알기** ㄷ. 대기 중의 이산화 탄소는 생산자(다)의 광합성에 의해 포도당과 같은 유기물로 합성되므로, 탄소는 유기물의 형태로 생산자(다)에서 1차 소비자(나)로 이동한다.

**12** • 학생 A: 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되는 질산화 작용은 질산화 세균에 의해 일어나고, 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환되는 탈질산화 작용은 탈질산화 세균에 의해 일어난다. 따라서 질산화 작용과 탈질산화 작용에는 모두 세균이 관여한다.

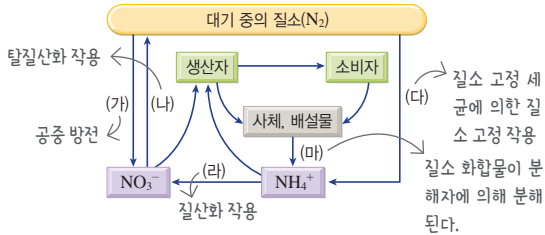
• 학생 C: 대기 중의 질소 기체( $\text{N}_2$ )는 번개와 같은 공중 방전에 의해 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되어 식물이 이를 흡수하여 이용한다.

**바로알기** • 학생 B: 질소(N)는 단백질의 구성 원소이므로 식물에게 반드시 필요하다. 그러나 대기 중 78 %를 차지하는 기체 상태의 질소( $\text{N}_2$ )는 매우 안정된 물질이어서 식물이 흡수하더라도 직접 이용하지는 못한다. 따라서 식물은 단백질 합성에 필요한 질소를 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )의 형태로 물과 함께 뿌리를 통해 흡수하여 이용한다.

**질소 순환 과정**

공중 방전(번개): 질소( $\text{N}_2$ ) → 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )
질소 고정 세균: 질소( $\text{N}_2$ ) → 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )
질산화 세균: 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ ) → 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )
탈질산화 세균: 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ ) → 질소( $\text{N}_2$ )

**13** **꼼꼼 문제 분석**



① (나) 과정은 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환되는 탈질산화 작용이다.

② (다) 과정은 대기 중의 질소가 질소 고정 세균에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 전환되는 질소 고정 작용이다.

④ (마) 과정은 생물의 사체나 배설물 속의 질소 화합물이 분해자에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 분해되어 토양으로 돌아가는 과정이다. 분해자에는 세균, 곰팡이가 있다.

⑤ 식물은 토양에서 뿌리를 통해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )의 형태로 질소를 흡수하여 단백질 합성에 이용한다.

**바로알기** ③ 뿌리혹박테리아는 질소 고정 세균으로, 대기 중의 질소를 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 전환하므로 (다) 과정에 관여한다. (가) 과정은 대기 중의 질소가 번개와 같은 공중 방전에 의해 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되는 과정이다.

**14** (마)는 대기 중의 질소( $\text{N}_2$ )가 질소 고정 세균(C)에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 전환되는 질소 고정 작용이다.

**바로알기** (가)는 탈질산화 세균(A)에 의해 토양 속 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환되는 탈질산화 작용이다.

(나)는 번개와 같은 공중 방전에 의해 대기 중의 질소( $\text{N}_2$ )가 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되는 과정이다.

(다)는 식물의 뿌리를 통해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이나 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 흡수되는 과정이다.

(라)는 먹이 사슬을 통해 초식 동물로부터 육식 동물로 질소 화합물이 이동하는 과정이다.

**15** ㄷ. (다)를 통해 식물에 흡수된 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )은 식물체 내에서 단백질 등의 합성에 이용된다.

**바로알기** ㄱ. A는 탈질산화 세균이고, C는 질소 고정 세균이다. ㄴ. B는 질산화 세균이며, 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )을 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환하는 질산화 작용을 한다.

**16** ㄱ. 생태계에서 물질은 비생물 환경(대기, 물, 토양) → 생산자(가) → 1차 소비자(나) → 2차 소비자(다) → 분해자 → 비생물 환경 순으로 이동하면서 순환한다. 즉, 물질은 생물과 비생물 환경 사이를 순환한다.

**바로알기** ㄴ. 생산자(가)가 가진 에너지양에서 호흡을 통해 열에너지로 방출되거나 사체와 배설물의 형태로 방출되고 남은 에너지가 1차 소비자(나)로 이동한다.

ㄷ. 각 영양 단계가 가진 에너지에서 일부만 열에너지로 방출되므로 (다)가 가진 에너지양은 열에너지 형태로 빠져나가는 에너지양(㉠)보다 크다.

**17** ② 안정된 상태를 유지하는 생태계는 어느 영양 단계에서 일시적으로 변화가 나타나더라도 시간이 지나면서 포식과 피식 관계에 의해 개체 수가 조절되어 다시 평형 상태를 회복할 수 있다.

③ 인간의 활동에 의한 환경 오염, 외래 생물의 도입, 가뭄과 홍수 같은 자연재해는 생태계 평형을 파괴할 수 있다.

④ 천이 초기의 군집은 이끼류나 초본류가 자라는 단계이므로 생물종 수가 적지만, 극상인 군집은 층상 구조가 발달하여 생물종 수가 많다. 생물종 수가 많으면 먹이 그물이 복잡하게 얽혀 있으므로 생태계 평형이 잘 유지된다. 따라서 천이 초기의 군집보다 극상인 군집에서 생태계 평형이 잘 유지된다.

⑤ 생태계 평형은 생태계에서 생물 군집의 구성이나 개체 수, 에너지 흐름 등이 안정된 상태를 의미한다. 생태계에서 에너지는 먹이 사슬을 따라 흐르기 때문에 평형이 유지된 생태계에서는 에너지 흐름이 원활하게 이루어진다.

**바로알기** ① 먹이 그물이 복잡할수록 생태계 평형이 잘 유지된다.



**18** 안정된 생태계에서는 일시적으로 어느 한 영양 단계가 감소하거나 증가하더라도 포식과 피식에 의해 다른 영양 단계도 감소하거나 증가하여 평형을 회복한다.

**모범 답안** 피식자인 생산자의 개체 수는 감소하고, 포식자인 2차 소비자의 개체 수는 증가한다.

채점 기준	배점
생산자와 2차 소비자에서 일어나는 개체 수 변화를 옳게 서술한 경우	100 %
생산자와 2차 소비자에서 일어나는 개체 수 변화 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	50 %

**19** ㄷ. 사슴의 개체 수가 증가하면 초원의 생산량이 감소하여 사슴의 먹이가 부족해지므로 사슴의 개체 수가 감소한다. 1920년경에 초원의 생산량은 매우 적고, 1920년 이후 사슴의 개체 수가 급격히 감소한 것은 먹이가 부족해졌기 때문이라는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ. 사냥에 의해 사슴의 포식자인 퓨마의 개체 수가 급격히 감소하면 1차 소비자인 사슴의 개체 수가 급격히 증가하여 초원의 생산량이 크게 감소하므로 생태계는 불안정해진다.

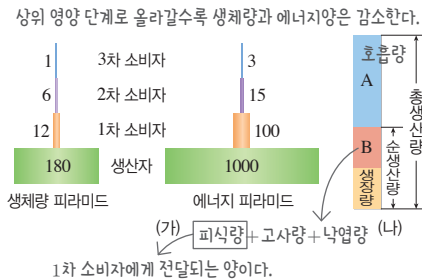
ㄴ. 퓨마의 개체 수가 감소하면 피식자인 사슴의 개체 수가 증가한다. 사슴은 풀을 먹고 살기 때문에 사슴의 개체 수가 증가하면 초원의 생산량이 감소한다.

## 실력 UP 문제

301쪽

01 ④ 02 ② 03 ③ 04 ⑤

### 01 꼼꼼 문제 분석

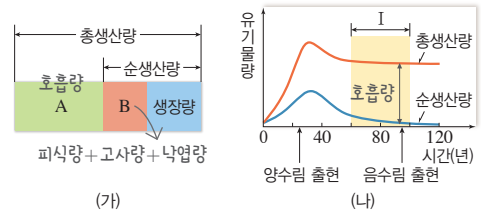


ㄴ. 1차 소비자의 섭취량은 생산자의 피식량과 같다. (나)에서 B는 피식량+고사량+낙엽량이므로, 1차 소비자의 섭취량은 B에 포함된다.

ㄷ. 2차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{2차 소비자의 에너지양}{1차 소비자의 에너지양} \times 100 = \frac{15}{100} \times 100 = 15\%$ 이다.

**바로알기** ㄱ. A는 총생산량에서 순생산량을 뺀 호흡량으로, 생산자 자신의 호흡으로 소비되는 유기물량이다. 따라서 1차 소비자의 생체량은 생산자의 호흡량(A)에 포함되지 않는다.

### 02 꼼꼼 문제 분석



- 식물의 피식량 = 초식 동물의 섭취량
- 초식 동물의 섭취량 = 호흡량 + (피식량 + 자연사) + 생장량 + 배출량

ㄴ. 낙엽의 유기물량은 B(피식량+고사량+낙엽량)에 포함된다.

**바로알기** ㄱ. (가)에서 A는 생산자의 호흡량이다. 초식 동물은 섭취를 통해 얻은 유기물량의 일부를 호흡으로 소비한다. 따라서 초식 동물의 호흡량은 피식량의 일부이므로 B에 포함된다.

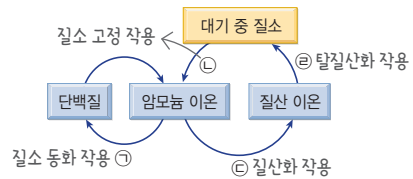
ㄷ. (나)에서 호흡량은 총생산량에서 순생산량을 제외한 양이며, 천이가 진행됨에 따라 구간 I에서 호흡량은 증가하고 순생산량은 감소한다. 따라서 구간 I에서  $\frac{호흡량(A)}{순생산량}$ 은 증가한다.

**03** ㄱ. 사체, 배설물의 유기물을 이용하는 A는 분해자이다.

ㄷ. 생태계를 구성하는 생물 사이의 탄소 이동은 유기물의 형태로 이루어진다. 따라서 ㉠ 과정에서 유기물이 이동한다.

**바로알기** ㄴ. B는 생산자이며, 대기 중 CO<sub>2</sub>를 흡수하여 광합성을 통해 유기물을 합성한다. 따라서 스스로 양분을 만드는 독립 영양 생물이다.

### 04 꼼꼼 문제 분석



질소 동화 작용은 식물이 뿌리를 통해 흡수한 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)이나 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)을 이용하여 단백질, 핵산 등의 질소 화합물을 합성하는 작용이다.

ㄱ. ㉠은 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)을 이용하여 단백질 등의 질소 화합물을 합성하는 과정이므로 질소 동화 작용에 포함된다.

ㄴ. 질소 고정 작용(㉠)은 뿌리혹박테리아, 아조토박터와 같은 질소 고정 세균에 의해 일어난다.

ㄷ. ㉢은 질산화 세균에 의해 암모늄 이온(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)이 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)으로 전환되는 질산화 작용이고, ㉣은 탈질산화 세균에 의해 질산 이온(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)이 질소(N<sub>2</sub>)로 전환되는 탈질산화 작용이다. 따라서 ㉡과 ㉣에는 모두 세균이 관여한다.

## 중단원

### 핵심 정리

302~303쪽

- ① 수    ② J    ③ S    ④ 높다    ⑤ 전    ⑥ 뒷세
- ⑦ 순위제    ⑧ 생태적    ⑨ 우점종    ⑩ 희소종    ⑪ 중요치
- ⑫ 건성    ⑬ 습성    ⑭ 생태적 지위    ⑮ 경쟁    ⑯ 편리
- ⑰ 상리    ⑱ 감소    ⑲ 순생산량    ⑳ 광합성    ㉑ 호흡
- ㉒ 연소    ㉓ 질소 고정 세균    ㉔ 질산화    ㉕ 탈질산화
- ㉖ 복잡

## 중단원

### 마무리 문제

304~307쪽

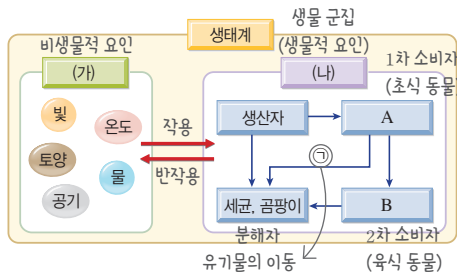
- 01 ③    02 ③    03 ①    04 ③    05 ⑤    06 ③
- 07 ③    08 ③    09 ③    10 ②    11 ①    12 ①
- 13 ③    14 ⑤    15 해설 참조    16 해설 참조    17 해설 참조

01 • 학생 A: 개체군은 일정한 지역에 서식하는 같은 종의 개체 무리이다.

• 학생 C: 생태계는 비생물적 요인(빛, 온도, 물, 공기 등)과 생물적 요인(생산자, 소비자, 분해자)으로 구성되어 있고, 생태계를 구성하는 요소들은 서로 영향을 주고받는다.

**바로알기** • 학생 B: 군집은 일정한 지역에 여러 종류의 개체군이 모여 사는 것으로, 생태계를 구성하는 생물적 요인을 모두 포함하여 생산자, 소비자, 분해자로 이루어져 있다.

## 02 꼼꼼 문제 분석

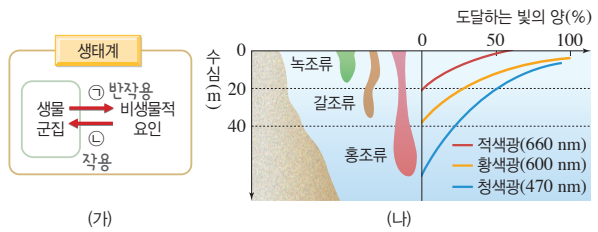


㉑ 과정에서 동물의 사체, 배설물 등 유기물이 이동한다. 생물 군집 내에서는 물질이 먹이 사슬을 통해 유기물의 형태로 이동한다.

**바로알기** ㉑. (가)는 빛, 온도, 물, 토양, 공기 등 무기 환경을 포함하고 있는 비생물적 요인이고, (나)는 생산자, 소비자, 분해자를 포함하고 있는 생물 군집(생물적 요인)이다.

㉒. 생산자로부터 물질을 얻는 A는 1차 소비자(초식 동물)이고, 1차 소비자로부터 물질을 얻는 B는 2차 소비자(육식 동물)이다. 생산자와 소비자의 사체와 배설물로부터 물질을 얻는 세균, 곰팡이가 분해자이다.

## 03 꼼꼼 문제 분석



해조류는 바다의 깊이에 따라 서식하는 종류가 다르다. 바다의 깊이에 따라 투과되는 빛의 파장과 양이 다르기 때문이다.

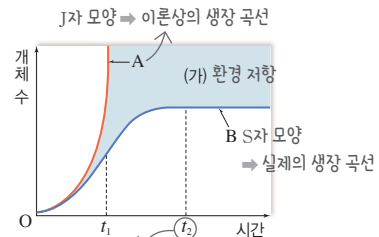
- 파장이 긴 적색광은 바다 얕은 곳까지만 투과한다. → 바다 얕은 곳에는 광합성에 적색광을 주로 이용하는 녹색류가 많이 분포한다.
- 파장이 짧은 청색광은 바다 깊은 곳까지 투과한다. → 바다 깊은 곳에는 광합성에 청색광을 주로 이용하는 홍조류가 많이 분포한다.

㉑. 해조류는 식물처럼 광합성을 통해 유기물을 생산하므로 생물 군집에서 생산자에 해당한다.

**바로알기** ㉒. (가)에서 ㉑은 생물이 비생물적 요인에 영향을 미치는 반작용이고, ㉒은 비생물적 요인이 생물에 영향을 미치는 작용이다. (나)는 빛의 파장에 따라 바닷속에 서식하는 해조류의 분포가 차이 나는 것으로, 비생물적 요인(빛의 파장)이 생물(해조류)에 영향을 미치는 작용(㉑)에 해당한다.

㉓. 수심이 가장 깊은 곳까지 도달하는 빛은 파장이 짧은 청색광이다. 따라서 바다 깊은 곳에는 광합성에 주로 청색광을 이용하는 홍조류가 많이 분포한다.

## 04 꼼꼼 문제 분석



$t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 개체 수가 많으므로 개체군의 밀도가 높다.  
→ 먹이와 서식 공간이 부족하여 개체 간 경쟁이 심하게 일어난다.

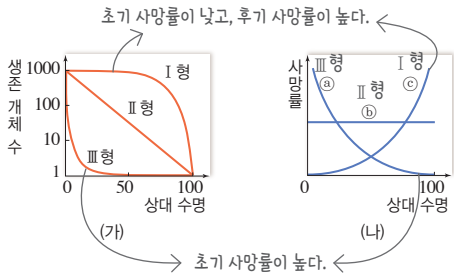
③ 개체군의 밀도는 일정한 공간에서 생활하는 개체군 내의 개체 수이다. B에서 개체 수는  $t_1$ 일 때보다  $t_2$ 일 때 많으므로, 개체군의 밀도는  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

**바로알기** ①, ② 실제의 성장 곡선(B)은 환경 저항에 의해 S자 모양을 나타낸다.

④ 개체군 내 개체 수가 증가할수록 먹이나 서식 공간이 부족해져 이를 차지하기 위한 경쟁이 심해진다. 이 때문에 개체 수가 어느 수준에 도달하면 더 이상 증가하지 못하고 일정하게 유지된다.

⑤ 환경 저항(가)에는 먹이 부족, 서식 공간 부족, 질병, 노폐물 증가 등이 있다.

**05** 꼼꼼 문제 분석



- ㄱ. 생존 곡선이 I형인 생물은 초기 사망률이 낮고 대부분 생리 적 수명을 다하고 죽는 동물(사람, 코끼리 등 대형 포유류)로, 사망률 곡선 ㉔에 해당한다.
- ㄴ. 생존 곡선 II형은 각 연령대에서 사망률이 비교적 일정한 경우로, 다람쥐 등의 초식 동물류와 조류가 해당하며, 사망률 곡선은 ㉕에 해당한다.
- ㄷ. 생존 곡선이 III형인 생물은 초기 사망률이 높고 일부만 생리 적 수명을 다하고 죽는 동물(고등어, 굴 등 어패류)로, 한 번에 출 생하는 자손의 수는 III형인 생물이 I형인 생물보다 많다.

- 06** ① 돌말의 개체 수는 계절에 따른 영양염류의 양, 수온, 빛 의 세기의 변화에 의해 주기적으로 변한다.
- ② A 시기에는 영양염류가 많고, 빛의 세기가 강해지며 수온이 높아져 돌말의 개체 수가 급격히 증가한다.
- ④ C 시기에는 빛의 세기가 강하고 수온이 높지만, 영양염류의 양이 적어 돌말의 개체 수가 적다. 따라서 이 구간에서 돌말의 개 체 수를 제한하는 환경 요인은 영양염류의 양이다. 만약, 이 시 기에 영양염류의 양이 증가하면 돌말의 개체 수는 급격히 증가할 것이다.
- ⑤ D 시기에는 영양염류의 양은 증가하지만, 빛의 세기가 약하 고 수온이 낮기 때문에 돌말의 개체 수가 적은 상태를 유지한다.
- 바로알기** ③ B 시기에는 빛의 세기가 강해지고 수온이 높아지 지 만, 영양염류의 양이 부족하므로 돌말의 개체 수가 급격히 감소 한다.

**07** 꼼꼼 문제 분석

예) 나무와 겨울살이, 개와 벼룩 등 ← 예) 빨간상어와 거북, 따개비와 흑등고래 등

구분	상호 작용
개체군 사이의 상호 작용 (가)	기생, ㉑편리공생
개체군 내의 상호 작용 (나)	순위제, ㉒사회생활

예) 닭, 큰불알, 일본원숭이 등 ← 예) 개미, 꿀벌 등

- ㄱ. 기생, 편리공생은 서로 다른 종 사이의 관계이므로, (가)는 군 집 내 개체군(종) 사이의 상호 작용이다.

ㄷ. 꿀벌 개체군에서 여왕벌은 조직 통솔과 산란, 수벌은 생식, 일벌은 꿀의 채취와 벌집 관리 등의 역할을 하는 것은 개체군 내 에서 각 개체가 일을 분담하여 협력하는 사회생활(㉒)의 예이다.

**바로알기** ㄴ. 편리공생(㉑)은 두 종 사이에서 어느 한 개체군은 이 익을 얻지만 다른 개체군은 이익도 손해도 없는 상호 작용이다. 따라서 편리공생 관계에서는 이익을 얻는 종은 있어도 손해를 보 는 종은 없다.

**08** ㄱ. A의 밀도를  $X/m^2$ 라고 하면 C의 상대 밀도는  $\frac{1}{X+4+1} \times 100 = 10$ 이므로 X는 5이다.

A의 밀도는  $\frac{A의 개체 수}{전체 방형구의 면적(m^2)} = \frac{A의 개체 수}{10 m^2} = 5/m^2$ 이므로, A의 개체 수는 50이다.

ㄷ. 우점종이란 그 군집에서 중요치가 가장 높은 종으로 그 군집 을 대표하는 종을 말하며, 중요치는 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 모두 합한 값이다.

A~C의 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도, 중요치는 표와 같다.

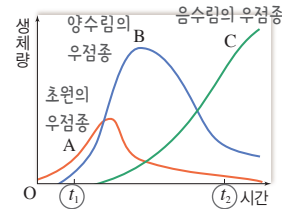
종	상대 밀도(%)	상대 빈도(%)	상대 피도(%)	중요치
A종	$\frac{5}{10} \times 100 = 50$	$\frac{0.8}{2} \times 100 = 40$	40	$50 + 40 + 40 = 130$
B종	$\frac{4}{10} \times 100 = 40$	$\frac{1}{2} \times 100 = 50$	48	$40 + 50 + 48 = 138$
C종	$\frac{1}{10} \times 100 = 10$	$\frac{0.2}{2} \times 100 = 10$	12	$10 + 10 + 12 = 32$

이 식물 군집에서 중요치가 가장 높은 종인 B가 우점종이다.

**바로알기** ㄴ. B의 빈도는  $\frac{B가 출현한 방형구 수}{전체 방형구의 수} = 1$ 이다. 전체 방형구 수가 10이므로, 설치한 방형구 중에서 B가 출현한 방형 구의 수는 10이다.

**09** 꼼꼼 문제 분석

강한 빛에 적응된 양수의 잎은 음수의 잎보다 울타리 조치가 발달하여 두껍다.



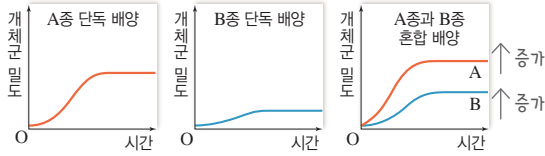
천이가 진행될수록 숲이 우거지므로 지표면에 도달하는 빛의 세기는 약해진다.  $\Rightarrow t_1 > t_2$

- ㄱ. 산불이 난 후에는 초본류(A)가 개척자로 들어와 초원부터 시 작되는 2차 천이가 진행된다.

ㄷ. 천이가 진행될수록 숲이 우거져 나무들에 의해 빛이 가려지므로 지표면에 도달하는 빛의 양이 줄어든다. 따라서 지표면에 도달하는 빛의 세기는  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 강하다.

**바로알기** ㄴ. 양수림의 우점종 B는 양수에 해당하고, 음수림의 우점종 C는 음수에 해당한다. 양수의 잎은 강한 빛에 적응하여 윗타리 조직이 발달되어 있어 음수의 잎보다 두꺼우므로 B의 잎은 C의 잎보다 평균 두께가 두껍다.

### 10 품공 문제 분석



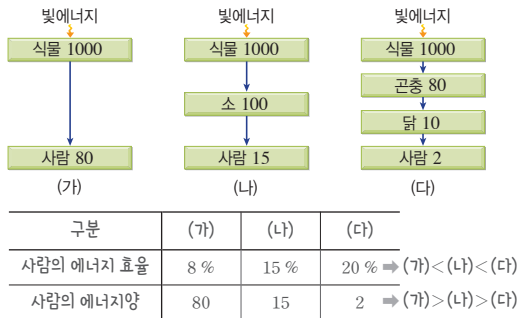
A종과 B종을 각각 단독 배양하였을 때보다 혼합 배양하였을 때 A종과 B종 모두 개체군의 밀도가 증가하였다. → A종과 B종은 서로 이익을 얻는 상리 공생 관계이다.

ㄷ. A종과 B종을 혼합 배양하였을 때 두 종 모두 개체군 밀도가 증가하였으므로 A종과 B종은 서로 이익을 얻는 상리 공생 관계임을 알 수 있다.

**바로알기** ㄱ. A종과 B종의 생태적 지위가 비슷한 경우 먹이의 종류와 서식지가 중복되어 서로 경쟁을 하게 된다. 따라서 두 종의 개체 수는 혼합 배양하였을 때가 단독 배양하였을 때보다 감소하고, 경쟁·배타 원리가 적용될 수 있다. 그러나 A종과 B종을 혼합 배양하였을 때 두 종의 개체 수가 모두 증가하였으므로 두 종의 생태적 지위가 비슷하다고 볼 수 없다.

ㄴ. A종과 B종을 단독 배양하였을 때 두 종 모두 환경 저항을 받아 개체 수가 어느 수준 이상으로 증가하지 않고 일정한 수를 유지하는 S자 모양의 성장 곡선을 나타낸다.

### 11 품공 문제 분석

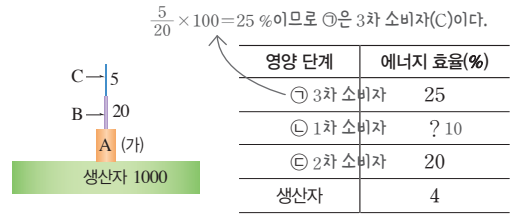


ㄱ. 사람의 에너지 효율은 (가)에서  $\frac{80}{1000} \times 100 = 8\%$ , (나)에서  $\frac{15}{100} \times 100 = 15\%$ , (다)에서  $\frac{2}{10} \times 100 = 20\%$ 이다. 따라서 사람의 에너지 효율은 (가)에서 가장 낮다.

**바로알기** ㄴ. 사람에게 제공되는 에너지양은 (가)에서 80, (나)에서 15, (다)에서 2이다. 따라서 사람에게 가장 많은 양의 에너지를 제공할 수 있는 먹이 사슬은 (가)이다.

ㄷ. 모든 생태계에서 생물이 가진 에너지의 일부는 호흡을 통해 열에너지로 방출된다. 따라서 (가), (나), (다)에서 모두 열에너지 형태로 방출되는 에너지가 있다.

### 12 품공 문제 분석



• 상위 영양 단계로 갈수록 에너지 효율은 높아진다.  
• ㉢이 2차 소비자(B)이고, ㉡이 1차 소비자(A)일 경우: ㉢의 에너지 효율(10%)이 ㉡의 에너지 효율(20%)보다 작으므로 제시된 조건에 해당하지 않는다. ⇒ ㉢이 1차 소비자(A)이고, ㉡이 2차 소비자(B)이다.

ㄱ. 3차 소비자(C)의 에너지 효율은  $\frac{5}{20} \times 100 = 25\%$ 이므로

㉠은 3차 소비자이다. 만약 ㉢이 1차 소비자(A)라면  $\frac{(가)}{1000} \times 100 = 20\%$ 이므로 (가)는 200이고, ㉢이 1차 소비자일 때 ㉡은 2차 소비자이므로 ㉡의 에너지 효율은  $\frac{20}{200} \times 100 = 10\%$ 이다. 이 경우 2차 소비자의 에너지 효율(10%)이 1차 소비자의 에너지 효율(20%)보다 작아지므로 제시된 조건에 해당하지 않는다. 따라서 ㉡은 1차 소비자(A)이고, ㉢은 2차 소비자(B)이다.

**바로알기** ㄴ. 2차 소비자(B, ㉢)의 에너지 효율은  $\frac{20}{(가)} \times 100 = 20\%$ 이므로 (가)는 100이다. 따라서 1차 소비자(A, ㉡)의 에너지 효율은  $\frac{100}{1000} \times 100 = 10\%$ 이다.

ㄷ. 1차 소비자(A)의 에너지 효율은 10%이다. 2차 소비자(B)의 에너지 효율(20%)이 생산자의 에너지 효율(4%)의 5배이다.

**13** ㄱ. ㉠은 총생산량에서 호흡량을 뺀 값이므로 순생산량이다.

ㄷ. 고사량, 낙엽량은 세균, 곰팡이, 버섯과 같은 분해자에게 전달되는 유기물의 양이다.

**바로알기** ㄴ. ㉡은 피식량으로 1차 소비자(초식 동물)가 섭식을 통해 얻게 되는 유기물의 총량이다. 1차 소비자는 이 중 일부를 호흡으로 소비하므로 ㉡은 1차 소비자의 호흡량보다 많다.



14 가. (가)는 탈질산화 작용으로, 탈질산화 세균에 의해 토양 속 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )이 질소 기체( $\text{N}_2$ )로 전환되어 대기 중으로 돌아가는 과정이다. (나)는 질산화 작용으로, 질산화 세균에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 질산 이온( $\text{NO}_3^-$ )으로 전환되는 과정이다. 따라서 (가)와 (나)에는 모두 세균이 관여한다.

나. (다)는 사체, 배설물에 포함된 질소 화합물이 세균, 곰팡이와 같은 분해자에 의해 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )으로 분해되어 토양으로 돌아가는 과정이다.

다. 식물은 (라)를 통해 얻은 질소를 이용하여 단백질, 핵산 등 질소 화합물을 합성하는 질소 동화 작용을 한다.

15 건성 천이 과정에서 초기 과정인 지의류(개척자) → 이끼류 → 초원에서는 주로 토양의 형성 속도와 수분량에 의해 천이가 진행되고, 후기 과정인 초원 → 관목림 → 양수림 → 혼합림 → 음수림에서는 주로 빛의 세기에 의해 천이가 진행된다.

**모범 답안** 양수림이 형성되면 지표면에 도달하는 빛의 세기가 약해져 양수묘목에 비해 음수 묘목이 성장에 유리하므로 양수림에서 음수림으로 천이가 일어난다.

채점 기준	배점
빛의 세기가 약해지고 양수보다 음수가 성장에 유리하여 천이가 일어난다고 서술한 경우	100 %
빛의 세기가 약해진 것만 언급하여 서술한 경우	50 %

16 (가)는 은어 개체군에서 개체 사이에 경쟁을 피하기 위해 일정한 영역을 세력권으로 확보하는 텃세이고, (나)는 3종의 북아메리카솔새가 경쟁을 피하기 위해 나무에서 서로 다른 위치를 서식 영역으로 확보하는 분서(생태 지위 분화)이다.

**모범 답안** (1) (가) 텃세 (나) 분서(생태 지위 분화)  
 (2) • 공통점: 불필요한 경쟁을 피할 수 있다.  
 • 차이점: (가)는 개체군 내 상호 작용이고, (나)는 군집 내 개체군 간의 상호 작용이다.

채점 기준	배점
(1) (가)와 (나)의 상호 작용을 옳게 쓴 경우	50 %
(가)와 (나)의 상호 작용 중 한 가지만 옳게 쓴 경우	25 %
(2) 공통점과 차이점을 모두 옳게 서술한 경우	50 %
공통점과 차이점 중 한 가지만 옳게 서술한 경우	25 %

17 생태계에서 에너지는 한쪽 방향으로 흐르다가 생태계 밖으로 빠져나가지만, 물질은 생물과 비생물 환경 사이를 순환한다.

**모범 답안** (가)는 에너지, (나)는 물질이다. 생태계에서 에너지는 순환하지 않고, 물질은 순환하기 때문이다.

채점 기준	배점
(가), (나)를 각각 옳게 쓰고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가), (나)만 옳게 쓰고, 그 까닭을 서술하지 못한 경우	50 %

**수능 실전 문제**

309~311쪽

01 ②	02 ④	03 ③	04 ②	05 ⑤	06 ①
07 ①	08 ①	09 ③	10 ⑤	11 ④	12 ③

**01 공공 문제 분석**

개체군 내 개체 사이의 상호 작용  
 예 텃세, 순위제, 리더제, 사회생활, 가족생활  
 빛, 온도, 물, 공기, 토양 등



**선택지 분석**

- ✗ 곰팡이는 비생물적 환경 요인에 해당한다. **생물적 요인**
- Ⓒ ㉠의 예로 리더제가 있다.
- ✗ 질소 고정 세균에 의해 토양의 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 증가하는 것은 ㉡에 해당한다. **반작용**

**전략적 풀이** ① 제시된 생태계의 구성 요소가 비생물적 요인과 생물적 요인(생물 군집) 중 어느 쪽에 해당하는지를 파악한다.

가. 곰팡이는 분해자에 속하는 생물로, 생물 군집에 해당한다. 비생물적 환경 요인으로는 빛, 온도, 물, 공기, 토양 등이 있다.

② 비생물적 환경 요인과 생물 군집 사이에서 일어나는 작용을 이해한다.

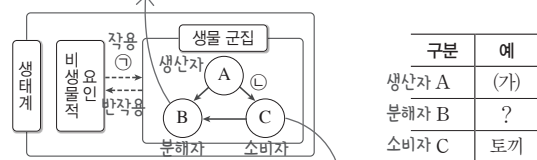
다. ㉡은 비생물적 환경 요인이 생물 군집에 영향을 미치는 작용이다. 질소 고정 세균(생물)에 의해 토양(비생물적 요인)의 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 증가하는 것은 반작용에 해당한다.

③ 생물 군집 내에서 개체군 내의 상호 작용의 예에는 어떤 것이 있는지 파악한다.

나. 개체군 내의 상호 작용(㉠)의 예로는 텃세, 순위제, 리더제, 사회생활, 가족생활이 있다.

**02 공공 문제 분석**

생산자와 소비자의 사체나 배설물에 포함된 탄소는 분해자로 이동한다.



---> 구성 요소 간의 관계    → 탄소의 이동  
 탄소는 생산자에서 소비자로 이동하며, 이때 탄소는 유기물의 형태로 이동한다.

**선택지 분석**

- 버섯은 (가)에 해당한다. B의 예
- 고도에 따라 식물 군집의 분포가 달라지는 현상은 ㉠에 해당한다.
- ㉠ 과정에서 탄소는 유기물의 형태로 이동한다.

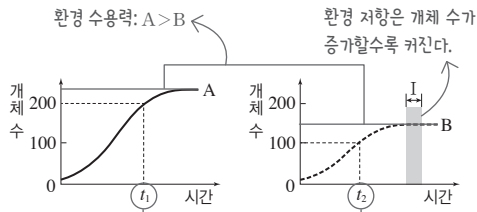
**전략적 풀이** ① 생물 군집 내에서 탄소의 이동 경로를 분석하여 생산자, 소비자, 분해자의 위치를 파악한다.

ㄱ. 생산자가 광합성을 통해 생산한 유기물 형태의 탄소는 먹이사슬을 통해 소비자로 이동하며, 생산자와 소비자의 사체나 배설물에 포함된 유기물 형태의 탄소는 모두 분해자로 이동한다. 따라서 A는 생산자, B는 분해자, C는 소비자임을 알 수 있다. 버섯은 분해자(B)의 예에 해당한다.

ㄷ. ㉠ 과정을 비롯해 생물 군집 내에서 탄소는 유기물의 형태로 이동한다.

② 비생물적 환경 요인과 생물 군집 사이에서 일어나는 작용을 이해한다.  
ㄴ. 고도에 따라 식물 군집의 분포가 달라지는 현상은 산이 높아질수록 기온(비생물적 환경 요인)이 낮아져 서식하는 식물(생물적 요인)의 종류에 영향을 미치는 작용이므로 작용(㉡)에 해당한다.

**03 품공 문제 분석**



개체군 밀도 =  $\frac{\text{개체 수}(N)}{\text{서식 면적}(S)}$ 이다. ㉠의 면적이 ㉡의 2배이므로,  
 $t_1$ 일 때 A의 개체군 밀도 =  $\frac{200}{2S} = \frac{100}{S}$ ,  $t_2$ 일 때 B의 개체군 밀도 =  $\frac{100}{S}$ 이다.

**선택지 분석**

- 개체군의 환경 수용력은 A가 B보다 크다.
- 구간 I에서 B는 환경 저항을 받는다.
- $t_1$ 에서 A의 개체군 밀도는  $t_2$ 에서 B의 개체군 밀도보다 높다. 서로 같다

**전략적 풀이** ① 두 개체군에서 환경 수용력에 해당하는 개체 수를 비교한다.

ㄱ. 환경 수용력은 주어진 환경 조건에서 서식할 수 있는 개체군의 최대 크기이므로, 개체군의 성장 곡선에서 최고점에 해당하는 개체 수이다. 따라서 개체군 A의 환경 수용력은 200보다 크고, 개체군 B의 환경 수용력은 200보다 작다.

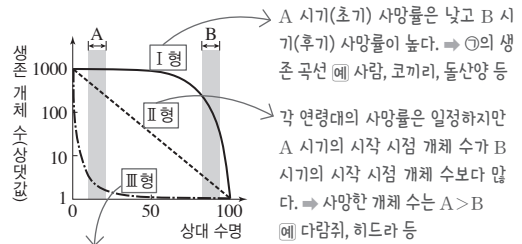
② 실제의 생장 곡선에서 개체 수의 증가와 환경 저항의 크기 관계를 이해한다.

ㄴ. 서식 공간과 먹이 부족, 노폐물 축적, 개체 간의 경쟁 등 환경 저항은 개체 수가 증가할수록 커진다. 따라서 환경 수용력에 도달한 구간 I에서는 매우 큰 환경 저항을 받게 된다.

③ 서식 면적과 개체 수를 고려하여 두 개체군의 밀도를 구한다.

ㄷ. 면적은 ㉠이 ㉡의 2배이므로  $t_1$ 일 때 A의 개체군 밀도는  $\frac{200}{2S} = \frac{100}{S}$ 이고,  $t_2$ 일 때 B의 개체군 밀도는  $\frac{100}{S}$ 으로 서로 같다.

**04 품공 문제 분석**



초기 사망률이 높고 후기 사망률이 낮다.

예 고등어, 굴 등 어패류

**선택지 분석**

- I형의 생존 곡선을 나타내는 종에서 A 시기의 사망률은 B 시기의 사망률보다 높다. 낮다
- II형의 생존 곡선을 나타내는 종에서 A 시기 동안 사망한 개체 수는 B 시기 동안 사망한 개체 수보다 많다.
- ㉠의 생존 곡선은 III형에 속한다. I형

**전략적 풀이** ① I형과 II형 생존 곡선 그래프를 통해 각 사망률을 해석한다.

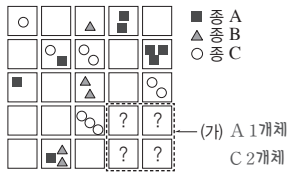
ㄱ. I형의 생존 곡선을 나타내는 종은 초기 사망률이 낮아 대부분 생리적 수명을 다하고 죽는다. 따라서 적은 수의 자손을 낳고 수명이 길며 부모가 보살피는 기간이 길다. I형의 생존 곡선에서 A 시기의 사망률은 B 시기의 사망률보다 낮다.

ㄴ. II형의 생존 곡선을 나타내는 종은 출생 이후 개체 수가 일정한 비율로 줄어드는 것으로 보아 각 연령대의 사망률이 비교적 일정하다. 그러나 A 시기가 시작된 시점의 개체 수가 B 시기가 시작된 시점의 개체 수보다 많으므로 A 시기 동안 사망한 개체 수가 B 시기 동안 사망한 개체 수보다 많다.

② III형 생존 곡선을 갖는 생물의 특징을 생각해 본다.

ㄷ. III형의 생존 곡선을 나타내는 종은 초기 사망률이 높아 성체로 성장하는 개체 수가 매우 적다. 따라서 많은 수의 자손을 낳는다. ㉠의 특징으로 보아 ㉠의 생존 곡선은 I형에 속한다.

05 꼼꼼 문제 분석



구분	빈도	상대 피도(%)	상대 밀도(%)	상대 빈도(%)
A	? 0.24	㉠	? 36	40
B	0.12	㉡	? 20	? 20
C	? 0.24	㉢	44	? 40

선택지 분석

- ㉠ (가)에 있는 A의 개체 수는 1이다.
- ㉡ (가)에 C가 있는 방형구는 1개이다.
- ㉢ 우점종은 C이다.

**전략적 풀이 ①** (가)를 제외한 식물의 분포가 표시된 방형구에서 종 A~C의 개체 수와 출현 방형구 수를 구한 후 표에 적용하여 미지의 방형구 (가)의 식물 분포를 추정한다.

(가)를 제외한 나머지 방형구를 분석한 결과는 표와 같다.

종	개체 수	출현 방형구 수
A	8	5
B	5	3
C	9	5
합계	22	—

ㄱ. 총 25개체 중 (가)를 제외한 방형구에서 22개체가 출현하였으므로, (가)에는 나머지 3개체가 있다. 표에서 B의 빈도 0.12를 이용해 B가 출현한 방형구 수( $x$ )를 구하면,  $\frac{x}{25} = 0.12$ 이므로  $x=3$ 이고, (가)에는 B가 없음을 알 수 있다. 표에서 C의 상대 밀도 44를 이용해 C의 개체 수( $y$ )를 구하면,  $\frac{y}{25} \times 100 = 44$ 이므로  $y=11$ 이다. (가)에는 C가 2개체 있고, 나머지 1개체는 A임을 알 수 있으며, 이를 통해 A와 B의 개체 수를 이용하여 상대 밀도를 구하면 A는 36%, B는 20%이다.

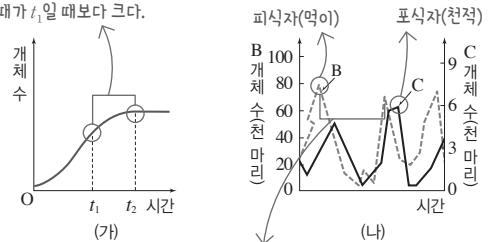
② (가)에서 C의 2개체가 2개의 방형구에 따로 분포하는지 또는 1개의 방형구에 함께 분포하는지를 분석한다.

ㄴ. A는 25개의 방형구 중 (가)에 1개를 포함하여 6개의 방형구에 출현하여 상대 빈도가 40%이므로 3개의 방형구에 출현한 B의 상대 빈도는 20%이고, 나머지 C의 상대 빈도는 40%이다. 따라서 C는 (가)에 1개를 포함하여 6개의 방형구에 출현하므로, (가)에서 C의 2개체는 1개의 방형구에 함께 분포함을 알 수 있다.

③ A~C의 중요치를 구하고 그 크기를 비교하여 우점종을 결정한다.   
 ㄷ. 중요치는 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도를 합한 값이며, 중요치가 가장 높은 종이 우점종이다. A의 중요치는  $36 + 40 + ㉠$ 이고, B의 중요치는  $20 + 20 + ㉡$ 이며, C의 중요치는  $44 + 40 + ㉢$ 이다. ㉠은 ㉡보다 큰 값이므로, 중요치의 크기 순서는  $C > A > B$ 가 되어 이 식물 군집의 우점종은 C이다.

06 꼼꼼 문제 분석

개체 수가 증가할수록 서식 공간과 먹이가 부족해지고 노폐물이 증가하므로 환경 저항은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.



피식자 수가 포식자 수보다 많으며, 피식자 수의 변화에 따라 포식자 수가 변화한다.

선택지 분석

- ㉠ A가 받는 환경 저항은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.
- ✗ B는 C의 포식자이다. 피식자
- ✗ 흰동가리와 말미잘의 관계는 B와 C의 관계에 해당한다. 상리 공생

**전략적 풀이 ①** 실제의 성장 곡선이 S자 모양으로 나타나는 원인이 환경 저항임을 파악한다.

ㄱ. 개체 수가 증가할수록 서식 공간과 먹이의 부족, 노폐물의 축적 등으로 환경 저항이 커진다. 따라서 환경 저항은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

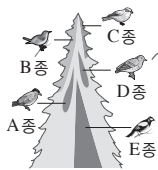
② (나)에서 종 B와 종 C의 개체 수 변화 추이를 통해 피식자와 포식자를 파악한다.

ㄴ. 일반적으로 피식자의 수가 포식자의 수보다 많으며, 피식자 수의 증감에 따라 포식자 수가 증감한다. 따라서 B는 피식자이고, C는 포식자이다.

③ 흰동가리와 말미잘의 관계는 어떤 상호 작용의 예에 해당하는지 생각해 본다.

ㄷ. 흰동가리는 말미잘의 보호를 받으며 말미잘 촉수 사이의 찌꺼기와 병든 촉수를 제거해 주고 말미잘은 흰동가리가 유인한 먹이를 먹으므로 두 종 사이의 상호 작용은 상리 공생에 해당한다. 포식과 피식의 예로는 스라소니와 눈신토끼, 치타와 톱슨가젤 등이 있다.

07 **꼼꼼 문제 분석**



구분	예
개체군 내의 상호 작용	털새, 순위제, 리더제, 사회생활, 가족생활
개체군 사이의 상호 작용	종간 경쟁, 분서, 기생, 상리 공생, 편리공생, 포식과 피식

**선택지 분석**

- ㉠ ㉠에서 A와 B 사이의 상호 작용은 분서에 해당한다.
- ✗ C는 D, E와 하나의 개체군을 형성한다. **군집**
- ✗ 하천에서 은어가 각각 서식하는 범위를 정해 살아가는 것은 ㉠과 같은 상호 작용의 예에 **해당하지 않는다**.

**전략적 풀이 1** 자료를 분석하여 A~E 사이의 상호 작용을 파악한다.

ㄱ. A~E의 생태적 지위가 중복되므로 서로 경쟁 관계로 볼 수 있다. 그러나 ㉠에서 A~E가 활동 영역을 나누어 나무의 서로 다른 구역에서 생활한다고 했으므로 A~E 사이의 상호 작용은 분서(생태 지위 분화)에 해당한다.

㉡ 개체군의 정의를 이해한다.

ㄴ. 개체군은 하나의 종에 속하는 개체들의 무리이며, 군집은 여러 개체군의 무리이다. A~E는 서로 다른 종이므로 각각 서로 다른 개체군이다. 따라서 개체군 C는 개체군 D, E와 하나의 개체군을 형성하는 것이 아니라 하나의 군집을 형성한다.

㉢ 분서와 털새의 차이점을 이해한다.

ㄷ. 분서(㉠)는 서로 다른 개체군 사이의 상호 작용에 해당한다. 하천의 은어는 하나의 개체군에 속하며, 은어 개체들 사이에 경쟁을 피하기 위해 일정한 서식 범위를 세력권으로 정해 살아가는 것은 털새의 예로, 털새는 개체군 내의 상호 작용에 해당한다.

08 **꼼꼼 문제 분석**

포식과 피식(다)의 예로는 스라소니가 눈신토끼를 잡아먹는 것, 치타가 동손가젤을 잡아먹는 것, 사자가 영양을 잡아먹는 것 등이 있다.

구분	(가) 기생		(나) 상리 공생		(다) 포식과 피식	
	종 I	종 II	종 I	종 II	종 I	종 II
상호 작용	이익	? 손해	㉠ 이익	이익	이익	㉡ 손해
예	겨우살이는 숙주 식물로부터 영양소와 물을 흡수하여 살아간다.	꽃은 벌에게 꿀을 제공하고, 벌은 꽃의 수분을 돕는다.				?

**선택지 분석**

- ㉠ (가)는 기생이다.
- ✗ ㉡는 '손해', ㉢는 '이익'이다.
- ✗ (다)에서 두 종 사이에 경쟁·배타 원리가 적용된다.

**전략적 풀이 1** 예를 분석하여 두 종 사이의 상호 작용을 파악한다.

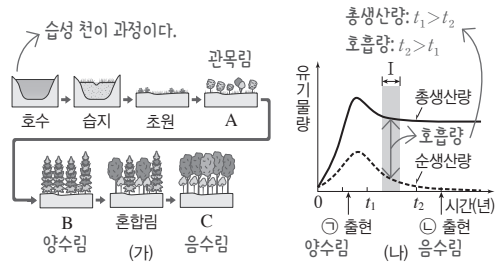
ㄱ. (가)의 예에서 겨우살이는 식물로부터 영양분과 물을 흡수하므로 이익을 얻는 기생 생물(종 I)에 해당하고, 식물은 영양소를 빼앗기므로 손해를 입는 숙주(종 II)에 해당한다. 따라서 (가)에서 종 I과 종 II 사이의 상호 작용은 기생이다.

ㄴ. (나)의 예에서 꽃은 벌에게 꿀을 제공하고, 벌은 꽃의 수분을 돕는 것은 종 I과 종 II 모두 이익이므로 상리 공생이다. 그러므로 (다)는 포식과 피식에 해당하며, 이익을 얻는 종 I은 포식자이고, 손해를 입는 종 II는 피식자이다. 따라서 ㉢는 '이익', ㉣는 '손해'이다.

㉡ 경쟁·배타 원리가 적용되는 종 사이의 상호 작용은 무엇인지 생각해 본다.

ㄷ. 두 종 사이에 경쟁·배타 원리가 적용되는 것은 두 종의 생태적 지위가 비슷할 때 나타나는 종간 경쟁의 경우이다. 포식과 피식(다)에는 해당되지 않는다.

09 **꼼꼼 문제 분석**



**선택지 분석**

- ㉠ ㉠은 B이다.
- ✗ 구간 I에서 P는 극상을 **이룬다**. **이루지 않는다**.
- ㉡ P의  $\frac{\text{호흡량}}{\text{총생산량}}$ 은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.

**전략적 풀이 1** 군집의 천이 과정을 진행 순서에 맞게 나열한다.

ㄱ. (가)는 1차 천이 중 습성 천이 과정으로 A는 관목림, B는 양수림, C는 음수림이다. 양수림이 음수림보다 먼저 형성되므로 (나)에서 ㉠은 양수림, ㉡은 음수림이다. 따라서 ㉠은 B이다.

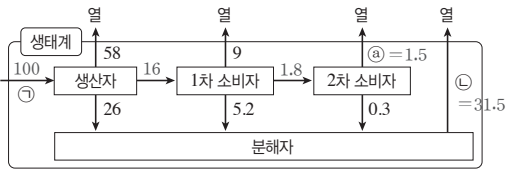
ㄴ. 구간 I은 음수림(㉡)이 출현하기 이전이므로 P는 극상에 도달하지 못한 상태이다. 천이의 마지막 안정된 군집 상태인 극상은 음수림 상태에서 이루어진다.

㉡ 군집의 천이 과정에서 총생산량과 순생산량 및 호흡량의 관계를 파악한다.

ㄷ. 호흡량 = 총생산량 - 순생산량이다. 총생산량은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 많고, 호흡량은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 많다. 따라서 P의  $\frac{\text{호흡량}}{\text{총생산량}}$ 은  $t_2$ 일 때가  $t_1$ 일 때보다 크다.



10 꼼꼼 문제 분석



- 유입되는 에너지량과 유출되는 에너지량이 같다.  $\Rightarrow \textcircled{1} = 58 + 9 + \textcircled{a} + \textcircled{2}$
- 소비자에서 방출되는 열에너지량의 총합 = 3이다.  $\Rightarrow \frac{\textcircled{2}}{9 + \textcircled{a}} = 3$
- $\textcircled{1} + \text{생산자에서 분해자로 이동하는 에너지량} = 4 \times \textcircled{2}$ 이다.  $\Rightarrow \textcircled{1} + 26 = 4 \times \textcircled{2}$
- 생산자와 소비자에서 분해자로 이동하는 에너지량의 총합 =  $\textcircled{2}$   
 $26 + 5.2 + 0.3 = \textcircled{2}$

위 4개의 식을 서로 대입시켜 풀이하면  $\textcircled{1}$ 은 100,  $\textcircled{2}$ 은 31.5,  $\textcircled{a}$ 는 1.5이다.

선택지 분석

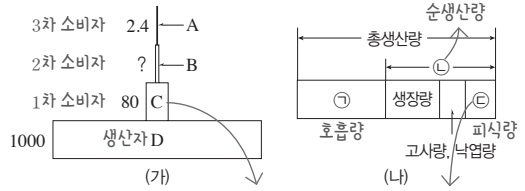
- $\textcircled{1}$   $\textcircled{a}$ 는 1.5이다.
- $\textcircled{2}$   $\textcircled{1} - \textcircled{2} = 68.5$ 이다.
- $\textcircled{3}$  X에서 1차 소비자의 에너지 효율은 16 %이다.

**전략적 풀이 ①** 제시된 조건을 이용하여 관계식을 세워 각 단계로 이동하는 에너지량을 구한다.

- 유입되는 에너지량과 유출되는 에너지량이 같으므로,  $\textcircled{1} = 58 + 9 + \textcircled{a} + \textcircled{2}$ 이다.
  - $\frac{\textcircled{2}}{9 + \textcircled{a}} = 3$ 이므로,  $\frac{\textcircled{2}}{9 + \textcircled{a}} = 3$ 이다.
  - $\textcircled{1} + \text{생산자에서 분해자로 이동하는 에너지량} = 4 \times \textcircled{2}$ 이므로,  $\textcircled{1} + 26 = 4 \times \textcircled{2}$ 이다.
  - 생산자와 소비자에서 분해자로 이동하는 에너지량의 총합은  $\textcircled{2}$ 과 같으므로,  $26 + 5.2 + 0.3 = \textcircled{2}$ 이다.
- 위 4개의 식을 서로 대입시켜 풀이하면  $\textcircled{1}$ 은 100,  $\textcircled{2}$ 은 31.5,  $\textcircled{a}$ 는 1.5임을 알 수 있다.
- ㄱ.  $\textcircled{a}$ 는 1.5이다.
  - ㄴ.  $\textcircled{1} - \textcircled{2} = 100 - 31.5 = 68.5$ 이다.
- ②** 생산자의 에너지량과 1차 소비자의 에너지량을 이용하여 1차 소비자의 에너지 효율을 구한다.
- ㄷ. 생태계 X에서 생산자가 갖는 에너지량( $\textcircled{1}$ )은 100이고, 1차 소비자가 갖는 에너지량은  $100 - (58 + 26) = 16$ 이다. 따라서 1차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{16}{100} \times 100 = 16\%$ 이다.

11 꼼꼼 문제 분석

- 1차 소비자의 에너지 효율:  $\frac{80}{1000} \times 100 = 8\%$
- 3차 소비자의 에너지 효율은 1차 소비자의 에너지 효율의 3배이므로 24 %이다.



생산자의 피식량 = 1차 소비자가 섭식을 통해 생산자로부터 얻는 유기물의 양(섭식량)

선택지 분석

- $\textcircled{1}$ 은 D의 순생산량이다. 호흡량
- $\textcircled{2}$  A의 호흡량은  $\textcircled{2}$ 에 포함된다.
- $\textcircled{3}$  2차 소비자의 에너지 효율은 12.5 %이다.

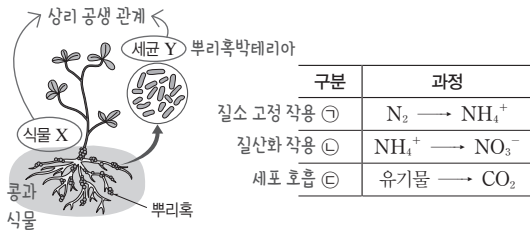
**전략적 풀이 ①** 식물 군집에서 물질의 생산량과 소비량의 관계를 분석하고 피식량의 의미를 이해한다.

(가)의 에너지 피라미드에서 A는 3차 소비자, B는 2차 소비자, C는 1차 소비자, D는 생산자이다.

- ㄱ. (나)에서  $\textcircled{1}$ 은 호흡량,  $\textcircled{2}$ 은 순생산량,  $\textcircled{3}$ 은 피식량이므로,  $\textcircled{1}$ 은 생산자인 D의 호흡량이다.
  - ㄴ. 3차 소비자인 A는 먹이 사슬을 따라 하위 영양 단계로부터 유기물을 공급받아 소비한다. 따라서 A의 호흡량은 1차 소비자의 섭식량에 포함되고, 이 섭식량은 생산자가 1차 소비자에게 먹히는 유기물의 양인 피식량( $\textcircled{3}$ )과 같다.
- ②** 영양 단계별 에너지량을 이용하여 각 영양 단계의 에너지 효율을 구한다.

ㄷ. 에너지 효율(%) =  $\frac{\text{현 영양 단계의 에너지량}}{\text{전 영양 단계의 에너지량}} \times 100$ 이므로, 1차 소비자의 에너지 효율은  $\frac{80}{1000} \times 100 = 8\%$ 이다. 3차 소비자의 에너지 효율은 1차 소비자의 에너지 효율의 3배이므로  $8\% \times 3 = 24\%$ 이다. 따라서  $\frac{2.4}{2차 소비자의 에너지량} \times 100 = 24\%$ 이므로, 2차 소비자(B)의 에너지량은 10이다. 이를 통해 2차 소비자의 에너지 효율을 구하면  $\frac{10}{80} \times 100 = 12.5\%$ 이다.

## 12 꼼꼼 문제 분석



- 질소 고정 작용: 질소 고정 세균에 의해 일어난다.
- 질산화 작용: 질산화 세균에 의해 일어난다.

### 선택지 분석

- ㉠ ㉠은 세포 호흡이다.
- ✗ Y에 의해 ㉡이 일어난다. ㉡
- ㉢ X는  $NH_4^+$ 을 이용하여 단백질을 합성한다.

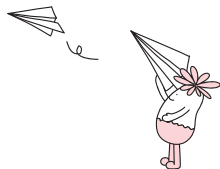
**전략적 풀이** ① 질소 순환의 각 과정에서 이온이 전환되는 형태를 파악하여 ㉠~㉢을 구분한다.

ㄱ. 대기 중의 질소 기체( $N_2$ )가 암모늄 이온( $NH_4^+$ )으로 전환되는 과정 ㉠은 뿌리혹박테리아나 아조토박터와 같은 질소 고정 세균에 의한 질소 고정 작용이다. 이 암모늄 이온( $NH_4^+$ )이 질산 이온( $NO_3^-$ )으로 전환되는 과정 ㉡은 질산화 세균에 의한 질산화 작용이다. 생물이 포도당과 같은 유기물을  $CO_2$  형태의 무기물로 분해하는 과정 ㉢은 세포 호흡이다.

ㄴ. 뿌리혹박테리아(세균 Y)에 의해 질소 고정 작용(㉠)이 일어나며, 질산화 세균에 의해 질산화 작용(㉡)이 일어난다.

② 질소 동화 작용이 무엇인지 파악한다.

ㄷ. 식물이 토양에서 흡수한 암모늄 이온( $NH_4^+$ )이나 질산 이온( $NO_3^-$ )을 이용하여 단백질, 핵산 등과 같은 질소 화합물을 합성하는 과정을 질소 동화 작용이라 한다. 콩과식물 X의 경우 뿌리혹에 서식하는 뿌리혹박테리아가 질소 고정 작용(㉠)을 통해 암모늄 이온( $NH_4^+$ )을 다량 공급해주어 토양에 질소가 부족한 환경에서도 질소 동화 작용이 원활히 일어날 수 있다.



## 2 생물 다양성과 보전

### 1 생물 다양성

#### 개념 확인 문제

316쪽

- ① 유전적    ② 종    ③ 생태계    ④ 생물 자원

- 1 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성    2 (1) × (2) ○  
 (3) ○ (4) × (5) ×    3 ㉠ 높으면, ㉡ 복잡, ㉢ 깨지지 않는다  
 4 (1) ㉢ (2) ㉠ (3) ㉡ (4) ㉣

1 생물 다양성은 일정한 지역에 존재하는 생물의 다양한 정도를 의미하는 것으로, 같은 생물종 내에서 각 개체들이 지닌 유전자 변이의 다양성(유전적 다양성), 군집을 구성하는 생물종의 다양성(종 다양성), 생물 서식지의 다양한 정도를 나타내는 생태계 다양성을 모두 포함한다.

- 2 (1) 유전적 다양성이 높은 생물종은 급격한 환경 변화가 발생하였을 때 살아남을 수 있는 가능성이 높아 멸종될 가능성이 낮다.  
 (2) 종 다양성은 일정한 지역에 얼마나 많은 생물종이 얼마나 균등하게 분포하여 살고 있는가를 의미한다. 생물종의 수가 많고, 각 생물종의 분포 비율이 고를수록 종 다양성이 높다.  
 (3) 생태계의 종류에 따라 서식하는 생물종이 다르므로 생태계가 다양할수록 종 다양성이 높아진다.  
 (4) 농경지는 특정 생물종만 재배하므로 종 다양성이 낮다. 열대 우림은 다양한 동식물이 서식하여 종 다양성이 높다.  
 (5) 갯벌과 습지는 육상 생태계와 수생태계를 잇는 완충 지역으로 각 생태계의 생물종과 육상 생태계와 수생태계의 자원을 모두 이용하는 생물종이 공존하여 종 다양성이 높다.

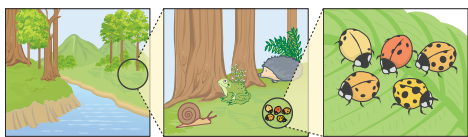
3 생태계 내 생물종 수가 많으면 종 다양성이 높기 때문에 복잡한 먹이 그물이 형성된다. 따라서 어느 한 생물종이 사라져도 대체할 수 있는 종이 있어 포식자는 다른 생물종을 먹고 살 수 있으므로 생태계 평형이 쉽게 깨지지 않는다.

- 4 (1) 쌀과 옥수수는 식량으로 이용된다.  
 (2) 목화의 씨에 붙어 있는 솜털로부터 얻은 면섬유와 누에고치로부터 얻은 비단은 의복의 재료로 사용된다.  
 (3) 버드나무 껍데기에서 아스피린의 주성분인 살리실산을 얻는다. 주목에서 얻은 물질인 택솔은 항암제로 사용되고 있다.  
 (4) 숲, 호수, 강, 습지 등과 같은 아름다운 자연경관은 관광 자원으로 활용될 수 있다.

- 자료 1** 1 (가) 생태계 다양성 (나) 종 다양성 (다) 유전적 다양성  
 2 (가) ㄴ (나) ㄷ (다) ㄱ 3 (1) ○ (2) ○ (3) ×  
 (4) × (5) ○ (6) ○
- 자료 2** 1 ㉠ 10, ㉡ 1, ㉢ 15, ㉣ 0, ㉤ 3, ㉥ 3 2 ㉦ 많  
 을수록, ㉧ 균등할수록 3 (1) ○ (2) × (3) ×  
 (4) ○ (5) ○ (6) ○

1-1 **꼼꼼 문제 분석**

생물 다양성은 일정한 지역에 존재하는 생물의 다양한 정도를 의미하며, 개체군의 유전적 다양성, 생태계를 구성하는 생물종의 다양성, 생물이 서식하는 생태계의 다양성을 모두 포함한다.



(가) 생태계 다양성 (나) 종 다양성 (다) 유전적 다양성

(가)는 어느 지역에서 생물의 서식지인 생태계의 다양성, (나)는 삼림 생태계의 종 다양성, (다)는 무당벌레 개체군의 유전적 다양성을 나타낸다.

1-2 ㄱ. 기린 개체들의 털 무늬가 다양하게 나타나는 것은 기린 개체군 내에서 유전자 변이로 다양한 형질이 나타났기 때문이므로 유전적 다양성(다)에 해당한다.

ㄴ. 열대 우림, 습지, 갯벌 등과 같이 생태계가 다양한 것은 생태계 다양성(가)에 해당한다.

ㄷ. 극지방과 적도 지방에서의 육상 식물의 종 수는 일정 지역에 서식하는 생물종의 다양한 정도를 나타내는 것으로 종 다양성(나)에 해당한다.

1-3 (1) 생태계에 따라 각 환경에 적응하여 살아가는 생물종이 다르므로 생태계 다양성이 높을수록 종 다양성도 높아진다.

(2) (나)는 달팽이, 개구리, 고슴도치, 무당벌레, 나무, 풀 등 한 생태계 내 군집을 구성하는 생물종의 다양한 정도를 의미하는 종 다양성을 나타낸 것이다.

(3) 종 다양성이 높으면 먹이 그물이 복잡하여 어떤 한 생물종이 사라지더라도 다른 생물종이 대체할 수 있다. 따라서 종 다양성(나)이 높을수록 생태계 평형은 쉽게 깨지지 않는다.

(4) 습지는 육상 생태계와 수생태계를 이어 주는 완충 지역으로 종 다양성이 높고, 농경지는 특정 생물종만 재배하므로 종 다양성이 낮다. 따라서 습지를 메꾸어 옥수수밭으로 만들면 종 다양성(나)이 낮아진다.

(5) (다)에서 무당벌레의 등 무늬와 색이 개체마다 다르게 나타나는

것은 유전적 다양성으로, 같은 생물종 내 개체들 간의 유전자 변이는 개체마다 서로 다른 대립유전자를 가지기 때문에 나타난다.

(6) 유전적 다양성(다)이 높은 종일수록 급격한 환경 변화에 살아남을 수 있는 개체가 포함될 확률이 높아 쉽게 멸종되지 않는다.

2-1 **꼼꼼 문제 분석**

(가)~(다)에 서식하는 종 A~D의 개체 수를 통해 밀도와 상대 밀도를 구할 수 있다.

구분	A	B	C	D	총 개체 수
(가)	㉠(10)	㉡(1)	1	? 3	㉢(15)
(나)	? 10	2	㉣(0)	3	? 15
(다)	4	㉤(3)	5	㉥(3)	? 15

2-3 (1) (가)와 (다)에는 종 A, B, C, D가 모두 서식하고, (나)에는 A, B, D만 서식하므로 분포하는 종의 수(종 풍부도)는 (가)=(다)>(나)이다.

(2) (가)에서는 종 A가 나머지 종에 비해 상대적으로 많이 분포하고, (다)에서는 종 A~D가 모두 고르게 분포하고 있다.

(3) A와 B는 서로 다른 종이므로 서로 다른 개체군을 이룬다.

(4) 밀도는 한 지역에 서식하는 특정 종의 개체 수를 서식지의 면적으로 나눈 값이다. (가)와 (나)에서 면적이 같고 A의 개체 수도 같으므로 A의 밀도는 같다.

(5) 면적이 서로 같을 때 특정 종의 상대 밀도는 전체 개체 수에 대한 특정 종의 개체 수 비율이다. (나)와 (다)에서 전체 개체 수가 같고 D의 개체 수도 같으므로 D의 상대 밀도는 같다.

(6) 종 다양성은 생물종의 수가 많고, 각 생물종이 분포하는 비율이 균등할수록 높아지므로 종 A~D가 모두 분포하고, 모든 종이 고르게 분포하는 (다)에서 종 다양성이 가장 높다.

내신 **안정** 문제

- 01 ④ 02 ④ 03 ② 04 유전적 다양성 05 ②  
 06 ① 07 ⑤ 08 해설 참조 09 ⑤ 10 ① 11 ③  
 12 ⑤ 13 ⑤

01 ① 같은 생물종 내 개체 간의 대립유전자가 다양한 정도를 나타내는 유전적 다양성은 종 다양성을 유지하는 기능을 한다. 또한 한 생태계마다 생물과 환경의 상호 작용 결과 독특한 생물 군집이 나타나므로 생태계가 다양할수록 생물종이 다양해져 종 다양성이 높아진다. 따라서 유전적 다양성, 종 다양성, 생태계 다양성은 서로 영향을 주고받는다.

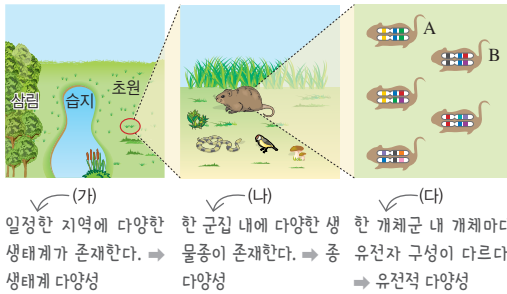
② 종 다양성이 높은 생태계는 먹이 그물이 복잡하게 형성되어 한 생물종이 사라져도 이를 먹이로 하는 포식자는 다른 생물종으로 먹이를 대체할 수 있다. 따라서 종 다양성이 높은 생태계는 안정적으로 유지되어 생태계 평형이 쉽게 깨지지 않는다.

③ 유전적 다양성이 높으면 생물종이 쉽게 멸종되지 않으므로 유전적 다양성은 종 다양성을 유지하는 데 중요한 역할을 한다.

⑤ 종 다양성은 한 생태계 내 군집을 구성하는 생물종의 다양한 정도를 의미한다. 종 다양성이 높다는 것은 일정한 지역에 분포하는 생물종 수가 많고, 각 생물종의 분포 비율이 고르다는 의미이다.

**바로알기** ④ 갯벌, 습지와 같이 서로 다른 두 생태계가 인접한 지역에서는 각 생태계의 생물종과 두 생태계의 자원을 모두 이용하는 생물종이 공존하므로 종 다양성이 높게 나타난다.

## 02 꼼꼼 문제 분석



④ (다)는 들쥐 개체군에서 각 개체를 구성하는 유전자의 구성이 다양한 것을 나타내므로 대립유전자의 다양한 정도인 유전적 다양성에 해당한다. 각 개체는 하나의 형질에 대한 대립유전자가 다양하여 형질에 차이가 나타나므로 개체 A와 B의 유전자 구성은 다를 수 있다.

**바로알기** ① (가)는 삼림, 습지, 초원의 여러 생태계가 존재하므로 생태계 다양성에 해당한다.

② 종 다양성(나)은 어느 한 군집을 이루는 생물종의 다양한 정도를 의미한다.

③ 종 다양성(나)에서 생물종이 다양할수록 먹이 그물이 복잡하게 형성된다.

⑤ 유전자 구성이 동일하면 유전적 다양성이 낮다. 개체군의 유전적 다양성이 높아야 급격한 환경 변화가 발생하였을 때 살아남는 개체가 포함될 확률이 높다.

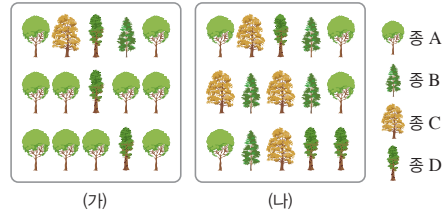
**03** 나. (가)는 같은 생물종이라도 개체마다 가진 대립유전자가 달라서 무늬, 색, 크기 등이 다르게 나타나는 유전적 다양성의 사례이다. 유전적 다양성은 한 생물종의 개체 사이에 대립유전자가 다양한 정도로, 하나의 형질을 결정하는 대립유전자의 종류가 다양할수록 생물종의 유전적 다양성이 높다.

**바로알기** 가. (가)는 유전적 다양성의 예이며, (나)는 갯벌이라는 하나의 생태계에 다양한 생물종이 서식한다는 것을 나타낸 것이므로 종 다양성의 예이다.

나. 다양한 생물종이 서식하는 갯벌을 간척하여 산업 단지를 건설하면 갯벌의 많은 생물종이 사라져 종 다양성이 낮아진다.

**04** 초파리 개체군에서 개체마다 날개 무늬와 형태가 다르게 나타나는 현상은 개체마다 가진 대립유전자의 종류가 다양하기 때문이다. 개체 간의 이러한 유전적 차이를 유전적 다양성이라고 한다.

## 05 꼼꼼 문제 분석



구분	(가)	(나)
종의 분포	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종 A: 10개체</li> <li>• 종 B: 1개체</li> <li>• 종 C: 1개체</li> <li>• 종 D: 3개체</li> </ul> 총 15개체 ⇒ 종 A가 높은 비율을 차지한다.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 종 A: 4개체</li> <li>• 종 B: 4개체</li> <li>• 종 C: 4개체</li> <li>• 종 D: 3개체</li> </ul> 총 15개체 ⇒ 4종의 분포 비율이 균등하다.

나. 종 다양성은 생물종의 수와 생물종의 분포 비율을 모두 포함한다. (가)에서는 종 A의 분포 비율이 다른 식물 종에 비해 매우 높고, (나)에서는 4가지 식물 종이 고르게 분포한다. 따라서 (나)는 (가)보다 종 다양성이 높다.

**바로알기** 가. (가)와 (나)에 서식하는 식물 종 수는 모두 4종이다.

나. (가)에서는 종 A가 다른 종에 비해 높은 비율로 분포하고, (나)에서는 종 A~D가 비슷한 비율로 분포한다. 따라서 (나)는 (가)보다 각 식물 종이 고르게 분포한다.

## 06 꼼꼼 문제 분석

생물종	봄	여름	가을
A	846	35	198
B	705	70	83
C	780	497	9
D	580	1105	245
E	235	348	95
F	253	5	0

6종, 각 생물종이 고르게 분포한다.

6종, 각 생물종의 분포가 봄에 비해 고르지 않다.

5종, 봄과 여름에 비해 생물 종의 수가 적고, 각 생물 종의 분포도 고르지 않다.

가. 종 다양성은 생물종의 수가 많을수록, 각 생물종의 분포 비율이 고될수록 높다. 봄에는 6종이 서식하며, 여름과 가을에 비해 각 생물종이 고르게 분포한다. 여름에는 6종이 서식하지만, 특정 생물종의 개체 수가 상대적으로 많아 생물종의 분포 비율이 봄보다 고르지 않다. 가을에는 5종이 서식하며, 생물종도 고르게 분포하지 않는다. 따라서 종 다양성은 봄에 가장 높다.



**바로알기** 나. 봄에 서식하는 생물종 수는 6종이며, 가을에 서식하는 생물종 수는 5종이다.

다. 제시된 자료는 하나의 생태계 내에서 계절별로 생물종 수와 각 생물종의 분포 비율이 다른 것을 나타내므로 종 다양성에 해당한다. 생태계 다양성은 일정 지역에 생물의 서식지인 생태계가 다양한 정도를 의미한다.

**07** 열대 우림은 적도와 적도 부근에 발달한 생태계로, 연평균 강수량이 많고 기온이 높아 층상 구조가 잘 발달되어 있어 매우 다양한 종류의 생물들이 서식한다. 따라서 여러 생태계 중 종 다양성이 가장 높은 생태계는 열대 우림이다.

**08** 갯벌은 육상 생태계와 수생태계 사이에 위치한 생태계이므로 두 생태계의 자원을 모두 이용하는 생물종이 서식하여 종 다양성이 높다. 농경지는 인위적으로 특정 생물이 잘 자랄 수 있도록 경작된 곳이므로 다양한 생물종이 살지 못해 종 다양성이 낮다.

**모범 답안** (가). 갯벌은 육상 생태계와 수생태계를 이어 주는 완충 지역이므로 각 생태계에 서식하는 생물종과 더불어 두 생태계의 자원을 모두 이용하는 생물종이 서식하여 종 다양성이 매우 높기 때문이다.

채점 기준	배점
기호를 쓰고, 그렇게 판단한 까닭을 옮겨 서술한 경우	100 %
기호만 옮겨 쓴 경우	40 %

**09** 가. 습지(A)는 육상 생태계와 수생태계를 잇는 완충 지역이다. 이처럼 서로 다른 생태계가 접해 있는 지역에서는 인접한 두 생태계의 자원을 이용하여 살아가는 생물종이 출현하기 때문에 종 다양성이 상대적으로 높다.

나. ㉠은 A라는 하나의 습지 생태계 내에 다양한 생물종이 서식하고 있다는 의미이므로 종 다양성에 해당한다.

다. 생태계의 종류와 특성에 따라 그곳에 서식하는 생물종이 다르고, 각각의 생태계에는 다른 생태계에서 볼 수 없는 고유한 생물종이 서식하기 때문에 생태계가 다양할수록 종 다양성이 높다. 따라서 ㉡이 다양할수록 종 다양성은 증가한다.

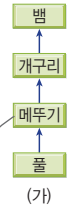
**10** 가. (가)는 생태계 다양성, (나)는 유전적 다양성, (다)는 종 다양성이다.

**바로알기** 나. 유전적 다양성(나)은 대립유전자 종류가 다양할수록 높아진다. 종 다양성(다)은 종의 수가 많을수록, 전체 개체 수에서 각 종이 차지하는 비율이 균등할수록 높아진다.

다. 무당벌레의 각 개체가 서로 다른 무늬를 나타내는 것은 무당벌레 개체군에서 다양한 대립유전자가 존재하기 때문이다. 따라서 유전적 다양성(나)의 예이다.

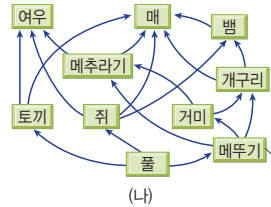
## 11 꼼꼼 문제 분석

생물종 수가 적다.  
⇒ 먹이 사슬이 단순하다.



메뚜기가 사라지면 이를 대체할 수 있는 생물종이 없으므로 개구리와 뱀도 사라진다.

생물종 수가 많다. ⇒ 먹이 사슬이 복잡하다.  
⇒ 생태계가 안정적으로 유지된다.



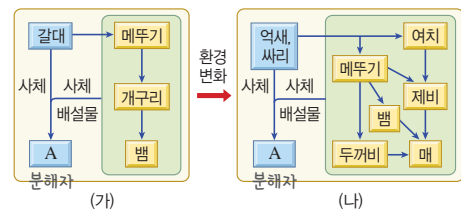
메뚜기가 사라지면 메뚜기의 포식자인 여우, 매, 뱀은 메뚜기와 개구리 대신 토끼나 쥐를 먹이로 하여 살 수 있다. 개구리와 메뚜기의 포식자인 메추라기와 개구리도 사라진다. 하지만 여우, 매, 뱀은 메추라기, 개구리 대신 토끼나 쥐를 먹이로 하여 살 수 있다.

가. (나)는 (가)보다 생물종 수가 더 많아 복잡한 먹이 그물을 형성하므로 종 다양성이 높다.

나. (가)는 먹이 사슬이 단순하여 어떤 생물종이 사라지면 이를 대체할 수 있는 다른 생물종이 없기 때문에 생태계 평형이 쉽게 깨진다. 반면 (나)는 먹이 사슬이 복잡하게 연결되어 있어 어떤 한 생물종이 사라져도 이를 대체할 수 있는 다른 생물종이 있기 때문에 생태계 평형이 잘 깨지지 않는다. 따라서 환경이 급격하게 변화하면 (가)는 (나)보다 생태계 평형이 쉽게 깨질 수 있다.

**바로알기** 다. (가)에서 메뚜기가 사라지면 메뚜기를 먹이로 하는 개구리는 먹이가 없어 사라지고, 개구리를 먹이로 하는 뱀도 먹이가 없어 사라질 것이다. 반면 (나)에서 메뚜기가 사라지면 메뚜기를 먹이로 하는 거미가 사라져 거미와 메뚜기를 먹이로 하는 메추라기와 개구리도 사라진다. 하지만 뱀은 개구리 대신 쥐를 먹고 살 수 있으므로 사라지지 않는다.

## 12 꼼꼼 문제 분석



- 한 생태계 내 생물종 사이의 먹이 사슬을 나타낸다. ⇒ 생물 다양성 중 종 다양성을 의미한다.
- 환경 변화로 인해 (나)는 (가)보다 먹이 그물이 복잡해졌다.
- 먹이 그물이 복잡할수록 안정된 생태계이다. ⇒ 생태계 평형이 쉽게 깨지지 않는다.

가. 생태계 내 각 생물들의 사체와 배설물을 처리하는 A는 분해자이다. 분해자에는 세균, 곰팡이, 버섯이 있다.

나. (나)일 때가 (가)일 때보다 먹이 그물이 복잡해졌다. 생태계의 먹이 그물이 복잡하게 형성될수록 더 안정된 생태계이다.

다. 환경 변화에 의해 생태계 내의 생물종 수가 증가했으므로 종 다양성이 증가하였다.

13 ① 쌀, 옥수수 등은 식량으로 이용된다.

② 목화의 씨에 붙어 있는 솜털은 면섬유를 만드는 데 사용되고, 면섬유는 의복의 재료로 사용된다.

③ 버드나무 껍데기에서는 살리실산을 추출할 수 있다. 살리실산은 해열·진통제인 아스피린의 주성분이다. 따라서 버드나무 껍데기에서 추출한 물질은 아스피린을 만드는 원료로 사용된다.

④ 생물의 유전자도 생물 자원이 된다. 예를 들어 야생의 벼에서 발견된 바이러스 저항성 유전자는 바이러스에 저항성이 있는 벼 품종을 개발하는 데 활용되고, 병충해에 저항성이 있는 생물의 유전자는 생명 공학 기술을 이용하여 새로운 농작물을 개발하는 데 활용된다.

**바로알기** ⑤ 생물 자원은 인간에게 경제적 혜택을 주는 자원적 가치뿐만 아니라, 심미적 가치도 가진다. 숲은 호수, 강 등과 함께 아름다운 경관을 이루어 인간에게 휴식 공간과 문화 공간을 제공하는 장소로, 생물 자원에 포함된다.

실력 UP 문제

321쪽

01 ②    02 ②    03 ⑤    04 ①

01 • 학생 B: 생태계 다양성은 생물의 서식지인 생태계의 다양한 정도를 의미한다. 따라서 삼림, 초원, 사막, 습지 등이 다양하게 나타나는 것은 생태계 다양성에 해당한다.

**바로알기** • 학생 A: 유전적 다양성은 한 개체군(종)에서 개체 간 대립유전자가 다양하여 형질이 다르게 나타나는 것을 의미한다. 따라서 같은 종의 달팽이에서 껍데기의 무늬와 색깔이 다양하게 나타나는 것은 유전적 다양성에 해당한다.

• 학생 C: 유전적 다양성은 일부 동물 종 뿐만 아니라 모든 생물 종에서 나타난다.

02 아일랜드에서 다양한 감자 품종 대신 단일 품종만을 선택적으로 재배한 결과 감자마름병이라는 전염병에 감염되어 대부분의 감자가 죽는 일이 발생한 사례를 제시하는 (가)는 유전적 다양성이다. 일정 지역에서 나타나는 생물종의 다양한 정도를 제시하는 (나)는 종 다양성이며, (다)는 생태계 다양성이다.

ㄴ. 종 다양성(나)이 높을수록 급격한 환경 변화가 일어났을 때 생존하는 종의 수가 많으므로 생태계가 안정적으로 유지된다.

**바로알기** ㄱ. 아일랜드의 감자 경작지의 경우처럼 단일 품종만을 재배하는 경우 개체 사이에 유전적 차이가 거의 없어 대립유전자의 종류가 적어진다. 대립유전자의 종류가 적을수록 유전적 다양성은 낮아져 급격한 환경 변화나 전염병 발생 시 개체군이 사라질 수 있다.

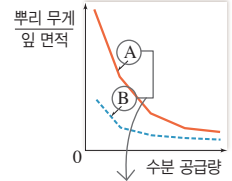
ㄷ. 종 풍부도와 종 균등도를 고려하는 것은 종 다양성(나)에 해당한다.

03 품종 문제 분석

$t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 종의 수가 많고 각 종의 분포 비율이 고르다.  $\Rightarrow t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 종 다양성이 높다.

구분	A	B	C	D	E
$t_1$	30	15	15	16	24
$t_2$	70	7	15	0	8

(단위: 개/m<sup>2</sup>)



강수량이 감소하였을 때 A의 밀도만 크게 증가하였다.

수분 공급량이 감소하면 A는 B보다 뿌리가 더 잘 발달한다.  $\Rightarrow$  A는 B보다 건조한 환경에 더 잘 적응하는 종이다.

ㄱ. 수분 공급량이 감소할 때 A는 B보다  $\frac{\text{뿌리 무게}}{\text{잎 면적}}$ 가 더 크게

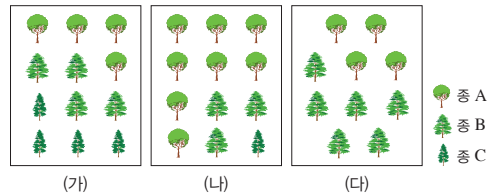
증가하므로 토양이 건조할 때 A는 B보다 뿌리가 더 잘 발달함을 알 수 있다. 표를 보면  $t_1$ 일 때보다 강수량이 감소한  $t_2$ 일 때 B~E의 밀도는 모두 감소하였으나 A의 밀도는 크게 증가한 것으로 보아 A와 B 중 건조한 환경에 더 잘 적응한 종은 A이다.

ㄴ.  $t_1$ 일 때 5종,  $t_2$ 일 때 4종이 서식하고 있으며,  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 각 종의 분포 비율이 균등하다. 따라서 식물 종 다양성은  $t_1$ 일 때가  $t_2$ 일 때보다 높다.

ㄷ. 면적이 같을 때 상대 밀도 =  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{모든 종의 개체 수}}$ 이므로,  $t_1$ 과

$t_2$ 일 때 C의 상대 밀도는 모두  $\frac{15}{100} \times 100 = 15\%$ 이다.

04 품종 문제 분석



종	(가)	(나)	(다)
A	4개체	8개체	4개체
B	4개체	3개체	6개체
C	4개체	1개체	0개체
합계	12개체	12개체	10개체

ㄱ. 군집은 일정한 지역에 여러 종류의 개체군(종)이 함께 서식하는 집단이므로 (가)에서 종 A와 종 B는 하나의 군집을 이룬다.

**바로알기** ㄴ. (가)와 (다)의 면적이 같고, A의 개체 수도 각각 4개체로 같다. 따라서 A의 개체군 밀도는 (가)와 (다)에서 같다.

ㄷ. (가)와 (나)에 서식하는 식물 종은 각각 3종으로 종 수는 같지만 (가)에서가 (나)에서보다 각 종의 분포 비율이 균등하다. 따라서 식물의 종 다양성은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

# 2 생물 다양성 보전

## 개념 확인 문제

324쪽

- 1 감소    2 단편화    3 외래 생물(외래종)    4 남획  
5 생물 농축

- 1 (1) ○ (2) × (3) × (4) ○ (5) ×    2 A    3 나, 다, 모, 바  
4 생태 통로    5 ②

- 1 (1) 서식지가 파괴되면 생물은 먹이를 구하고 생식을 할 수 있는 서식지를 잃게 되고, 서식지가 단편화되면 서식지 면적이 감소하고 생물이 고립되므로 생물 다양성이 크게 감소한다.  
(2) 서식지가 단편화되면 가장자리의 면적은 증가하고 중앙의 면적은 감소한다.  
(3) 지리산에 서식하던 반달가슴곰은 무분별한 밀렵으로 현재 멸종 위기에 처해 있어 국가 수준에서 보호하고 있다.  
(4) 물, 먹이를 통해 생물의 체내로 유입된 유해한 화학 물질과 중금속은 분해되거나 배출되지 않고 생물 농축을 일으키므로 하위 영양 단계의 생물보다 상위 영양 단계의 생물에게 더 심각한 피해를 준다.  
(5) 외래 생물이 천적이 없는 새로운 환경으로 유입되면 대량으로 번식하여 고유종의 서식지를 침범하거나 먹이 사슬을 훼손하여 생물 다양성을 감소시킨다.

2 서식지가 단편화되면 가장자리(B)의 면적은 넓어지고, 중앙(A)의 면적은 좁아지므로 서식지의 가장자리에 사는 생물종보다 중앙에 사는 생물종이 더 큰 영향을 받는다.

3 나, 다, 모, 바. 돼지풀, 뉴트리아, 큰입배스, 붉은귀거북은 외래 생물로, 우리나라에 유입된 후 천적이 없어 대량으로 번식하여 고유종의 생존을 위협하고 생태계 평형을 깨뜨리고 있다.  
바로알기 가, 라. 참봉어, 은해나무는 우리나라의 고유종이다.

4 산을 절개하여 도로를 건설할 때 야생 동물의 이동 통로인 생태 통로를 설치하면 서식지가 연결되어 야생 동물이 차에 치어 죽거나 서식지가 분리되어 생물이 고립되는 것을 막을 수 있다.

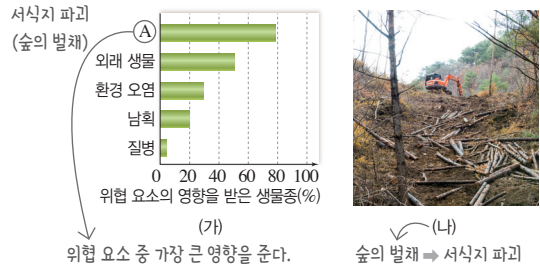
5 바로알기 ② 서식지 단편화는 서식지의 면적을 감소시키고 생물종의 이동을 제한하여 생물 다양성을 감소시키는 원인이다.

## 대표 자료 분석

325쪽

- 자료 1 1 나, 다, 라, 모    2 (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) ×  
자료 2 1 서식지 단편화    2 ㉠ 넓어지고, ㉡ 좁아진다.  
㉢ 중앙    3 (1) ○ (2) ○ (3) × (4) ○

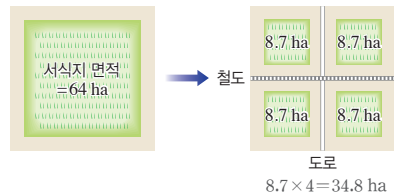
## 1-1 품공 문제 분석



가, 바. 개체군의 크기가 회복되지 못할 정도로 특정 생물종을 과도하게 많이 포획하는 남획을 금지하여 생물종을 보호하는 것과 특정 지역을 국립 공원으로 지정·관리하여 서식지를 보전하는 것은 생물 다양성을 보전하는 방법이다.

- 1-2 (1), (2) 숲의 벌채는 서식지 파괴에 해당한다. 생물 다양성을 감소시키는 가장 큰 원인은 인간의 활동에 의한 서식지 파괴와 단편화이다.  
(3), (4) 숲의 벌채로 인해 서식지 면적이 감소하면 모든 종이 서식지를 잃게 되므로 동물과 식물의 종 수가 모두 감소한다.  
(5) 외래 생물을 도입하였을 때 천적이 없는 경우 대량으로 번식하여 고유종의 서식지를 차지하고 고유종이 멸종하는 원인이 된다. 그 결과 생물종 수가 감소하고 먹이 사슬을 변화시켜 생태계 평형이 깨지기도 한다.

## 2-1 품공 문제 분석



- 대규모의 서식지가 철도, 도로에 의해 4개의 서식지로 분할되었다. ⇒ 서식지 단편화
- 서식지의 면적은 절반 가까이 줄어들었다(64 ha ⇒ 34.8 ha).

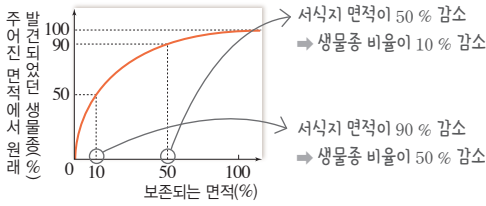
2-2 서식지가 단편화되면 가장자리의 면적은 넓어지고(㉠), 중앙의 면적은 좁아진다(㉡). 따라서 서식지의 가장자리에 사는 생물종보다 중앙(㉢)에 사는 생물종이 더 큰 영향을 받는다.

- 2-3 (1), (3) 대규모의 서식지가 소규모로 분할되면 생물종의 이동이 제한되어 생물종을 고립시키게 되며, 단편화된 서식지 내에 서만 생물종의 교배가 일어나므로 유전적 다양성이 감소한다.  
(2) 서식지 면적이 감소하면 생물종 수가 감소하므로 종 다양성이 감소한다.  
(4) 산을 절개하여 도로를 건설할 때 생태 통로를 만들면 서식지 분리를 막아 생물종 수가 감소하는 것을 방지할 수 있다.

- 01 ④    02 ③    03 ②    04 ②    05 ③    06 ③  
 07 ④    08 해설 참조    09 ③    10 ③

**01** **바로알기** ④ 핵심종은 서식지마다 생태계를 유지하는 데 상대적으로 중요한 역할을 하는 종으로, 핵심종의 개체 수를 관리하면 생물 다양성을 보전하는 데 도움이 된다.

**02** **꼼꼼 문제 분석**



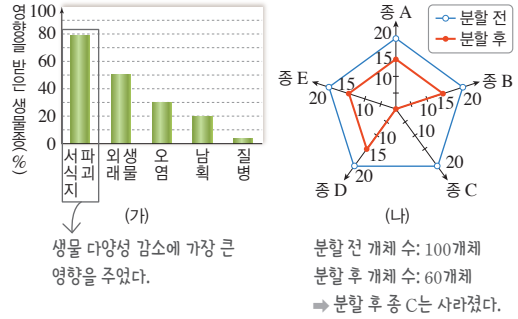
ㄱ. 서식지의 면적이 감소할수록 주어진 면적에서 원래 발견되었던 생물종의 비율이 점차 줄어든다. 이를 통해 서식지 면적이 감소하면 그 지역의 생물 다양성이 감소한다는 것을 알 수 있다.  
 ㄴ. 보존되는 서식지의 면적이 50%로 감소하면 주어진 면적에서 원래 발견되었던 생물종 수가 90%로 감소하므로 그 지역에 살던 생물종 수가 10% 감소한다는 것을 알 수 있다.  
**바로알기** ㄷ. 서식지의 면적이 감소하면 그 지역에 살던 개체군의 크기가 감소하여 특정 생물종의 멸종으로 이어질 수 있다.

**03** ① (나)는 (가)보다 생물종 수가 감소하였으므로 서식지 단편화로 인해 생물 다양성이 감소하였다.  
 ③ (나)와 같이 단편화된 두 서식지를 생태 통로로 연결시켜 주면 생물이 생존하는 데 필요한 자원을 얻기 쉬워지고, 서로 교배가 가능해지므로 유전적 다양성의 감소를 막을 수 있어 생물 다양성 보전에 도움이 된다.  
 ④ 서식지가 단편화되면 생태계의 모든 생물에게 영향을 미친다.  
 ⑤ 서식지가 단편화되면 서식지 가장자리의 면적은 증가하고, 서식지 중앙의 면적은 감소한다. 따라서 서식지의 가장자리에 사는 생물보다 서식지의 중앙에 사는 생물에게 더 큰 영향을 미친다.  
**바로알기** ② 생태계 평형은 종 다양성이 높을 때 잘 유지되므로 (가)가 (나)보다 생태계 평형이 잘 유지된다.

**04** ㄴ. 철도, 도로 건설에 의해 서식지가 단편화되면 야생 동물이 도로를 건너다가 차에 치여 죽는 로드킬의 발생률이 증가한다.  
**바로알기** ㄱ. 서식지가 소규모로 분할되면 가장자리(서식지 주변부)의 비율이 증가하여 서식지 면적은 철도와 도로의 면적보다 훨씬 더 많이 감소한다.

ㄷ. 서식지가 단편화되었을 때 실제 감소되는 면적이 적더라도 가장자리의 비율이 늘어나고 서식지의 중심부가 줄어들므로 서식지의 중심부에서 살아가는 생물의 개체 수가 감소한다.

**05** **꼼꼼 문제 분석**



ㄱ. (가)에서 생물 다양성의 감소 원인에 따라 영향을 받은 종의 비율이 가장 큰 것은 서식지 파괴이다.  
 ㄴ. 면적이 같을 때 상대 밀도(%) =  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{조사한 모든 종의 개체 수 합}} \times 100$ 이다. 따라서 서식지 분할 후 A와 B의 상대 밀도는 모두  $\frac{15}{60} \times 100 = 25\%$ 이다.

**바로알기** ㄷ. 서식지 분할 후 종 C가 사라졌으므로 분할 전 5종에서 분할 후 4종으로 감소하였다. 서식지 분할 전에 전체 개체 수는 100이었으나, 분할 후에는 전체 개체 수가 60으로 감소하였다. 따라서 서식지 분할 후 개체 수와 생물종 수는 모두 감소하였다.

**06** ㄱ, ㄴ. 외래종은 새로운 환경에서 천적이 없는 경우 대량으로 번식하여 고유종의 서식지를 차지하고, 고유종의 개체 수를 감소시킬 수 있다. 또한 먹이 사슬을 변화시켜 생태계 평형을 깨뜨리게 된다.  
**바로알기** ㄷ. 서식지의 면적이 감소되는 것은 서식지 파괴와 서식지 단편화가 원인이다.

**07** ㄴ. (나)에서 큰입배스가 먹이 사슬의 최상위 영양 단계에 있으므로 천적이 존재하지 않는다는 것을 알 수 있다.  
 ㄷ. 먹이 그물이 복잡한 경우 어느 한 생물종이 사라져도 대체할 생물종이 있어 생태계 평형이 쉽게 깨지지 않지만, 먹이 그물이 단순한 경우 어느 한 생물종이 사라지면 대체할 생물종이 없으므로 생태계 평형이 쉽게 깨진다. 먹이 그물은 큰입배스가 도입된 후(나)가 도입되기 전(가)보다 더 단순하므로, (나)일 때는 (가)일 때보다 생태계 평형이 깨지기 쉽다.  
**바로알기** ㄱ. 외래 생물인 큰입배스가 도입되기 전(가)보다 도입된 후(나) 생물종 수가 줄어들고 먹이 그물이 단순해졌다. 따라서 큰입배스가 도입된 후 종 다양성이 감소하였다.



**08** 산을 절개하여 도로를 건설할 때 생태 통로를 설치하여 야생 동물의 서식지를 연결해 주면 야생 동물이 생태 통로를 통해 이동할 수 있으므로, 서식지가 분리되는 것을 막을 수 있다.

**모범 답안** 산을 절개하여 도로를 건설할 때 생태 통로를 설치하면 서식지를 연결해 줌으로써 서식지 단편화로 인한 생물 다양성 감소를 줄일 수 있다.

채점 기준	배점
서식지 단편화를 언급하고, 서식지를 연결하여 생물 다양성 감소를 방지한다는 의미를 함께 서술한 경우	100 %
서식지 단편화만 언급한 경우	50 %

**09** **바로알기** ③ 희귀종의 서식지를 소규모로 분할하면 서식지의 면적이 줄어들어 개체 수가 감소하여 생물 다양성이 감소한다.

**10** 생물 다양성 협약(가)은 생물 다양성의 보전, 생물 자원의 지속가능한 이용, 생물 자원을 이용하여 얻어지는 이익의 공정하고 공평한 분배를 위하여 1992년 유엔(UN) 환경 개발 회의에서 채택되었다. 람사르 협약(나)은 물새 서식지로 중요한 습지를 보전하기 위해 채택되었다.

## 실력 UP 문제

328쪽

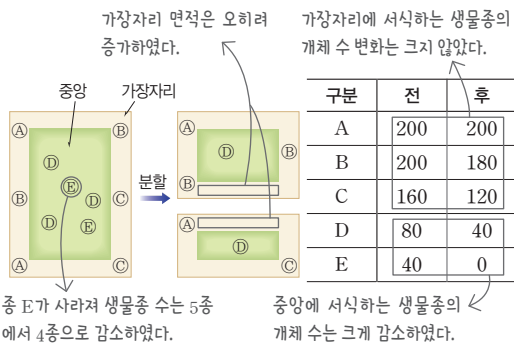
01 ④ 02 ③

**01** • 학생 B: 야생 동물을 밀렵하거나 희귀 식물을 채취하는 것과 같이 특정 생물종을 불법 포획하거나 남획하면 그 생물종은 개체 수가 급격히 감소하여 멸종될 수 있다. 따라서 불법 포획과 남획은 생물 다양성 감소의 원인이 된다.

• 학생 C: 국립 공원 지정은 생물 다양성 보전을 위한 국가적 차원의 노력에 해당한다.

**바로알기** • 학생 A: 외래 생물은 새로운 환경에서 천적이 없는 경우 대량으로 번식하여 고유종의 서식지를 차지하고, 고유종의 개체 수를 감소시킬 수 있다. 또한 먹이 사슬을 변화시켜 생태계 평형을 깨뜨리게 된다. 따라서 무분별한 외래 생물의 도입은 생물 다양성 감소의 원인이 된다.

### 02 품공 문제 분석



ㄱ. 서식지 분할 후 종 E가 사라졌으므로 생물종의 수는 5종에서 4종으로 감소하였다.

ㄷ. 가장자리에 서식하는 종 A, B, C의 총 개체 수는 분할 전 560에서 분할 후 500으로 60개체가 감소하였고, 중앙에 서식하는 종 D, E의 총 개체 수는 분할 전 120에서 분할 후 40으로 80개체가 감소하였다. 따라서 가장자리보다 중앙에 서식하는 개체 수가 더 많이 감소하였다.

**바로알기** ㄴ. 서식지가 분할되면 서식지 중앙의 면적은 크게 감소하지만 가장자리의 면적은 증가한다. 따라서  $\frac{\text{가장자리 면적}}{\text{중앙 면적}}$ 의 값은 증가한다.

### 중단원 핵심 정리

329쪽

- ① 유전적
- ② 종
- ③ 생태계
- ④ 단순
- ⑤ 복잡
- ⑥ 의복
- ⑦ 의약품
- ⑧ 단편화
- ⑨ 외래 생물(외래종)
- ⑩ 생태 통로

### 중단원 마무리 문제

330~332쪽

01 ② 02 ③ 03 ④ 04 ③ 05 ④ 06 ②  
07 ① 08 ③ 09 ③ 10 ② 11 해설 참조 12 해설 참조  
13 해설 참조

**01** ㄷ. (다)는 생태계 다양성을 나타낸 것으로, 삼림, 습지, 초원 등 생물 서식지의 다양한 정도를 의미한다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 들쥐 개체군을 구성하는 각 개체 사이의 유전적 차이를 나타낸 것으로, 유전적 다양성을 의미한다.

ㄴ. (나)는 삼림 생태계를 구성하는 군집 내 모든 생물종의 다양한 정도를 나타내는 것으로, 종 다양성을 의미한다.

**02** ① 생물 다양성이 높을수록 먹이 그물이 복잡하다. 따라서 어느 한 생물종이 사라져도 포식자는 다른 생물종을 먹이로 하여 살 수 있으므로 생태계 평형이 쉽게 깨지지 않고 안정적으로 유지된다.

② 생태계의 종류에 따라 서식하는 생물종이 다르므로 생태계가 다양할수록 종 다양성이 높아지며, 다양한 환경에 적응하는 각 개체군의 유전적 다양성도 높아진다.

④ 한 생태계에 서식하는 생물종의 다양한 정도를 종 다양성이라고 하고, 어떤 지역에 존재하는 생태계의 다양한 정도를 생태계 다양성이라고 한다.

⑤ 생태계를 구성하는 생물종의 수가 많을수록, 각 생물종의 분포 비율이 고를수록 종 다양성이 높아진다.

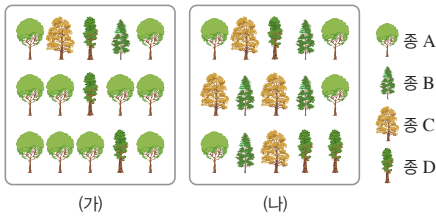
**바로알기** ③ 우수한 품종의 작물을 대규모로 재배하면 특정 형질로 단일화되므로 유전적 다양성이 낮아진다.

**03** • 학생 A: 종 다양성이 높을수록 먹이 사슬이 복잡하게 형성되므로 생태계가 안정적으로 유지된다.

• 학생 B: 생물종 수는 기온이 높고 강수량이 많은 적도 지방이 많고, 극지방으로 갈수록 감소하는 경향이 있다. 열대 우림은 적도 부근에 형성되어 식물 종이 많고 그 식물을 이용하는 동물이나 균류도 많아 종 다양성이 가장 높은 생태계이다.

**바로알기** • 학생 C: 유전적 다양성이 높을수록 환경이 급변하거나 전염병이 발생하였을 때 살아남는 개체가 있을 확률이 높기 때문에 멸종될 확률이 낮아진다.

**04** **꼼꼼 문제 분석**



종	A	B	C	D
(가)	10	1	1	3
(나)	4	4	4	3

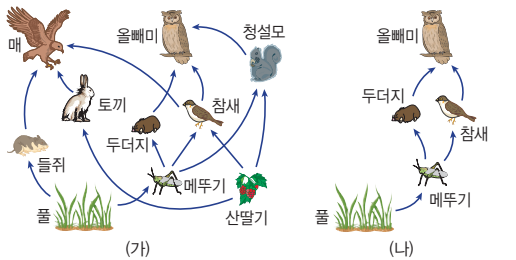
- (가)와 (나)의 종 수는 같지만 종을 구성하는 개체 수는 (나)가 (가)보다 더 균등하다. → 종 다양성은 (나)에서가 (가)에서보다 높다.
- (가)와 (나)의 면적이 같고 종 D의 개체 수가 같다. → (가)와 (나)에서 종 D의 개체군 밀도는 같다.

ㄱ. 면적이 같은 지역 (가)와 (나)에서 종 D의 개체 수가 각각 3개체로 같으므로, 종 D의 개체군 밀도는 지역 (가)와 (나)에서 같다.

ㄴ. 지역 (가)와 (나)에 서식하는 식물 종의 수는 각각 4종으로 같지만, 각 식물종을 구성하는 개체 수가 (나)에서가 (가)에서보다 균등하므로 (나)에서가 (가)에서보다 종 다양성이 높다.

**바로알기** ㄴ. 종 균등도란 균집을 구성하는 생물종의 개체 수가 균일한 정도이다. (가)에는 종 A의 개체 수가 전체 개체 수에서 절반 이상을 차지하고, (나)에는 종 A~D가 상대적으로 고르게 분포하고 있다. 따라서 (나)에서가 (가)에서보다 종 균등도가 높다.

**05** **꼼꼼 문제 분석**



먹이 사슬이 복잡하게 얽혀 있고 생물종 수가 많다. → 종 다양성이 높고 생태계 안정성이 높다.

먹이 사슬이 단순하고 생물종 수가 적다. → 종 다양성이 낮고 생태계 안정성이 낮다.

ㄴ. (가)는 생물종 수가 많아 먹이 사슬이 복잡하게 얽혀 있지만 (나)는 생물종 수가 적어 먹이 사슬이 단순하다. 먹이 사슬이 단순하면 한 생물종이 사라졌을 때 그것을 대체할 생물종이 없어 생태계의 안정성이 위협을 받게 된다. 그러나 먹이 사슬이 복잡하게 얽혀 있으면 한 생물종이 사라져도 그것을 대체할 다른 생물종이 존재할 확률이 높아 생태계의 안정성에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 생태계의 안정성은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

ㄷ. (가)의 경우 메뚜기가 사라지면 참새는 산딸기를 먹이로 하여 살 수 있다. (나)의 경우 메뚜기가 사라지면 참새는 굶어 죽게 된다. 따라서 메뚜기가 사라지면 참새의 개체 수 감소는 (가)보다 (나)에서 먼저 나타날 것이다.

**바로알기** ㄱ. (가)는 생물종 수가 10종이지만, (나)는 5종이다. 따라서 종 다양성은 (가)에서가 (나)에서보다 높다.

**06** **바로알기** ② 목화의 씨에 붙어 있는 솜털을 이용하여 면섬유를 만들고, 누에고치를 이용하여 비단을 만든다.

**07** ② 상아를 얻기 위해 아프리카코끼리를 남획한 결과 아프리카코끼리의 개체 수가 크게 감소하여 멸종 위기에 처하였다.

③ 도로를 건설하기 위해 대규모의 초원을 소규모로 분할하면 서식지가 단편화된다. 서식지 단편화는 생물의 서식지 면적을 감소시켜 생물종을 감소시키고, 생물을 고립시켜 단편화된 서식지에서 서만 교배가 일어나게 하므로 유전적 다양성을 감소시킨다.

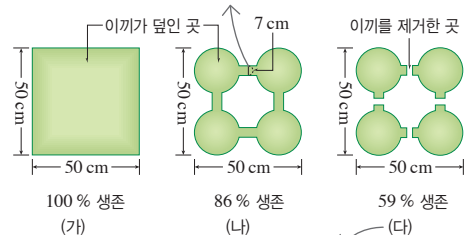
④ 외래 생물인 큰입배스는 우리나라 하천에 천적이 없어 개체 수가 크게 증가하였고, 고유종을 잡아먹어 생태계를 교란하였다.

⑤ 목장과 농경지를 만들기 위해 열대 우림의 많은 나무를 벌채하면서 서식지가 파괴되므로 생물 다양성을 크게 감소시킨다.

**바로알기** ① 반달곰을 인공적으로 번식시키고 적응 훈련을 거쳐 원래 살던 자생지에 방사하는 것은 멸종 위기의 종을 보호하기 위한 것이므로 생물 다양성을 보전하기 위한 노력에 해당한다.

**08** **꼼꼼 문제 분석**

서식지 면적이 감소하였지만 이동 통로가 있다. → 완전히 분할되었을 때보다 생물종 수의 감소가 적다.



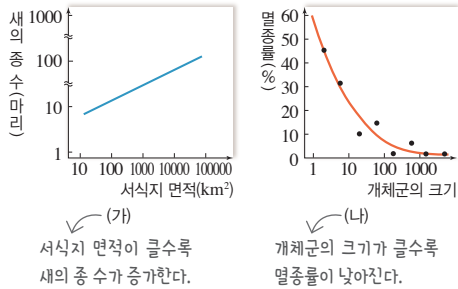
서식지가 네 부분으로 분할되었다. → 서식지의 면적이 줄어들고 단편화되어 생물종 수가 많이 감소한다.

ㄱ. 이끼의 면적이 (가) → (나) → (다)로 갈수록 감소하였고, 이끼층이 단편화될수록 소형 동물 종의 이동이 제한되었다.

ㄴ. (가) → (나) → (다)로 갈수록 소형 동물의 생존율이 100% → 86% → 59%로 감소하였다.

**바로알기** ㄷ. 서식지가 분할되면 중앙의 면적이 줄어들어 중앙에 서식하는 생물종 수가 감소한다.

### 09 꼼꼼 문제 분석



ㄱ. (가)에서 서식지의 면적이 클수록 새의 종 수가 증가하는 것으로 보아 서식지의 면적이 클수록 종 다양성이 증가한다는 것을 알 수 있다.

ㄷ. (가)에서 서식지의 면적이 작아지면 새의 종 수가 감소하고, (나)에서 개체군의 크기가 작아지면 새의 멸종률이 높아진다. 따라서 서식지의 면적이 감소하여 개체군의 크기가 작아지면 멸종될 가능성이 높아진다는 것을 알 수 있다.

**바로알기** ㄴ. (나)에서 개체군의 크기가 클수록 새가 멸종될 확률은 낮아진다.

**10** ㄴ. 뉴트리아, 큰입배스, 붉은귀거북은 모두 천적이 거의 없어 고유종의 생존을 위협하는 외래 생물이다. 뉴트리아는 경남 일대의 물가에 정착해 수생 식물을 광범위하게 뜯어먹고, 큰입배스는 토종 물고기를 닥치는 대로 잡아먹으며, 붉은귀거북은 고유종인 남생이의 서식지를 차지하고 토종 붕어도 잡아먹는다. 그 결과 이들은 우리나라 고유종의 개체 수를 감소시켜 생물 다양성을 감소시키고 있다.

**바로알기** ㄱ, ㄷ. 뉴트리아(가)와 붉은귀거북(다)은 천적이 거의 없어 생태계를 교란하는 외래 생물이다.

**11** 옥수수밭과 같이 단일 품종을 재배하는 생태계는 유전적 다양성이 낮아 급격한 환경 변화에 의해 해충이 몰려오면 큰 피해를 입을 수 있다. 반면에 유전적 다양성이 높으면 해충에 대한 저항성을 지닌 유전자를 가져 환경 변화에 살아남는 개체가 있을 확률이 높다.

**모범 답안** 단일 품종은 유전적 다양성이 낮아 급격한 환경 변화에 적응하지 못하고 멸종될 가능성이 크기 때문이다.

채점 기준	배점
유전적 다양성이 낮아 멸종될 가능성이 크기 때문이라고 옳게 서술한 경우	100 %
유전적 다양성이 낮기 때문이라고만 서술한 경우	50 %

**12** 종 다양성은 생물종의 수가 많을수록 각 생물종의 분포 비율이 균등할수록 높다. (가)와 (나)에 서식하는 생물의 종 수는 5종으로 같지만, 분포 비율을 비교할 때 (가)에서 (나)에서보다 각 생물종의 개체 수가 고르게 분포하므로 종 다양성이 높은 지역은 (가)이다.

**모범 답안** (가), 두 지역에 서식하는 생물의 종 수는 같지만 (가)에서 (나)에서보다 각 생물종이 더 균등하게 분포한다.

채점 기준	배점
(가)를 선택하고 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
(가)를 선택하였으나 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	50 %

**13** **모범 답안** 서식지 중앙, 서식지가 단편화되면 서식지 중앙의 면적은 감소하고 서식지 가장자리의 면적은 증가하기 때문에 서식지 가장자리보다 서식지 중앙의 생물 다양성이 더 급격하게 감소한다.

채점 기준	배점
서식지 중앙을 선택하고, 그 까닭을 옳게 서술한 경우	100 %
서식지 중앙을 선택하였으나 그 까닭을 옳게 서술하지 못한 경우	40 %

### 수능 실전 문제

334~335쪽

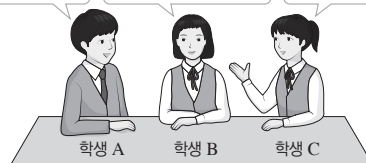
- 01 ②    02 ③    03 ④    04 ④    05 ②    06 ④  
07 ④    08 ③

### 01 꼼꼼 문제 분석

사람마다 눈동자 색 같이 다른 것은 종 다양성에 해당합니다. > 유전적 다양성

유전적 다양성이 낮은 환경이 급격히 변했을 때 멸종될 확률이 낮습니다. 높습니다.

삼림, 초원, 사막, 습지 등이 다양하게 나타나는 것은 생태계 다양성에 해당합니다.



- 같은 종 내에서 개체 간 형질의 차이는 유전적 다양성에 해당한다.
- 유전적 다양성이 높은 종일수록 질병이나 급격한 환경 변화에도 생존할 가능성이 높다.
- 한 생태계 내에 서식하는 생물종의 다양한 정도는 종 다양성에 해당한다.
- 어떤 지역에서 삼림, 초원, 사막, 습지 등 생태계가 다양하게 나타나는 것은 생태계 다양성에 해당한다.

### 선택지 분석

- ⓧ A    ② C    ⓧ A, C    ⓧ B, C    ⓧ A, B, C

**전략적 풀이 ①** 생물 다양성의 세 가지 의미를 옳게 제시하고 있는지를 파악한다.

• 학생 A: 사람의 다양한 눈동자 색깔, 기린의 다양한 털 무늬, 무당벌레의 다양한 무늬와 색깔 등 한 종 내에서 개체 간 유전자 변이가 다양하여 형질이 다르게 나타나는 것은 유전적 다양성에 해당한다.

• 학생 C: 어떤 지역에서 삼림, 초원, 사막, 습지 등 여러 생태계가 다양하게 나타나는 것은 생태계 다양성에 해당한다.

② 유전적 다양성이 종의 생존에 미치는 영향에 대해 생각해 본다.

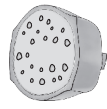
• 학생 B: 유전적 다양성이 높을수록 개체군 내의 개체가 갖는 대립유전자가 다양해져 질병 발생이나 급격한 환경 변화에도 적응하여 살아남는 개체가 있을 가능성이 크다. 따라서 유전적 다양성이 낮은 종은 환경이 급격히 변했을 때 멸종될 확률이 높다.

## 02 꼼꼼 문제 분석

다양한 개체군(종)이 하나의 군집을 형성한다.

생태계 다양성	구분	예
유전적 다양성	(가)	어떤 지역에 초원, 삼림, 습지 생태계가 존재한다.
	(나)	같은 종의 기린에서 다양한 털 무늬가 나타난다.
종 다양성	(다)	어떤 습지 생태계에서는 ①280종의 식물, 36종의 조류, 26종의 어류 등 다양한 생물종이 서식하고 있다.

야생종 바나나는 그림과 같이 씨가 있어  
 ㉠씨를 통해 번식한다. 현재 우리가 먹는 바나나는 야생종을 개량하여 씨가 없기 때문에 바나나의 ㉡줄기 일부를 잘라 옮겨 심어 번식시킨다.



㉠은 유성 생식(수정)을 통해 번식하므로 자손의 유전적 다양성이 높다.

㉡는 무성 생식을 통해 번식하므로 자손의 유전적 차이가 없다.

### 선택지 분석

- ㉠ (가)는 생물적 요인과 비생물적 요인을 포함한다.
- ✗ ㉡ 방법보다 ㉠ 방법으로 번식시킬 때 (나)가 높아진다.  
 ㉠보다 ㉡ 방법으로
- ㉢ ㉠은 군집을 이룬다.

**전략적 풀이 ①** 생물 다양성의 세 가지 의미를 이해한다.

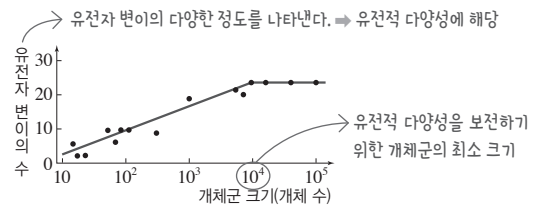
㉠. (가)는 초원, 삼림, 강, 습지 등 여러 생태계의 다양한 정도를 의미하는 생태계 다양성이다. 하나의 생태계는 생물적 요인과 비생물적 요인으로 구성되어 있으므로, (가)는 생물적 요인과 비생물적 요인을 모두 포함한다.

㉡. ㉠은 어떤 습지 생태계에 서식하는 다양한 생물종을 의미하며, 이러한 생물종은 하나의 군집을 이룬다.

② 유성 생식과 무성 생식 중 유전적 다양성을 높이는 생식 방식은 무엇인지 생각해 본다.

㉠. (나)는 동일한 종에서 개체 간에 유전자 변이가 다양한 정도를 의미하는 유전적 다양성이다. 씨를 통해 번식하는 것(㉠)은 암수 생식세포의 수정을 통한 유성 생식이므로 유전적으로 다양한 자손이 생긴다. 반면 줄기의 일부를 잘라 옮겨 심어 번식하는 것(㉡)은 무성 생식이므로 동일한 유전자를 가진 자손이 생겨 유전적으로 다양성이 거의 없다. 따라서 ㉠ 방법보다 ㉡ 방법으로 번식시킬 때 유전적 다양성이 높아진다.

## 03 꼼꼼 문제 분석



⇒ 개체군의 크기가 10<sup>5</sup>일 때가 10<sup>3</sup>일 때보다 유전적 다양성이 높으므로 10<sup>5</sup>일 때는 10<sup>3</sup>일 때보다 환경 변화에 대한 적응력이 높다.

### 선택지 분석

- ✗ 생물 다양성 중 종 다양성에 해당한다. 유전적 다양성
- ㉠ 이 생물종에서 유전적 다양성을 보전하기 위한 개체군의 최소 크기는 약 10<sup>4</sup>이다.
- ㉡ 개체군의 크기가 10<sup>5</sup>일 때가 10<sup>3</sup>일 때보다 환경 변화에 대한 적응력이 높다.

**전략적 풀이 ①** 그림이 생물 다양성의 세 가지 의미 중 무엇에 해당하는지를 파악한다.

㉠. 한 개체군 내 유전자 변이의 수가 많다는 것은 생물 다양성 중 유전적 다양성에 해당한다. 종 다양성은 한 생태계 내의 군집에 서식하는 생물종의 다양한 정도를 의미한다.

② 유전자 변이의 수와 유전적 다양성의 관계를 파악한다.

㉠. 유전적 다양성을 보전하기 위한 개체군의 최소 크기는 유전자 변이의 수가 최대 되었을 때의 개체군 크기이다. 따라서 유전적 다양성을 보전하려면 유전자 변이의 수가 최대가 되는 때인 개체군 크기 10<sup>4</sup> 수준까지는 개체군을 보호해야 한다.

㉡. 유전적 다양성이 높은 개체군일수록 환경 변화에 대한 적응력이 높다. 개체군 크기가 10<sup>5</sup>일 때가 10<sup>3</sup>일 때보다 유전자 변이의 수가 많으므로 유전적 다양성이 높다. 따라서 개체군 크기가 10<sup>5</sup>일 때가 10<sup>3</sup>일 때보다 환경 변화에 대한 적응력이 높다.



### 04 꼼꼼 문제 분석

㉠과 ㉡의 면적이 같고 ㉠에서 B와 ㉡에서 E의 개체 수가 같다. ⇒ ㉠에서 B와 ㉡에서 E의 개체군 밀도가 서로 같다.

식물 종	A	B	C	D	E	F
지역						
㉠	50	30	25	25	50	60
㉡	110	25	10	0	30	0



개체마다 대립유전자 구성이 다르다. ⇒ 유전적 다양성에 해당한다.

- ㉠은 6종, ㉡은 4종이다.
- ㉠이 ㉡보다 각 종의 분포 비율이 균등하다.
- ⇒ ㉠이 ㉡보다 종 다양성이 높다.

#### 선택지 분석

- ㉠ 식물의 종 다양성은 ㉠이 ㉡보다 높다.
- ㉡ ㉠에서 종 B의 개체군 밀도는 ㉡에서 종 E의 개체군 밀도와 같다.
- ✗ 들쥐 개체마다 대립유전자 구성이 다른 것은 종 다양성에 해당한다. 유전적 다양성

**전략적 풀이 1** 두 지역의 종 풍부도와 종 균등도를 파악하여 종 다양성을 비교한다.

ㄱ. 생물종 수를 비교할 때 ㉠에는 6종, ㉡에는 4종이 서식하고, ㉠이 ㉡보다 각 종을 구성하는 개체 수가 고르다. 따라서 ㉠이 ㉡보다 종 수가 많고 각 종의 분포 비율이 균등하므로 종 다양성은 ㉠이 ㉡보다 높다.

㉡ 개체군의 밀도가 서식 면적에 대한 개체 수의 관계식임을 이해한다. ㄴ. ㉠과 ㉡의 면적이 같으므로 개체군 밀도를 비교하는 것은 개체 수를 비교하는 것과 같다. 따라서 ㉠에서 종 B의 개체 수와 ㉡에서 종 E의 개체 수가 30으로 같으므로 개체군 밀도도 같다.

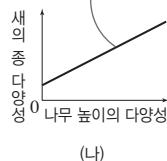
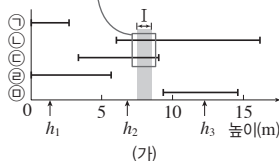
㉢ 유전적 다양성과 종 다양성의 의미를 파악한다.

ㄷ. 그림은 들쥐 개체군(종)에서 각 개체의 상동 염색체쌍에 위치한 두 쌍의 대립유전자 구성을 다양하게 나타낸 것으로 유전자 변이가 다양함을 보여준다. 따라서 생물 다양성의 세 가지 의미 중 유전적 다양성에 해당한다. 종 다양성은 한 생태계의 군집을 구성하는 생물종이 얼마나 다양한지를 의미하므로 유전적 다양성보다 큰 범위에 해당한다.

### 05 꼼꼼 문제 분석

서로 다른 두 개체군(종)이 함께 서식한다. ⇒ 군집을 이룬다.

나무 높이의 다양성이 높을수록 새의 종 다양성이 높아진다.



#### 선택지 분석

- ✗ 구간 I에서 ㉡은 ㉠과 한 개체군을 이룬다. 군집
- ㉡ 새의 종 다양성은 높이가  $h_3$ 인 나무만 있는 숲에서가 높이가  $h_1, h_2, h_3$ 인 나무가 고르게 분포하는 숲에서보다 낮다.
- ✗ 나무 높이가 다양해질수록 새의 종 다양성이 증가하는 것은 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 주는 예에 해당한다. 해당하지 않는다

**전략적 풀이 1** 개체군과 군집의 개념을 정확히 파악한다.

ㄱ. 일정한 지역에 같은 종의 개체가 무리를 이룬 것을 개체군이라고 하고, 일정한 지역에 여러 개체군이 모여 생활하는 것을 군집이라고 한다. 구간 I에서 종 ㉡의 개체군과 종 ㉠의 개체군이 함께 서식하므로 ㉡과 ㉠은 하나의 군집을 이루어 서식한다.

㉡ 나무 높이의 다양성과 새의 종 다양성 관계 그래프를 분석한다.

ㄴ. 나무 높이의 다양성은 숲을 이루는 나무의 높이가 다양할수록, 각 높이의 나무가 차지하는 비율이 균등할수록 높아지므로 높이가  $h_1, h_2, h_3$ 인 나무가 고르게 분포하는 숲이 높이가  $h_3$ 인 나무만 있는 숲보다 나무 높이의 다양성이 높다. 또한 (나)에서 나무 높이의 다양성이 높을수록 새의 종 다양성도 높아진다. 따라서 새의 종 다양성은 높이가  $h_3$ 인 나무만 있는 숲에서가 높이가  $h_1, h_2, h_3$ 인 나무가 고르게 분포하는 숲에서보다 낮다.

㉢ 나무와 새는 각각 생태계의 구성 요소 중 어느 것에 해당하는지 생각해 본다.

ㄷ. 나무는 생산자이고 새는 소비자이므로, 모두 생물적 요인에 해당한다. 따라서 나무와 새가 서로 영향을 주고받는 것은 생물 간의 상호 작용이므로 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 주는 것(작용)의 예에 해당하지 않는다.

### 06 꼼꼼 문제 분석

• 개체군(종)의 밀도 =  $\frac{\text{개체 수}}{\text{서식 면적}}$     • 상대 밀도 =  $\frac{\text{특정 종의 밀도}}{\text{모든 종의 밀도 합}} \times 100$

구분	A	B	C	D	E	구분	상대 밀도(%)
I	9	10	12	8	11	㉠ B	20
II	18	10	20	0	2	㉡ D	16

I 과 II의 면적이 같으므로, 개체 수가 같으면 개체군 밀도는 같다.

• A~D의 상대 밀도

구분	A	B	C	D	E
I	18	20	24	16	22
II	36	20	40	0	4

#### 선택지 분석

- ✗ ㉠은 C이다. B
- ㉡ B의 개체군 밀도는 I 과 II에서 같다.
- ㉢ 식물의 종 다양성은 I에서가 II에서보다 높다.

**전략적 풀이 ①** 개체군의 상대 밀도와 개체군 밀도의 차이를 파악한다.

개체군의 상대 밀도(%) =  $\frac{\text{특정 종의 밀도}}{\text{모든 종의 밀도 합}} \times 100$ 이고, 개체

군의 밀도 =  $\frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{서식 면적}}$ 이다.

ㄴ. 지역 I 과 II 의 면적이 같고 이 지역에 서식하는 종 B의 개체 수가 같으므로 B의 개체군 밀도는 I 과 II 에서 같다.

②  $\frac{\text{특정 종의 밀도}}{\text{모든 종의 밀도 합}} = \frac{\text{특정 종의 개체 수}}{\text{전체 종의 개체 수}}$ 를 이용하여 각 종의 상대 밀도를 구한다.

지역 I 과 II 의 면적이 서로 같으므로, 종 A~E의 상대 밀도(%)를 구하면 표와 같다.

구분	A	B	C	D	E
I	18	20	24	16	22
II	36	20	40	0	4

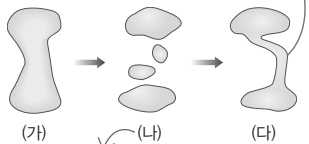
ㄱ. 지역 I 의 B와 D의 상대 밀도는 (나)의 ㉠과 ㉡의 상대 밀도와 일치한다. 따라서 ㉠은 B, ㉡은 D이다.

③ 종 다양성은 생물종의 수와 각 종이 균등하게 분포하는 정도에 따라 결정된다는 것을 이해한다.

ㄷ. 지역 I 에서는 식물 5종이 모두 서식하고 지역 II 에서보다 고르게 분포한다. 따라서 식물의 종 다양성은 I 에서가 II 에서보다 높다.

## 07 품공 문제 분석

단절된 서식지가 연결되었다. ⇒ 생물 다양성의 감소를 줄인다. [예] 생태 통로



서식지가 소규모로 분할되어 단절되었다. ⇒ 생물종의 이동이 제한되어 고립된다.

### 선택지 분석

- ✗ (가)에서 (나)로 변화하면 생물종 수가 증가한다. **감소한다.**
- ㉠ (다)는 (나)보다 생물 다양성을 유지하기에 유리하다.
- ㉡ 분할된 서식지에 생태 통로를 설치하는 것은 (나)에서 (다)로 되는 효과와 같다.

**전략적 풀이 ①** 서식지 단편화가 생물의 종 다양성에 미치는 영향을 파악한다.

ㄱ. (가)에서 (나)로 서식지가 변화하면 대규모의 서식지가 소규모로 분할되어 생물종의 이동이 제한되어 고립되고, 서식지의 면적이 감소하여 생물종 수가 감소하므로 생물 다양성이 감소하게 된다.

② 단편화된 서식지 사이를 연결하는 생태 통로가 종 다양성에 미치는 영향을 생각해 본다.

ㄴ. (다)는 각 서식지가 연결되어 있어 생물종이 고립되지 않지만, (나)는 서식지가 단편화되어 있어 생물종의 이동이 제한을 받고 고립되기 때문에 생물 다양성이 더 많이 감소한다. 따라서 (다)는 (나)보다 생물 다양성을 유지하기에 유리하다.

ㄷ. 분할된 서식지에 생태 통로를 설치하는 것은 (나)와 같이 단편화된 서식지를 (다)와 같이 연결하는 효과와 같다.

## 08 품공 문제 분석

		종			
		A	B	C	D
지역	(가)	25	25	30	20 4종
	(나)	25	45	30	0 3종
	(다)	15	0	30	55 3종

서식지 단편화 → 도로 건설 (나) 도로 (다)  
 생태 통로: 야생 동물이 이동할 수 있어 단편화된 두 생태계가 이어지도록 한다.

### 선택지 분석

- ㉠ 종 다양성은 (가)에서 (나)에서보다 높다.
- ✗ 도로 건설로 인한 서식지 단편화는 종 다양성 변화에 영향을 주지 않는다. **준다**
- ㉡ (나)와 (다) 사이에 생태 통로를 설치하면 (다)에서의 종 다양성을 증가시킬 수 있다.

**전략적 풀이 ①** 종 다양성은 생물종의 수와 각 종이 균등하게 분포하는 정도에 따라 결정된다는 것을 이해한다.

ㄱ. (가)에 서식하는 식물은 4종, (나)에 서식하는 식물은 3종이고, (가)에서 (나)에서보다 각 종이 균등하게 분포하므로, 종 다양성은 (가)에서 (나)에서보다 높다.

② (가)에서 (나)와 (다)로 단편화되는 과정에서 종의 수와 종의 분포 비율이 어떻게 달라졌는지 파악한다.

ㄴ. (나)와 (다)는 (가)에 비해 종의 수는 각각 1종씩 감소하였고, 종의 분포 비율은 특정 종이 상대적으로 많아진 것으로 보아 (가)에서 (나)와 (다)로 변화하였을 때 종 다양성이 감소하였음을 알 수 있다. 따라서 도로 건설로 인한 서식지 단편화는 종 다양성 변화에 영향을 준다.

③ 생태 통로의 역할에 대해 이해한다.

ㄷ. (나)와 (다) 사이에 생태 통로를 설치하면 단편화된 두 지역이 서로 이어지게 된다. 따라서 야생 동물이 이동할 수 있기 때문에 (나)와 (다)에서 종 다양성을 증가시킬 수 있다.